

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

---

Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки 05.04.06 “Экология и природопользование”  
Отделение геологии

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Распределение искусственных радионуклидов по гранулометрическим фракциям почв на территории Семипалатинского полигона</b>
УДК 544.58:630*114:623.591:623.454.82(574)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ61	Сатиев Даулет Муратулы		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Рихванов Леонид Петрович	доктор геолого-минералогических наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Макашева Юлия Сергеевна			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Абраменко Никита Сергеевич			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Барановская Наталья Владимировна	доктор биологических наук, доцент		

Томск – 2018 г.

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

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 05.04.06 “Экология и природопользование”  
 Уровень образования магистратура  
 Отделение геологии  
 Период выполнения весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
--------------------------

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.02.2018	<i>Литературный обзор</i>	10
30.03.2018	<i>Общая характеристика территории исследований</i>	10
15.04.2018	<i>Материалы и методы исследований</i>	10
30.04.2018	<i>Распределения радионуклидов в гранулометрических фракциях почв площадки «Опытное поле» СИП</i>	10
15.05.2018	<i>Социальная ответственность</i>	10
15.05.2018	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Рихванов Леонид Петрович	доктор геолого-минералогических наук		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор	Барановская Наталья Владимировна	доктор биологических наук, доцент		

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

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 05.04.06 “Экология и природопользование”  
 Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Барановская Н.В.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ГМ61	Сатиеву Даулету Муратулы

Тема работы:

Распределение искусственных радионуклидов по гранулометрическим фракциям почв на территории Семипалатинского полигона	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	21.03.2018, №1980/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	30.05.2018
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Литературные и фондовые материалы, результаты собственных исследований (пробы почвы, отобранные на территории площадки «Опытное поле» Семипалатинского испытательного полигона.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Литературный обзор</li> <li>2. Общая характеристика территории исследований</li> <li>3. Материалы и методы исследований</li> <li>4. Распределения радионуклидов в гранулометрических фракциях почв площадки «Опытное поле» СИП</li> <li>5. Социальная ответственность</li> <li>6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</li> </ol>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Макашева Юлия Сергеевна
Социальная ответственность	Абраменко Никита Сергеевич
Раздел на иностранном языке	Матвеевко Ирина Алексеевна
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном</b>	

**языках:**

Character and level of contamination with radionuclides at the "Experimental field" site of the Semipalatinsk test site

**Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику**

22.03.2018

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Рихванов Леонид Петрович	доктор геолого-минералогических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ61	Сатиев Даулет Муратулы		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ПО  
ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИМ ФРАКЦИЯМ ПОЧВ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ГМ61	Сатиеву Даулету Муратулы

<b>Школа</b>	<b>Природных ресурсов</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Геологии</b>
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Экология и природопользование

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

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объект исследования – почвы площадки «Опытное поле», а также данные, полученные при комплексе спектрометрических и радиохимических анализов. Рабочие места расположены в лабораториях Института радиационной безопасности и экологий, ул. Красноармейская 2, г. Курчатова и аудитории № 541 на пятом этаже здания 20 корпус ТПУ, Ленина 2/5, г. Томск, имеют естественное и искусственное освещение. Работы проводятся в два этапа: лабораторный (подготовка проб для дальнейшего анализа) и камеральный (анализ и систематизация данных лабораторно-аналитических исследований). В ходе настоящих исследований изучается распределение искусственных радионуклидов по гранулометрическим фракциям почв, для оценки их перераспределения за счет вертикальной и горизонтальной миграции.</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</p>	<p>1. Отклонение параметров климата на открытом воздухе. 2. Отклонение параметров микроклимата в помещении. 3. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 4. Степень нервно-эмоционального напряжения. 5. Повышенный уровень шума</p>
<p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения</p>	<p>Электробезопасность. Источники: электрооборудование и электроприборы (ПК). Средства защиты: электроизолирующие провода, заземление и зануление. Опасные факторы производственной среды: электрический ток.</p>

<p><b>2. Экологическая безопасность</b></p>	<p>Лабораторные анализы для проб почвы разной степени радиоактивного загрязнения проводился с использованием разных инструментов, приспособлений и лабораторной посуды в отделе радиационной исследовании и восстановлении экосистем на базе Института радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК. После каждой пробы проводился дезактивация инструментов, приспособлений и лабораторной посуды. После проведения всех необходимых лабораторных анализов и получения протоколов измерений проб принимался решение о дальнейшем обращении с пробами. В нашем случае, во всех 20 пробах активность радионуклидов оказалось в пределах нормативных уровней. В связи с этим, все пробы разместились на временное хранение с целью дальнейшего их утилизации</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>Возможные ЧС – пожар в здании. Причины: несоблюдение правил пожаробезопасности. Профилактические мероприятия: учебные эвакуации. Средства пожаротушения применяются в зависимости от вида источника пожара (порошковые и жидкие).Наличие конструктивных и объёмно-планировочных решений, препятствующих распространению опасных факторов пожара по помещению; ограничения пожарной опасности строительных материалов, используемых в поверхностных слоях конструкции здания, в том числе кровель, отделок и облицовок фасадов, помещений и путей эвакуации; наличие первичных, в том числе автоматических и привозных средств пожаротушения; сигнализация и оповещение о пожаре.</p> <p>Авария на радиационно-опасном объекте. использование коллективных и индивидуальных средств защиты, соблюдение режима поведения на заражённой радиоактивными веществами территории, защиту продуктов питания и воды от радиоактивного заражения, использование медицинских средств индивидуальной защиты, определение уровней заражения территории, дозиметрический контроль и экспертизу заражения радиоактивными веществами продуктов питания и воды</p>
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p>	<p>Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны проводятся в соответствии с планом проведения этапов исследовательской работы, с учетом требований и стандартов к организации рабочего места.</p>

<p><b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b></p>	<p>22.03.2018</p>
--	-------------------

**Задание выдал консультант:**

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>ассистент</p>	<p>Абраменко Никита Сергеевич</p>			

**Задание принял к исполнению студент:**

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>2ГМ61</p>	<p>Сатиев Даулет Муратулы</p>		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
2ГМ61	Сатиеву Даулету Муратулы

<b>Школа</b>	Природных ресурсов	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Геологии
<b>Уровень образования</b>	Магистратура	<b>Направление/специальность</b>	Экология и природопользование

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

1. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций, нормы расхода материалов, инструмента и др.
2. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений	Отчисления по страховым выплатам в соответствии с Налоговым кодексом РК, а также Трудовым кодексом РК.

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

1. Планирование научного исследования	Структура работ в рамках научного исследования. Определение трудоемкости выполнения работ
2. Формирование бюджета научного исследования	Расчет затрат времени и труда по видам работ Нормы расхода материалов Общий расчет сметной стоимости

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	22.03.2018
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
ассистент	Макашева Юлия Сергеевна			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
2ГМ61	Сатиев Даулет Муратулы		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает 117 страниц, 15 рисунков, 30 таблиц, 85 источника, 1 приложения.

Ключевые слова: радиоактивное загрязнение, Семипалатинский испытательный полигон, площадка «Опытное поле», искусственные радионуклиды, распределение, почва, гранулометрические фракции.

Объектом исследования являются площадка «Опытное поле» – территория проведения испытаний в воздушные и наземные среды, а также гидроядерных и гидродинамических экспериментов.

Цель работы – изучение особенностей распределения искусственных радионуклидов по гранулометрическим фракциям почв эпицентральных участков площадки «Опытное поле».

В процессе исследования проводились: отбор проб почвы в эпицентральных участках площадки «Опытное поле», их дальнейшая пробоподготовка на определение физико-химических свойств почв и удельной активности радионуклидов каждой выделенной гранулометрической фракции почв, статистическая обработка полученных результатов.

В результате исследования определена удельная активность радионуклидов  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в гранулометрических фракциях почв, оценена радиоэкологическая обстановка на территории площадки «Опытное поле» Семипалатинского испытательного полигона (СИП).

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: нет

Степень внедрения: доклады на 3-х международных научных студенческих и молодежных конференциях (г.Томск, Новосибирск, Семей).  
Общее количество научных публикаций 2.

Область применения: результаты работы могут быть использованы в экологических службах для оценки радиоэкологической ситуации на территории площадки «Опытное поле» СИП.



Экономическая эффективность/значимость работы: значимость работы заключается в выявлении повышенных активностей искусственных радионуклидов и оценке уровней их влияния на население, проживающее в зоне влияния Семипалатинского испытательного полигона и осуществляющее здесь хозяйственную деятельность.

В будущем планируется продолжить изучение распределения искусственных радионуклидов по гранулометрическим фракциям почв на других площадках СИП.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ВУРС	<i>Восточно-Уральский след</i>
МЭД	<i>Мощность экспозиционной дозы</i>
СИП	<i>Семипалатинский испытательный полигон</i>
GPS	<i>Глобальная система позиционирования</i>
СИЗ	<i>средства индивидуальной защиты</i>
РОО	<i>Радиационно-опасные объекты</i>
см, см <sup>3</sup>	<i>сантиметр, кубический сантиметр</i>
мкм	<i>микрометр</i>
мг/л	<i>миллиграмм на литр</i>
Кт	<i>килотонна</i>
Бк, Бк/кг, Бк/л	<i>Беккерелей, Беккерелей на килограмм, Беккерелей на литр</i>
пл.	<i>площадка</i>
Cs	<i>Цезий</i>
Pu	<i>Плутоний</i>
Sr	<i>Стронций</i>
Am	<i>Америций</i>
$\alpha$	<i>альфа</i>
$\beta$	<i>бета</i>
$\gamma$	<i>гамма</i>

## Содержание

Введение.....	13
1 Распределение радионуклидов в почвах .....	17
2 Общая характеристика площадки «Опытное поле».....	22
2.1 Краткая характеристика площадки «Опытное поле» .....	22
2.2 Ландшафтно-географическая характеристика площадки «Опытное поле» .....	26
2.2.1 Рельеф.....	26
2.2.2 Геологическое строение .....	27
2.2.3 Гидрогеологические условия .....	27
2.2.4 Почвообразующие породы.....	28
2.2.5 Почвенный покров .....	30
3 Методология, материалы и методы исследования .....	33
3.1 Объект исследований .....	33
3.2 Изучение почвенного покрова, физико-химических свойств почв.....	34
3.3 Пробоподготовка почв .....	35
3.4 Гранулометрический анализ почв .....	35
3.5 Анализ радионуклидов.....	35
4 Социальная ответственность при исследовании распределение искусственных радионуклидов по гранулометрическим фракциям почв .....	37
4.1 Производственная безопасность .....	38
4.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	38
4.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению .....	47
4.2 Экологическая безопасность .....	49
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	50
4.4 Законодательное регулирование проектных решений .....	53
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	55
6.1 Планирование, организация и менеджмент при проведении работ .....	55
6.2 Бюджет научного исследования .....	57
6.3 Расчет затрат времени и труда по видам работ .....	58

6.4	Расчет производительности труда, расчет продолжительности выполнения объема проектируемых работ .....	60
6.5	Нормы расходов материалов .....	61
6.6	Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ .....	62
6.7	Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ .....	65
	Список использованных источников .....	67
	Приложение А .....	76

## Введение

**Актуальность.** Опыт изучения радиоактивно-загрязненных территорий опубликован в мировой литературе, в том числе, и в русскоязычном издании [1, 2, 3, 4]. Детально изучались и продолжают изучать следы радиоактивного загрязнения на Восточно-Уральском следе (ВУРС), на радиоактивно-загрязненной территории от Чернобыльской аварии (Украина, Россия, Беларусь). Продолжаются наблюдения в этих регионах за миграцией искусственных радионуклидов в различных компонентах окружающей среды. Но на этих территориях загрязнение происходило только воздушным путем, то есть происходило выпадение из радиоактивных облаков. На территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП) при проведении наземных и подземных ядерных взрывов природный компонент, как почва, находились в их эпицентрах и испытывали кроме ионизирующего излучения, ударную волну, высокое давление и высокую температуру. Эти факторы в совокупности могли внести изменения в естественное состояние почв, что представляет интерес для научного сообщества.

После закрытия СИП в 1989 г. на его территории интенсивно развивается хозяйственная деятельность – разработка месторождений, прокладка линий ЛЭП, круглогодичный выпас скота. Более глубокое изучение воздействия ядерных взрывов на почвы даст новую информацию, что позволит увеличить безопасность, как людей, работающих на добыче полезных ископаемых или на сельскохозяйственных угодьях на территории полигона, так и потребителей этой продукции.

В связи с вышесказанным видно, что решение проблем рекультивации почв, подвергшихся воздействию ядерных испытаний, очень важно, требуют углубленного изучения и осознания, так как именно почвы являются основным элементом биосферы, главным депо всех токсичных элементов в

природной среде и одновременно основным источником, обеспечивающим пищевой баланс растений, животных и человека. Только очень тщательный анализ связи распределения радионуклидов по гранулометрическим фракциям с особенностями свойств почв позволит найти рациональный и эффективный метод их реабилитации, так как это позволяет оценить вклад почвенного покрова в загрязнение воздушного бассейна при ветровом подъеме пыли и прогнозировать локальное вторичное перераспределение радионуклидов за счет вертикальной и горизонтальной миграции.

Несмотря на слабую изученность этого района, что связано с недоступностью этой территории для исследователей в период деятельности СИП (более 40 лет), почвы определены как светло-каштановые под полынно-дерновинно-злаковой растительностью.

Результаты первичного обследования почв показывают: изменение структуры почвенного покрова [5], вызванное техногенной деятельностью; нарушение, закономерного для этого типа, почв распределения гранулометрических частиц по профилю; появление инородных частиц – шлака, пепла; уменьшение содержания гумуса на 1-2% [6].

При радиоактивном загрязнении поверхности почв проникновение техногенных радионуклидов и, прежде всего,  $^{239+240}\text{Pu}$  отмечается до глубины 30 см в количествах более 1 тыс. Бк/кг, что не всегда можно объяснить только антропогенным нарушением. Таким образом, только тщательный и инструментальный подход к изучению данного вопроса, может дать дополнительную информацию.

**Цель работы:** изучение особенностей распределения искусственных радионуклидов по гранулометрическим фракциям почв эпицентральных участков площадки «Опытное поле».

В задачи исследования входило:

1. Проведение литературного обзора о распределение радионуклидов в почвах в зависимости от их свойств;

2. Изучение характера распределения радионуклидов  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в гранулометрических фракциях почв площадки «Опытное поле» СИП;

3. Выявление закономерностей распределение радионуклидов по гранулометрическим фракциям почв площадки «Опытное поле» СИП.

**Объектом исследования** является площадка «Опытное поле» - территория проведения испытаний в воздушной и наземной среде, а также гидроядерных и гидродинамических экспериментов.

**Научная новизна работы.** Впервые на территории СИП проведены систематичные (регулярные) исследования распределения радионуклидов по гранулометрическим фракциям почвы на территории эпицентральных участков площадки «Опытное поле» СИП, определено содержание радионуклидов в тонкодисперсных фракциях почвы размером частиц менее 40 мкм.

**Теоретическое и практическое значение работы:** теоретическая значимость работы обусловлена выявлением механизма (принципа) формирования характера распределения радионуклидов по гранулометрическим фракциям почвы. Практическая значимость работы обусловлено применением полученных данных при оценке загрязнения воздушного бассейна и оценке ингаляционной дозы, прогноз происхождения радиоактивного загрязнения.

**Апробация работы.** Основные положения данной работы докладывались и обсуждались на следующих международных и региональных конференциях: Международный научный симпозиум студентов, аспирантов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2017, 2018), VIII Международная научная молодежная школа по палеопочвоведению в Сибири «Палеопочвы – хранители информации о природной среде прошлого» (Новосибирск, 2017).

**Благодарности.** Автор выражает глубокую благодарность и признательность своему научному руководителю, профессору кафедры ГЭГХ ТПУ, доктору геолого-минералогических наук Л.П. Рихванову за большое внимание и ценные советы при выполнении данной работы.

Особую благодарность за вклад в работу выражает сотрудникам Института радиационной безопасности и экологии, Каратаеву С.Е. за проведение полевых работ, А.Н. Шатрову, Р.А. Кенжебаеву за проведение радионуклидных анализов, а также лабораторий физико-химических исследований Кабдырыковой А.М., Кундузбаевой А.Е., Бакиевой С.К, Мендубаеву А.Т.



## 1 Распределение радионуклидов в почвах

Как известно, продукты глобальных выпадений радионуклидов распределяются по поверхности почвы в пределах одной почвенной климатической зоны или района равномерно. Однако, с течением времени в результате миграции, поверхностного смыва и других факторов распределение в почвах радионуклидов становится неравномерным. Если в каком-то районе происходит локальное радиоактивное загрязнение, имеющее сложное неравномерное распределение по территории, то уровни загрязнения налагаются один на другой. В результате этого возможно появление районов с высокими уровнями радиоактивного загрязнения территории. Эта неравномерность еще более выражена в загрязненных почвах при определении содержания отдельных радионуклидов.

Распределение радионуклидов в почвах, поступление их из почвы в растения, темпы включения в экологические и пищевые цепи в значительной мере зависят от характера их взаимодействия с почвой и миграционной способности в ней. При этом миграцию радионуклидов в почве можно рассматривать как непрерывно повторяющиеся процессы поглощения (сорбции) их почвой из почвенного раствора и обратного перехода в раствор (десорбции) под влиянием различных факторов, приводящих к их рассеиванию или концентрированию радионуклидов [7].

Такую миграцию обуславливают как химические свойства нуклидов, их физико-химическое состояние, концентрация, так и свойства почвы, pH среды, наличие в растворе различных ионов и их концентрация, способных к миграции коллоидов, органических веществ и так далее.

Многими исследователями отмечалась высокая сорбционная способность почв и глинистых минералов в отношении  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$ . Именно для этих радионуклидов была установлена зависимость сорбции от емкости поглощения и минералогического состава почв. Известно, что почвы с высоким содержанием органического вещества и глинистых минералов

обладают большей сорбционной способностью, чем легкие почвы с небольшим содержанием гумуса [8].

Однако литературные данные о поглощении различными почвами радионуклидов железа, кобальта, иттрия, церия сильно различаются. Имеются сведения, что полнота поглощения этих радионуклидов не зависит от свойств почв, так как емкость поглощения любой почвы достаточно велика для их фиксации [9]. В других работах, напротив, эта зависимость четко прослеживается [10].

Как правило, независимо от типа почв, большее количество радионуклидов задерживается в верхней части профиля (0-20 см), постепенно уменьшаясь по глубине. Однако в пределах этого слоя проявляется зависимость распределения радионуклидов от особенностей почв. В почвах, имеющих хорошо выраженную подстилку и дернину, радионуклиды концентрируются, главным образом, в самом верхнем слое. Уменьшение содержания радионуклидов с глубиной в этом случае происходит довольно резко, чего не наблюдается в песчаных почвах, когда изменения происходят более плавно. В торфяных почвах наблюдалось более или менее равномерное распределение радионуклидов по глубине до 20 см.

Как показали результаты многочисленных исследований, распределение и накопление  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почвах зависело от типов почв. В порядке снижения и поступления радионуклидов в растения почвы можно расположить в определенной последовательности: дерново-подзолистые супесчаные, краснозем, дерново-подзолистые суглинистые, серая лесная, черноземы, сероземы, каштановая, аллювиально карбонатная [11]. Накопление радионуклидов в различных типах почв определяется свойствами почв и может существенно различаться в зависимости от содержания калия и механического состава почв.

Распределение радионуклидов в почвенном покрове 30-ти километровой зоны Чернобыльской атомной электростанции зависело,

главным образом, от физико-химических свойств самих элементов и типа биогеоценоза [12].

Установлено, что  $^{137}\text{Cs}$  не фиксируется в больших количествах в тропических латеритных почвах, и в почвах, содержащих большое количество гумуса [13].

Известно, что в почвах более легкого механического состава наблюдается более глубокое проникновение радионуклидов [14].

В результате аварии на Южном Урале было выброшено в атмосферу 2 млн. Ки радиоактивных веществ, в составе которых преобладали  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ . Однако через 8-10 лет на долю  $^{90}\text{Sr}$  приходилось уже почти 100% от общего содержания радионуклидов в смеси осколков деления [15].

$^{90}\text{Sr}$  распределяется и поглощается почвой неравномерно. Самое высокое его содержание встречается в более богатом гумусом верхнем слое [15].

В поглощении  $^{90}\text{Sr}$  участвует как минеральная, так и органическая части, особенно крупных фракций почв. Прочность закрепления  $^{90}\text{Sr}$  механическими фракциями почв обусловлена в большей мере их минеральной частью. Этими же авторами было показано, что илистая фракция имеет очень высокую поглотительную способность и наиболее прочно закрепляет  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в поглощенном состоянии, что в свою очередь уменьшает поступление радионуклидов и их накопление в растениях [11].

Некоторые авторы говорят о влиянии pH раствора радионуклидов на поглощение и распределение некоторых радионуклидов в почвах. Поглощение  $^{90}\text{Sr}$  возрастало с увеличением pH среды. Из щелочных растворов  $^{90}\text{Sr}$  сорбируется почвами на 60-100% от его количества. Поглощение радиоактивного церия, наоборот, снижается в щелочной области pH и при наличии в растворе солей железа и алюминия. В интервале pH от 3 до 6  $^{144}\text{Ce}$  находится в катионной форме, которая очень легко поглощается почвами. Из водного раствора при pH-6 различными почвами поглощается до

95%  $^{91}\text{Y}$ . Поглощение радиоактивных Zr+Nb почвами при pH раствора радионуклидов меньше 2 составляет 90% [16].

Некоторыми авторами было отмечено, что на поглощение почвой  $^{239+240}\text{Pu}$  значительно влияют глубина, содержание в почве гумуса и глинистых минералов. Аналогично радиоактивным  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  миграция  $^{239+240}\text{Pu}$  возрастает с глубиной и уменьшением в почвах гумуса и глины [17].

Петряевым и другими показано, что распределение и формы нахождения радионуклидов зависят от содержания и структуры глинистых минералов, а радиоактивного стронция – от ионообменной емкости поглощения, а также от содержания и состава гумусовых веществ почвы [18].

Авторами выявлены закономерности распределения химических форм радиоактивного  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в почвах Брянского полесья. На дерново-подзолистых почвах в настоящее время определяются, в основном, трудноизвлекаемые (50-70%) и необменные формы  $^{137}\text{Cs}$ . Установленные закономерности распределения форм  $^{137}\text{Cs}$  в дерново-подзолистых почвах Полесья значительно отличаются от распределения форм  $^{90}\text{Sr}$ . В этом случае преобладает обменная форма  $^{90}\text{Sr}$  (53-57%) и возрастает доля водорастворимой формы до 0,5-2% [19].

Некоторые исследователи отмечают высокую роль физических свойств глины в поглощении радионуклидов почвой. Так, авторами [20] отмечена высокая поглотительная способность почв по отношению к  $^{137}\text{Cs}$ , которая определяется наличием в них глинистых минералов.

Наибольшее поглощение радионуклидов отмечено в торфяных почвах, в то время как в минеральных поглощение уменьшается с увеличением содержания в них илистой фракции. Поглощение зависит от свойств почв и убывает в следующем порядке: торфяные > песчаные, супесчаные > легко и среднесуглинистые > тяжелосуглинистые и глинистые [21].

Как уже ранее упоминалось, множество авторов отмечают наибольшее концентрирование радионуклидов в тонких почвенных фракциях. Исследователями США и Казахстана в разное время исследований было

обнаружено, что в зонах локальных выпадений (следов) от ядерных взрывов по мере отдаленности от эпицентра взрыва количество Pu в тонких фракциях почвы возрастает. Так, на участках следа взрыва «Тринити» в шт. Нью-Мексико (США) на расстоянии от 1 до 45 км доля активности Pu во фракции размером <53 мкм возросла от 0,8% до 73% [22]. На расстоянии более 100 км от эпицентра термоядерного взрыва 1953 г. (село Саржал) на Семипалатинском испытательном полигоне (Казахстан) содержание  $^{239+240}\text{Pu}$  во фракции почвы <100 мкм достигало 95% от удельной активности [23].

Обогащение тонких почвенных фракций (<100 мкм) радионуклидами отмечено и в местах, подвергшихся загрязнению в результате аварий на АЭС (Чернобыль, Украина; Фукусима, Япония) [23-25]. Наряду с этим, обогащена радионуклидами Чернобыльских выпадений и крупная фракция размером >500 мкм. Авторы [23, 28] выражают мнение, что причиной отмечаемого факта является сорбция крупными почвенными частицами и агрегатами или мелкими растительными остатками и органическим веществом почвы высокоактивных аэрозольных частиц более мелкого класса дисперсности.

Факты аккумуляции радионуклидов в тонких фракциях почвы также установлены в зонах влияния объектов атомной промышленности и исследовательских лабораторий (Красноярский горно-химический комбинат (Россия), Лос-Аламосская национальная лаборатория (США)) [26,27].

В результате различных ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном полигоне (Казахстан) продукты взрыва поступали в окружающую среду в виде высокоактивных полидисперсных частиц. Ранее проведенные исследования распределения долгоживущих искусственных радионуклидов, как  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{90}\text{Sr}$  по гранулометрическим фракциям почвы на полигоне, в основном, были приурочены к местам с довольно высоким уровнем радиоактивного загрязнения и носили эпизодический характер.

## 2 Общая характеристика площадки «Опытное поле»

### 2.1 Краткая характеристика площадки «Опытное поле»

«Опытное поле» было первой испытательной площадкой Семипалатинского полигона и предназначалось для проведения атмосферных (наземных и воздушных) ядерных испытаний в период с 1949 по 1962 гг. Площадка представляет собой равнину диаметром примерно 20 км, окруженную с трех сторон не высокими горами. «Опытное поле» занимает площадь размером около 300 км<sup>2</sup>, периметр – 64 км. Площадка расположена на расстоянии более 50 км от города Курчатова и около 170 км от города Семипалатинска (рисунок 1). «Опытное поле» представляло собой крупно-

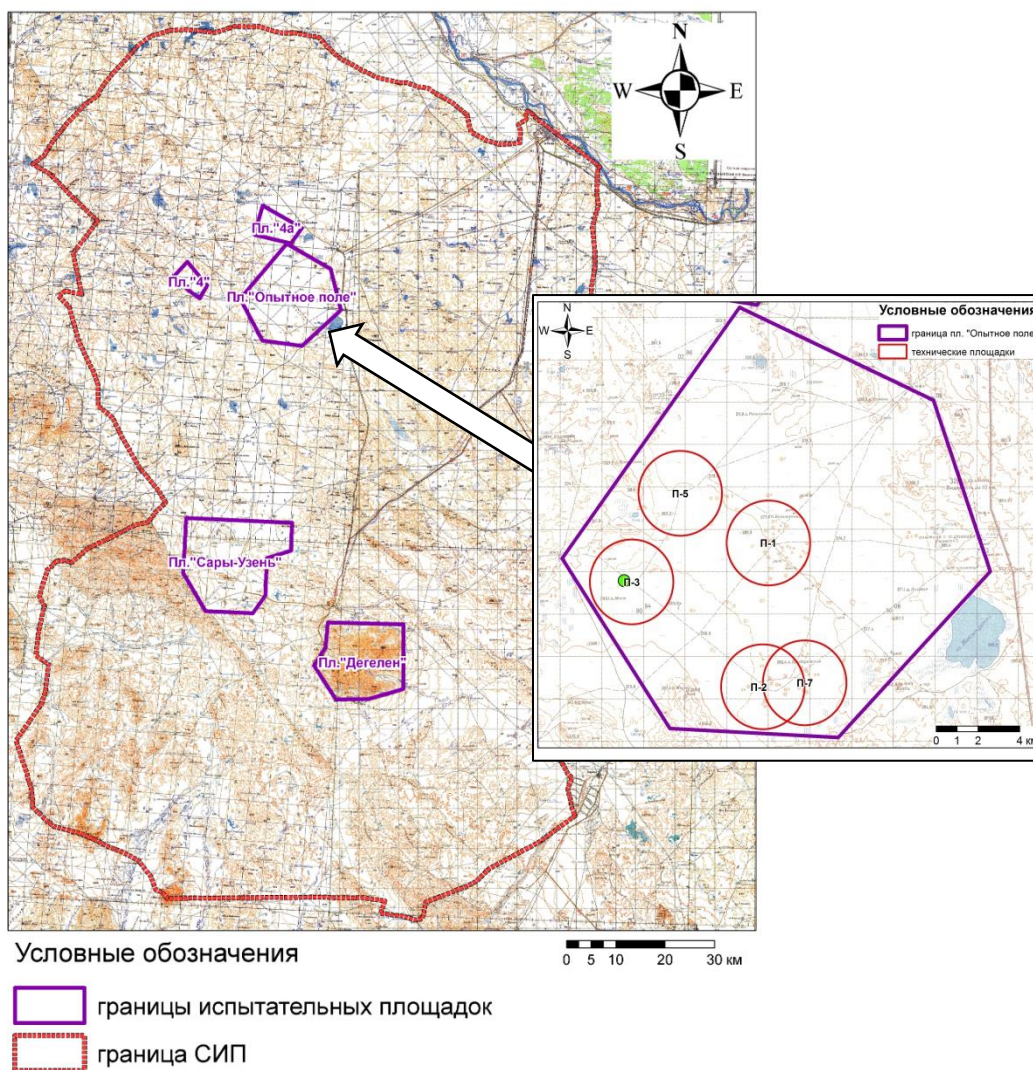


Рисунок 1. Расположение площадки «Опытное поле»

масштабный комплекс инженерно-строительных сооружений, предназначенных для проведения испытаний и регистрации параметров ядерного взрыва в условиях натурального эксперимента. Для проведения испытаний атомной бомбы на полигоне были подготовлены [29, 30]

– «Опытное поле» (площадка «П») радиусом 10 км, оборудованное специальными сооружениями, обеспечивающими проведение испытаний, наблюдение и регистрацию физических измерений;

– площадка КБ-11 (площадка «Н»), расположенная на восточной границе Опытного поля, со зданиями и сооружениями, предназначенными для сборки изделия перед испытаниями, хранения узлов и деталей атомной бомбы, аппаратуры и оборудования;

– штабной городок (площадка «Ш»), расположенный примерно в 5 км от границы «Опытного поля», на его северо-восточном радиусе, и предназначенный для размещения штаба войск охраны и энергосилового обеспечения «Опытного поля».

Технологическая площадка «Н» [30]. В 10 км от центра «Опытного поля» в восточном направлении, одновременно со строительством на «Опытном поле», было развернуто строительство технологической площадки «Н». Здания и сооружения площадки должны были обеспечивать сборку заряда перед испытанием, хранение его узлов и деталей, а также размещение и хранение необходимой для этих целей аппаратуры и оборудования. Сооружение 12П – основной командный пункт «Опытного поля», сохранившийся до настоящего времени. Сооружение располагалось на расстоянии 10800 м от центра поля на восток. Штабной городок – площадка «Ш» [30]. В 15 км от центра «Опытного поля» в распадке между пологими холмами осуществлялось строительство городка – площадки «Ш», предназначенного для размещения электростанции, обеспечивающей энергосиловое снабжение «Опытного поля» и площадки «Н», для проживания участников испытаний – личного состава полигона и прикомандированных лиц, а также для размещения подразделений охраны и

строительных частей. Таким образом, к августу 1949 г. в результате строительства первой очереди полигона была создана мощная испытательная база, позволявшая проводить как наземные, так и воздушные испытания ядерных боеприпасов практически без строительства новых приборных сооружений. Площадки для проведения серий наземных и воздушных ядерных взрывов. Изначально вся территория «Опытного поля» условно называлась площадка «П». По всей видимости, позже, когда было принято решение о строительстве других испытательных площадок в пределах «Опытного поля», его центральную часть (центральную площадку) в радиусе несколько километров стали называть площадка П-1. В 1953 г. начала возрастать интенсивность проведения ядерных испытаний, связанная, главным образом, с необходимостью осуществления не только наземных, но и воздушных взрывов различной мощности, следовательно, появилась потребность в строительстве новых испытательных площадок. Причем можно выделить две основных причины возникновения такой потребности: во-первых, это увеличение числа разработок промышленностью новых образцов ядерного оружия различного назначения (для авиации, ракетных войск и артиллерии, военно-морского флота и др.) и, во-вторых, наличие на «Опытном поле» только одной испытательной площадки П-1. К тому же, в центре этой площадки и там, где стояла башня для размещения ядерного заряда, после термоядерного взрыва в августе 1953 г. образовалась большая воронка, и возникло сильное радиоактивное загрязнение территории площадки, что исключало возможность дальнейшего использования большинства построенных на ней приборных сооружений. Началось строительство новых испытательных площадок: для наземных взрывов – площадка П-2; для воздушных взрывов малой и средней мощности – площадка П-3; для воздушных взрывов большой мощности – площадка П-5. На площадках П-3 и П-5, построенных специально для проведения воздушных взрывов при бомбометании с самолетов, были подготовлены цел указатели – кресты из мела и белой глины для визуального прицеливания, а



также установлены уголкового отражатели. Для размещения приборов были построены новые подземные казематы, а для кино- и фотокамер – подвижные сооружения КРВ. Территория создаваемых испытательных площадок распространялась на расстояние до 2 км от центра площадки. В юго-восточной части «Опытного поля» была создана площадка П-6, на которой проводились специальные испытания [31]. Информация об этих испытаниях отсутствует. Исходя из хронологии проведения ядерных испытаний [29], строительство площадки П-7 было завершено к 1961 г., после чего на площадке проводились испытания, в основном, с целью исследования аварийных режимов и аварийных ситуаций. На рисунке 1 представлено расположение испытательных площадок на «Опытном поле», штабного городка, командного пункта и других объектов. На космоснимке хорошо видны места проведения ядерных испытаний, контуры испытательных площадок и некоторых объектов (приборные сооружения, мосты, полевой аэродром и др.), построенных для изучения поражающих факторов ядерного взрыва. Всего на «Опытном поле» было проведено 30 наземных испытаний, из них в 5 случаях ядерное устройство не сработало, и 86 воздушных испытаний [31–37]. По условиям проведения ядерных испытаний была принята следующая классификация [29]: наземный взрыв – ядерное испытание на поверхности земли или на испытательной башне. К этой категории отнесен также ядерный взрыв 30.10.54 г. (авиабомба) с подрывом на небольшой высоте;

воздушный взрыв – ядерное испытание в атмосфере при таких условиях, когда расширяющийся огненный шар не касается поверхности земли. В этой категории отдельно выделены высотные и космические взрывы. На формирование радиационной обстановки в прилегающих к полигону районах повлияли, в основном, 11 наземных испытаний, поскольку остальные 14 испытаний были проведены в режиме максимального осадения продуктов ядерного взрыва непосредственно в пределах полигона [38].

## **2.2 Ландшафтно-географическая характеристика площадки «Опытное поле»**

### **2.2.1 Рельеф**

Характер радиоактивного загрязнения почвенного покрова площадки «Опытное поле» зависит не только от источника загрязнения, но и от природных условий территории, подвергшейся воздействию ядерных испытаний.

Рельеф территории определяется местоположением в региональной структуре. Так, территория площадки «Опытное поле» занимает крайнюю восточную часть Казахского мелкосопочника и располагается на северном склоне Балхаш-Иртышского водораздела с общим уклоном на северо-восток к долине р. Иртыш. Рельеф ее представляет собой сочетание денудационных равнин, разновысотных мелкосопочных возвышенностей и участков низкогорья. Формирование рельефа происходило, в основном, в мезозойскую и кайнозойскую эпохи. Выделяют следующие генетические типы рельефа: денудационно-тектонический, денудационный и аккумулятивный.

Денудационно-тектонический тип рельефа имеет как положительные формы, так и отрицательные. К таким относятся низкогорные хребты Муржик, Аркалык, Дуана, окаймляющие территорию площадки «Опытное поле» на западе, и предгорные долины этих гор, представляющие собой глубокие понижения с крутыми бортами. К денудационному типу рельефа относятся те формы, в образовании которых процессы денудации играют ведущую роль. Районами развития такого типа рельефа являются участки мелкосопочника и низкогорья, сложенные устойчивыми к процессам разрушения породами.

Аккумулятивные формы рельефа характерны для долин рек. Они, как правило, выполняют поймы и надпойменные террасы, которые редко прослеживаются на всем протяжении течения малых рек, таких как Ащису, Шаган на исследуемой территории.

### **2.2.2 Геологическое строение**

Геологическое строение региона определяется двумя крупными разновозрастными гетерогенными структурами [39]. Глубинный Калба-Чингизский разлом разделяет территорию полигона на две части. Тектоника территории, кроме основного Калба-Чингизского глубинного разлома, характеризуется наличием разрывных нарушений второго порядка, таких как Западно-Аркалыкский и Чинрауский. Необходимо отметить, что все основные дизъюнктивные структуры имеют северо-западное простирание и в рельефе выражены в виде широких долин. Территория сложена в своей основе палеозойскими плотными породами (кварцитами, сланцами, гранитами, порфиритами, песчаниками и др.). Эти породы на большей части описываемой территории прикрыты тонким чехлом элювиально-делювиальных, преимущественно суглинистых отложений четвертичного возраста, щебнистых в различной степени или реже палеогеновыми глинами с включением обломочного материала, прослоек гипса и других солей. [40].

### **2.2.3 Гидрогеологические условия**

Гидрогеологические условия территории обусловлены геологическими и структурно-тектоническими особенностями региона. Различают поровые воды аллювиальных отложений террас, поровые воды аллювиально-пролювиальных отложений предгорных шлейфов и трещинные воды экзогенной зоны плотных пород. Поровые воды четвертичных отложений безнапорные, залегают на глубине от 1,0 до 10 м, имеют гидрокарбонатный, сульфатный или хлоридный состав с минерализацией от 0,1 до 6,0 г/л. Трещинные воды приурочены к водоносным горизонтам палеогеновых песчаников, мезозойской коре выветривания и зоне трещиноватости палеозойских пород, мощность которой достигает 50 м. Трещинные воды пользуются наибольшим распространением на исследуемой территории. Их химический состав и минерализация зависят от состава и свойств

вмещающих пород. Питание подземных вод осуществляется за счет атмосферных осадков. Отмечается связь вод различных горизонтов и генезиса, что позволяет говорить о них, как о смешанных порово-трещинных водах.

#### **2.2.4 Почвообразующие породы**

Почвообразующими породами могут служить все перечисленные выше отложения, переработанные в континентальных условиях процессами выветривания. На повышенных элементах рельефа они представлены маломощным покровом хрящевато-щебнистых элювиально-делювиальных суглинков, мощность которых увеличивается на водораздельных пространствах и в нижних частях склонов. К ним добавляются переработанные временными потоками пролювиальные отложения. В понижениях, ложбинах стока, озерных впадинах развиты озерно-аллювиальные суглинки, глинистые супеси.

Наличие в почвообразующих отложениях обломков породы обуславливает богатство почв первичными минералами и обменным магнием в первую очередь. В основу крупнообломочного материала почв каштановой зоны, развитых на ландшафтах Казахского мелкосопочника, входят полевые шпаты, кварц и гидрослюды, а из минералов тяжелой фракции большая часть падает на минералы окислов и гидроокислов железа. С увеличением степени дисперсности минеральных частиц крупнообломочного материала меняется их состав. Так, при образовании почв на кислых породах с уменьшением размера частиц в них снижается содержание кремния, натрия и кальция, но возрастает содержание железа, магния, титана и алюминия. В противоположность сказанному выше, на основных породах - увеличивается количество кремния, калия и натрия, но снижается содержание железа, магния и алюминия. Таким образом, «...во всех случаях независимо от характера пород в процессе почвообразования теряются преимущественно

элементы, содержание которых в исходном материале сильно повышено по сравнению со средним, характерным для почв и литосферы. Накапливаются же в продуктах почвообразования элементы, содержащиеся, намного ниже соответствующего уровня: кремний и щелочи в почвах на основных породах, элементы щелочных земель и полуторных окислов – на кислых» [40]. Эти процессы приводят к выравниванию химического состава почв и равновесию с окружающей средой (процесс конвергенции).

Таким образом, на исследуемой территории геохимические свойства минерального субстрата благоприятствуют накоплению элементов питания для развития растений. Особенно такими качествами обладают почвообразующие отложения и, соответственно почвы, сформированные на основных породах. Но дефицит влаги, свойственный аридному климату, может сравнять эти благоприятные качества основных пород с кислыми, т.е. гранитоидами, имеющих наибольшее распространение, в том числе и на территории площадки «Опытное поле».

Необходимо отметить, что породообразующие минералы в рыхлой толще сильно изменяются вторичными процессами, степень развитости которых приводит к уменьшению размеров частиц вплоть до глинистых образований, где самой малой величиной является илистая фракция. В илистой фракции почв, развитых на территории мелкосопочника, присутствуют главным образом иллит, монтмориллонит, их смешаннослойные образования, хлорит и каолинит. Количество иллита в почвенном разрезе с глубиной уменьшается, а монтмориллонита увеличивается. Но в зависимости от степени основности подстилающих пород преобладание в почвенном профиле тех или других вторичных минералов различное, что может иметь значение для сорбции техногенных радионуклидов, попавших в почвы.

В процессе выветривания принимают активное участие организмы, которые не только разлагают минералы, но и насыщают их углекислым газом, что способствует образованию карбонатных соединений, имеющих

значительное распространение на исследуемой территории. Жизнедеятельность организмов приводит к созданию в почвах специфической системы накопления и удержания химических элементов, в том числе и техногенных радионуклидов – органического гумуса, содержание которого в почвах исследуемой территории без дополнительного увлажнения невелико, не более 2,5-3,5%.

Климатический режим аридной зоны, где расположена площадка «Опытное поле», в условиях превышения испаряемости над количеством выпадающих атмосферных осадков, оказывает большое влияние на накопление и миграцию солей, в том числе и техногенных радионуклидов, в рыхлых почвообразующих отложениях и почвах.

#### **2.2.5 Почвенный покров**

Согласно разделению территории Казахстана, на почвенно-галогеохимические провинции Боровским В.М. СИП относится к IV провинции – бассейну стока Карского моря [41]. Территория бассейна имеет уклон от Арало-Сибирского водораздела к Карскому морю и занимает всю Западно-Сибирскую низменность и северный склон Казахской складчатой страны. Провинция характеризуется преобладанием хлоридно-сульфатного соленакопления с очагами засоленных пятен, несмотря на высокое гипсометрическое положение относительно всей территории выделенной ландшафтной единицы.

Почвы территории пл. «Опытное поле», можно отнести к почвам пастбищных угодий, как и большую часть Казахского мелкосопочника. В связи с запретом на сельскохозяйственное использование земель в течение многих десятилетий, когда проводились ядерные испытания на Семипалатинском полигоне и сохранялись последствия этой деятельности, почвенный покров этой территории сохранился от сбитости и дефлированности.

Засушливый климат этой подзоны и особенности почвообразующих пород вызывают ксероморфность почвы, которая выражается в распыленности поверхностного слоя (0-2, 0-3 см) и уплотненности нижеследующего за гумусовым горизонтом переходного слоя. Такое строение профиля обусловлено значительным испарением в сухую жаркую погоду летом, выпотным водным режимом, вызывающим повышенную концентрацию почвенного раствора и близкое залегание водно-растворимых солей к дневной поверхности. Таким образом, сложилось определенное морфологическое строение почвенного профиля, когда поверхностная корочка отличается хрупкостью. Поэтому любое антропогенное вмешательство в почвы этого региона может привести к усилению его развеваемости и дефляции.

Естественно, что ядерные испытания сыграли роль специфического антропогенного фактора, деформирующего почвенно-растительный покров. Но за 50-60 лет, которые прошли с момента проведения последних воздушных и наземных испытаний, с поверхности произошло почти полное восстановление растительного и почвенного покрова, что выражается, прежде всего, преобладанием зональных видов растительности и морфологическим строением поверхностного слоя почвы. Описания и опробирования почвенных генетических горизонтов на различные параметры (содержание гумуса, карбонатов, обменных оснований, pH) показали присутствие антропогенного нарушения в профиле. Поэтому почвы исследуемых участков следует отнести к техногенно-нарушенным.

Почвы имеют слабощелочную, чаще щелочную, реакцию водных растворов. pH изменяется от 7,0 до 8,8. Содержание гумуса в гумусовых горизонтах изменяется от 1,8 до 5,2 %. Эта величина зависит от степени и вида нарушения почвенного покрова, так как среднее значение для данного подтипа почв ограничивается числом 2,5-3,0 %. CO<sub>2</sub> карбонатов достигает 4,4-5,0 % в переходных горизонтах и встречается на глубине 30-40 см от поверхности.

По степени засоления данные почвы можно отнести к незасоленным или слабо засоленным, когда сумма водорастворимых солей менее 0,01 % или несколько более этого значения. Незначительная засоленность объясняется дренированностью этой территории. При наличии суглинистого и глинистого механического состава верхнего слоя (60-100см) покровных отложений выявлен на всех проводимых участках дресвяный горизонт бурого цвета, сухой на момент заложения разреза, но достаточно промытого, что служит основанием считать его водовмещающим в весеннее-осенний период.



### **3 Методология, материалы и методы исследования**

#### **3.1 Объект исследований**

Объектом исследования является площадка «Опытное поле» - территория проведения испытаний в воздушной и наземной среде, а также гидроядерных и гидродинамических экспериментов. Испытания на площадке «Опытное поле» проводилось на шести технических площадках – П-1, П-3, П-5, П-2, П-7, П-2Г.

В рамках данной работы проведены исследования наиболее радиоактивно загрязненных участков «Опытное поле» - эпицентральных зон.

На площадке П-1 были проведены испытания первой советской ядерной бомбы 29 августа 1949 года, первого термоядерного заряда 12 августа 1953 года мощностью 400 Кт. По имеющимся радиационным параметрам на территории площадки П-1 выделен один радиоактивно-загрязненный участок (эпицентр), составляющий площадь в размере около 1 км<sup>2</sup>. По некоторым данным, на данной площадке проводилось рекультивационные мероприятия, включавшие в себя ликвидацию техногенной нарушенности природного ландшафта и подготовку площадки для дальнейших испытаний.

Техническая площадка П-3 было предназначено для воздушных взрывов малой и средней мощности, площадка П-5 – для воздушных взрывов большой мощности. Наряду с этим, на территории данных площадок были проведены, в общей сложности, 7 наземных ядерных взрывов: 4 испытания на площадке П-3 и 3 испытания на П-5. На основании радиационных параметров на площадке П-3 был выделен 1 эпицентр, на П-5 – 6 эпицентров.

Испытательная площадка П-2 была предназначена для наземных ядерных взрывов мощностью от 1,3 до 14 Кт. На ней было проведено 6 ядерных испытаний, в том числе первое испытание без режима ядерного взрыва (устройство не сработало).

Площадке П-7 была предназначено для ядерных взрывов малой мощности (от 0,007 до 0,4 Кт) на высоте 10 метров. На ней проведены 12 ядерных взрывов, в 4 случаях ядерное устройство не сработало.

На площадке П-2Г, которая располагается на территории площадок П-2 и П-7, проводилось гидроядерные взрывы – взрывные эксперименты с ядерными зарядами, в которых количество выделенной ядерной энергии сравнимо с энергией химических взрывчатых веществ. Всего было проведено 40 модельных экспериментов.

Также на площадке П-2 и П-7 проводилось гидродинамические испытания – взрывные эксперименты с ядерными зарядами, в которых не выделяется ядерная энергия. К ядерным испытаниям данные эксперименты не относятся, но тем не менее, они внесли значительный вклад в загрязнение исследуемой территории. Всего было проведено 45 таких испытаний.

Выявленные эпицентральных зон испытаний малой мощности является достаточно сложной задачей. На основании интегральных радиационных параметров, на технических площадках П-2, П-7 и П-2Г было выявлено 12 радиоактивного-загрязненных участков с высоким уровнем МЭД. На данных участках для исследования нами было выбрано 4 участка [42].

### **3.2 Изучение почвенного покрова, физико-химических свойств почв**

Физико-химические свойства почв определяли общепринятыми в почвоведении методами. Содержание органического вещества определяли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО; рН водной вытяжки – потенциометрическим методом; сумму поглощенных солей; содержание карбонатов – объемным методом; гранулометрический состав – методом «мокрого» рассева. [46-50].

### 3.3 Пробоподготовка почв

На предварительном этапе подготовки проб почв высушивались в сушильном шкафу при температуре не более 60°C. Из высушенного образца почвы удалялось крупные камни и растительные включения, после чего сухая проба просеивалась через сито с размером ячеек 1 мм.

### 3.4 Гранулометрический анализ почв

Гранулометрическое фракционирование почвы проводилось с помощью последовательного использования методов «мокрого» ситового отсева.

Пробы почвы смачивались дистиллированной водой и растиралась в фарфоровой ступке с применением пестика с резиновым наконечником. Полученная почвенная суспензия пропускалась на колонку сит с размером ячеек 500, 250, 100, 63, 40 мкм, размещенные в порядке уменьшения отверстий сверху вниз. Таким образом, ситовым методом выделены фракции с размерами частиц 1000-500 мкм, 500-250 мкм, 250-100 мкм, 100-63 мкм, <40 мкм.

Разделенные фракции почвы после высушивали до воздушно-сухого состояния, взвешивали, определяли удельное содержание радионуклидов каждой фракции в образце.

### 3.5 Анализ радионуклидов

Определение удельной активности радионуклидов  $^{241}\text{Am}$  и  $^{137}\text{Cs}$  проводилось на гамма-спектрометре с полупроводниковым детектором Canberra GX-2020. Определение удельной активности  $^{90}\text{Sr}$  в почвенных образцах проводилось прямым измерением на бета-спектрометре «Прогресс-БГ». Однако, в случае нахождения удельной активности радионуклидов в образцах детектируемого предела (100 Бк/кг), проводился радиохимический

анализ с бета-спектрометрическим окончанием на жидко-сцинтилляционном спектрометре «TRI CARB 3100 TR». Радиохимическое выделение  $^{90}\text{Sr}$ , а также и  $^{239+240}\text{Pu}$  состояла из нескольких этапов: извлечения радионуклидов из почвенной матрицы методом выщелачивания или полного разложения смесью минеральных кислот ( $\text{HF}$  и  $\text{HNO}_3$ ), очистки от мешающих радионуклидов, подготовки счетных образцов и определения удельной активности радиоизотопов. Удельная активность  $^{239+240}\text{Pu}$  в счетных образцах определялась с помощью альфа-спектрометра с полупроводниковым детектором «Alfa-analyst» [51-53].

#### **4 Социальная ответственность при исследовании распределение искусственных радионуклидов по гранулометрическим фракциям почв**

После закрытия СИП в 1989 г. на его территории интенсивно развивается хозяйственная деятельность – разработка месторождений, прокладка линий ЛЭП, круглогодичный выпас скота. Более глубокое изучение воздействия ядерных взрывов на почвы даст новую информацию, что позволит увеличить безопасность, как людей, работающих на добыче полезных ископаемых или на сельскохозяйственных угодьях на территории полигона, так и потребителей этой продукции. Среди этой продукции особого внимания заслуживает сельскохозяйственная продукция – мясо, молоко, кумыс, шерсть, которая напрямую попадает населению. В связи с вышесказанным видно, что только очень тщательный анализ связи распределения радионуклидов по гранулометрическим фракциям с особенностями свойств почв позволит найти рациональный и эффективный метод их реабилитации, так как это позволяет оценить вклад почвенного покрова в загрязнение воздушного бассейна при ветровом подъеме пыли и прогнозировать локальное вторичное перераспределение радионуклидов за счет вертикальной и горизонтальной миграции.

В разделе рассматриваются: производственная безопасность на открытом воздухе и в лаборатории; экологическая безопасность при полевых работах, транспортировке и пробоподготовке почв; безопасность в чрезвычайных ситуациях, а также нормативно правовые вопросы.

Рабочие места расположены в лабораториях Института радиационной безопасности и экологий, ул. Красноармейская 2, г. Курчатова и аудитории №541 на пятом этаже здания 20 корпус ТПУ, Ленина 2/5, г. Томск, имеют естественное и искусственное освещение. Естественное освещение осуществляется через световые проемы (окна), искусственное освещение осуществляется системой общего равномерного освещения. Площадь на одно

рабочее место с ПК с жидкокристаллическим монитором составляет не менее 5 м<sup>2</sup>, а объем на одно рабочее место – не менее 10 м<sup>3</sup>.

#### 4.1 Производственная безопасность

##### 4.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Рабочие места расположены в лабораториях Института радиационной безопасности и экологий, ул. Красноармейская 2, г. Курчатова и аудитории № 541 на пятом этаже здания 20 корпус ТПУ, Ленина 2/5, г. Томск, имеют естественное и искусственное освещение. Площадь на одно рабочее место в ПК составляет не менее 4,5 м<sup>2</sup>, а объем – не менее 20 м<sup>3</sup>. В аудиториях имеются персональные компьютеры. Работы на ПК проводятся в помещении, соответствующем гигиеническим требованиям. В таблице 7 приведены вредные и опасные факторы при работе на персональном компьютере.

Таблица 7 – Элементы производственного процесса, формирующие вредные и опасные факторы в рабочем помещении

Этапы работ	Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ) [55]		Нормативные документы
		Вредные	Опасные	
Полевой	Отбор проб почвы	1. Отклонение параметров климата на открытом воздухе. 2. Ионизирующее излучение.	1. Механические травмы при пересечении местности;	ГОСТ 12.0.003-99 [56] ГОСТ 12.4.264-2014 [57] ГОСТ 12.4.240-2013 ССБТ [58] ГОСТ 12.1.038-82 [59] Р 2.2.2006-05 [60]
Лабораторный и камеральный	Альфа-спектрометрический анализ с радиохимическим выделением изотопов радионуклидов; Обработка результатов анализов и составление отчетов.	1. Отклонение параметров микроклимата в помещении; 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Воздействие ионизирующей радиации; 4. Повышенный уровень шума; 5. Степень нервно-эмоционального напряжения.	1. Поражение электрическим током;	ГОСТ 12.1.005-88 [61] СанПиН 2.2.4.548-96 [62] ГОСТ 30494-96 [63] СП 2.6.1.799-99 [64] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278-03 [65] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [66] ГОСТ 12.1.003-83 [70] ГОСТ 31336-2006 [69] ГОСТ 12.1.029-80 [68] ГОСТ 12.1.038-82 [67]

## Полевой этап

### *1. Отклонение параметров климата при полевых работах*

Необходимым условием эффективной производственной деятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в рабочей зоне. Климат представляет собой комплекс физических факторов, таких как влажность, скорость движения воздуха, интенсивность солнечного излучения, величину атмосферного давления.

Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на теплообмен человека с окружающей средой, его тепловое состояние и определяют самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда.

Климат на территории Семипалатинского испытательного полигона резко континентальный, сухой. Средняя годовая температура воздуха колеблется по территории области в пределах 1,4 – 7,3°C, причем наиболее высокие ее значения характерны для самых южных районов – пустынь. Лето на территории области очень жаркое, а на юге знойное и продолжительное. Температура воздуха летом иногда повышается до 40-48°C [71].

### *2. Ионизирующее излучение.*

Все лица, работающие с источниками излучения или посещающие участки, где производятся такие работы, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты (СИЗ) в соответствии с видом и классом работ.

При работах с радиоактивными веществами в открытом виде I класса и при отдельных работах II класса персонал должен иметь комплект основных средств индивидуальной защиты, а также дополнительные средства защиты в зависимости от уровня и характера возможного радиоактивного загрязнения.

Основной комплект средств индивидуальной защиты включает: спец белье, носки, комбинезон или костюм (куртка, брюки), спец. обувь, шапочку или шлем, перчатки, полотенца и носовые платки одноразовые, средства

защиты органов дыхания (в зависимости от загрязнения воздуха) в соответствии с ГОСТ 12.4.264-2014 [57].

При работах II класса и при отдельных работах III класса персонал должен быть обеспечен халатами, шапочками, перчатками, легкой обувью и при необходимости средствами защиты органов дыхания. Средства индивидуальной защиты для работ с радиоактивными веществами должны изготавливаться из хорошо дезактивируемых материалов, либо быть одноразовыми [57].

Защитная одежда от радиоактивного загрязнения должна соответствовать основным требованиям, установленным ГОСТ 12.4.240-2013 [58]. Защитная одежда должна легко сниматься и одеваться, что обеспечивает минимальный риск радиоактивного загрязнения. Конструкция защитной одежды, ее покрой и распределение массы не должны сокращать амплитуду движений работающего и частей его тела (рук, ног, головы), выполняемых практически без ощутимых усилий и чувства дискомфорта, более чем на 30% относительно соответствующих движений работающего без использования защитной одежды [58].

### **Лабораторный и камеральный этапы**

#### *1. Отклонение параметров микроклимата в помещении*

Состояние воздушной среды рабочего помещения характеризуется следующими показателями: температурой, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, интенсивностью теплового излучения от нагретой поверхности.

Для подачи в помещение воздуха используются системы механической вентиляции и кондиционирования, а также естественная вентиляция – регулируется температура воздуха с помощью кондиционеров как тепловых, так и охлаждающих.

Компьютерная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и



снижению относительной влажности в помещении. В таких помещениях должны соблюдаться определенные параметры микроклимата.

Для подачи в помещения свежего воздуха используются естественная вентиляция (проветривание). В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата (таблица 8).

Таблица 8 – Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры по ГОСТ 12.1.005-88 [61], СанПиН 2.2.4.548-96 [62]

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный или переходный	Температура воздуха в помещении	22-240С
	Относительная влажность	40-60%
	Скорость движения воздуха	До 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23-250С
	Относительная влажность	40-60%
	Скорость движения воздуха	0,1-0,2 м/с

Объем помещений, в которых помещены работники вычислительных центров, не должен быть меньше 19,5 м<sup>3</sup>/чел, с учетом максимального числа одновременно работающих в смену. Нормы подачи свежего воздуха в помещении, где установлены компьютеры, приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Нормы подачи свежего воздуха в помещениях, где расположены компьютеры по ГОСТ 30494-96 [63]

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м <sup>3</sup> /на одного человека в час
Объем до 20 м <sup>3</sup> на человека	Не менее 30

Для поддержания оптимальных микроклиматических условий в помещении в летний период необходимо своевременно, не реже одного раза в сутки, проветривать помещение, проводить влажную уборку. При проведении камеральных работ на компьютере с монитора вытирать пыль, и при работе с альфа-спектрометром также вытирать пыль. В зимнее время помещение лаборатории должно отапливаться.

## *2. Недостаточная освещенность рабочей зоны*

Одним из элементов, влияющих на комфортные условия работы в лаборатории и персональном компьютере, является освещение. Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

К системам освещения предъявляются следующие требования: соответствие уровня освещенности рабочих мест по характеру выполняемой зрительной работы; достаточно равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве; отсутствие резких теней, прямой и отраженной блёсткости (повышенной яркости светящихся поверхностей); постоянство освещенности во времени; оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока).

В помещениях лаборатории и кабинетах с ПК освещение является совмещенным (естественное освещение, дополненное искусственным).

Естественное освещение осуществляется боковым светом через окна. Искусственное освещение в помещениях должно осуществляться системой общего равномерного освещения. К общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов или предметов. В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ. Гигиенические требования к освещению данных помещений показаны в таблице 10.

Таблица 10 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения в помещении лаборатории и помещении с ПК согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [64]

Тип помещения	Нормы освещенности, лк при освещении	
	Комбинированное	Общее
Помещение для персонала, осуществлявший техническое обслуживание ПК	750	400

### 3. Воздействие ионизирующей радиации

При работе с открытыми источниками излучения (изотопы плутония) вентиляционные и воздухоочистные устройства должны обеспечивать защиту от радиоактивного загрязнения воздуха рабочих помещений и атмосферного воздуха. Рабочие помещения, вытяжные шкафы, боксы, каньоны и другое технологическое оборудование должны быть так устроены, чтобы поток воздуха был направлен из менее загрязненных пространств к более загрязненным [72].

Организации, где ведутся работы с открытыми источниками излучения всех классов, должны иметь холодное и горячее водоснабжение и канализацию. Приемники для слива радиоактивных растворов (раковины, трапы и др.) в системе специальной канализации должны быть изготовлены из коррозионно-стойких материалов или иметь легко дезактивируемые коррозионно-стойкие покрытия внутренних и наружных поверхностей. Конструкция приемников должна исключать возможность разбрызгивания растворов [73].

Согласно положениям радиационной безопасности СП 2.6.1.799-99 [73], применяемым при контроле степени радиационной опасности при работе с радиоактивными материалами, испускающими ионизирующее излучение, определяется коэффициент качества ионизирующего излучения (К), который представляет собой безразмерную величину, на которую, с целью получения значений эквивалентной дозы, должно быть умножено значение поглощённой дозы ионизирующего излучения конкретного типа в мышечной ткани. Значения коэффициента качества ионизирующих

излучений  $K$  в зависимости от линейной передачи энергии первичными и вторичными (в случае облучения косвенно ионизирующим излучением) заряженными частицами за счёт столкновения в воде  $L_{\sim}$  должны соответствовать приведённым в таблице 11.

Таблица 11 – Коэффициенты качества ионизирующих излучений согласно СП 2.6.1.799-99 [73]

Линейная передача энергии $L_{\sim}$ в воде		К t
кДж/м	кэВ/мкм	
$\leq 0,58$	$\leq 3,5$	1
1,1	7,0	2
3,7	23	5
8,5	53	10
$\geq 28$	$\geq 175$	20

*Примечание.* Значение коэффициента качества ионизирующих излучений для промежуточных значений линейной передачи энергии находят путём линейного интерполирования между указанными в таблице значениями  $K$  для данного интервала линейной передачи энергии. Например, для линейной передачи энергии, равной 4,65 нДж/м,  $K_{\sim}6$ .

Значения коэффициента качества различных видов ионизирующих излучений «К» применяются для оценки максимальных значений эквивалентной дозы различных видов ионизирующих излучений [73].

В процессе разложения измельчённых проб в кислотах производится работа с непосредственным использованием плавиковой (HF), азотной (HNO<sub>3</sub>), и соляной (HCl) и борной кислот (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>) – как концентрированных, так и разной степени молярности; 30 % раствор трибутилфосфата в толуоле.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны – обязательные санитарные нормативы для использования при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования и вентиляции, а также для предупредительного и текущего санитарного надзора. Содержание в организме вредных веществ, поступающих в него различными путями (при вдыхании, через кожу, через рот) не должно превышать биологических

предельно допустимых концентраций в соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 [65]. В таблице 12 представлены предельно допустимые концентрации химических веществ в воздухе.

Таблица 12 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны по ГОСТ 12Л.005 [74]

№ п/п	Наименование вещества	№ CAS	Формула	Величина ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
1	Азотная кислота <sup>+</sup>	7697-37-2	HNO <sub>3</sub>	2	а	3	Раздражение дыхательных путей, язвы
2	Борная кислота		H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	10		3	Токсичное отравление
3	Плавиковая кислота <sup>+</sup>		HF	0,1 (с.с) 0,5 (м.р.)	п	2	Токсичное отравление
4	Соляная кислота <sup>+</sup>		HCl	5	п	2	Раздражение верхних дыхательных путей, ожоги
5	О,О,О-Трибутилфосфат <sup>+</sup>	126-73-8	C <sub>12</sub> H <sub>27</sub> O <sub>4</sub> P	0,5	п	2	Токсичное отравление

*Примечание: с.с. – среднесуточная предельно допустимая концентрация*

*М.р. – максимальная разовая предельно допустимая концентрация*

*а - вещества, способные вызывать аллергические заболевания в производственных условиях;*

*п - пары и/или газы;*

*+ - соединения, при работе с которыми требуется специальная защита кожи и глаз; Классы опасности: 2 – высокоопасные, 3 – опасные.*

Разложение проб происходит посредством выпаривания кислот и должно проводиться только в сушильном шкафу с работающей вытяжкой. Помещение лаборатории должно постоянно вентилироваться. Перед началом работы производится проветривание. Наибольшую опасность для органов дыхания представляют пары концентрированной плавиковой кислоты,

способные вызывать как острые, так и хронические отравления, оказывает наркотический эффект, приводит к отёку лёгких, изменениям в кроветворной и пищеварительной системе.

Борная кислота способна накапливаться в организме. Она медленно выводится почками и вызывает токсичное отравление.

Соляная кислота является едкой жидкостью, химически стабильной. Испаряясь, образует кислотный туман, является негорючим веществом. Пары соляной кислоты приводят к раздражению верхних дыхательных путей, слизистых оболочек глаз; попадая на кожу, вызывает химические ожоги [74].

В процессе работы с потенциально радиоактивными материалами необходимо использовать средства индивидуальной защиты от химических и радиационных факторов, соответствующих сертификации 2 класса риска – лабораторный халат, тканевую маску, медицинские резиновые перчатки [75].

#### *4. Повышенный уровень шума*

Систематический шум может вызвать утомления слуха и ослабление звукового восприятия, а также значительное утомление всего организма. Однако не все шумы, вредны. Так, привычные не резко выраженные шумы, сопровождающие трудовой процесс, могут благоприятно влиять на ход работы; нерезкие шумы, характеризующиеся периодичностью звуков, например, музыка, в силу своей ритмичности не только не отвлекают от работы, но и вызывают положительные эмоции, способствуют повышению эффективности труда.

В лаборатории с альфа-спектрометром шум создает работающий передвижной вакуумный насос. Уровни шума от работы передвижных вакуумных насосов устанавливаются в соответствии с ГОСТ 31336-2006 [69]. Для рабочих помещений допустимый уровень звукового давления составляет 60 дБА по ГОСТ 12.1.003-83 [70].

Для устранения или ослабления неблагоприятных шумовых воздействий целесообразно изолировать рабочие помещения, размещая их в частях здания, наиболее удаленных от городского шума – расположенных в

глубине здания, обращенных окнами во двор и т.п. Шум ослабевает также благодаря зеленым насаждениям, поглощающим звуки. Средства и методы защиты от шума определены в ГОСТ 12.1.029-80 [68].

#### *5. Степень нервно–эмоционального напряжения.*

Нервно–эмоциональное напряжение при работе на персональном компьютере (ПК) возникает вследствие дефицита времени, большого объема информации, особенностей диалогового режима общения человека и ПК (сбои, оперативное ожидание и т.д.), ответственности за безошибочность информации. Для того чтобы избежать утомляемости необходимо делать каждые 2 часа 15 минутные перерывы, а также желательно стараться более 4 часов не заниматься одной и той же работой, необходимо менять занятие и обстановку.

### **4.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению**

#### **Полевой этап**

##### *1. Механические травмы при пересечении местности*

В полевых условиях, а именно на открытой местности при проведении геоэкологических работ – на территории Карагандинской области в зоне влияния Семипалатинского испытательного полигона возрастает риск получения повреждений и травм. Повреждения могут быть разной степени тяжести:

переломы рук и ног, различные растяжения, вывихи, ушибы, порезы и др. Во избежание различных повреждений необходимо строго соблюдать технику безопасности и индивидуальную безопасность жизнедеятельности, быть очень внимательными при проведении работ. Работникам необходимо иметь при себе аптечку с медикаментозными средствами (вата, бинт, жгут, медицинский спирт, зеленка, перекись водорода, анальгин, нашатырный спирт, альбуцид, ношпа и др.).

## Лабораторный и полевой этапы

### 1. Поражение электрическим током

Источником электрического тока при проведении анализов на оборудовании, а также при работе на ЭВМ могут явиться перепады напряжения, высокое напряжение и вероятность замыкания человеком электрической цепи. Проходя через организм человека, электрический ток оказывает: термическое действие (ожоги, нагрев до высоких температур внутренних органов); электролитическое действие (разложение органических жидкостей тела, нарушение их состава); биологическое действие (раздражение и возбуждение живых тканей организма).

При работе с электроприборами (электризирующая установка Gwinstek GPC-3060D и альфа-спектрометр ORTEC) необходимо соблюдение правил электробезопасности. В частности, не допускать замыкания клемм электролитической установки во избежание удара током. Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений указанных в таблице 13.

Таблица 13 – Нормирование напряжения прикосновения и тока ГОСТ 12.1.038-82 [67]

Род тока	U, В	I, мА
Переменный 50 Гц	2,0	0,3
Переменный 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

По опасности поражения электрическим током помещения с ПК и лаборатория относятся к помещениям без повышенной опасности (согласно ПУЭ), т.к. в данных помещениях преобладают следующие условия: относительная влажность составляет 50-60%; температура воздуха в помещениях не превышает 35°C; отсутствуют токопроводящие полы (полы деревянные) [67].



Помещения, где размещаются рабочие места с ПК, должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

#### **4.2 Экологическая безопасность**

При подготовке проб почвы к изучению их физико-химических свойств, в лаборатории воздух загрязняется вредными для здоровья человека парами, пылью, газами. Это обосновывается тем, что работы производятся со многими химическими реактивами и веществами. Возможны утечки и при неправильном хранении этих веществ. Поступление ядов через органы дыхания является основным и наиболее опасным путем.

Для предотвращения отравления организма человека вредными веществами все лабораторные работы должны производиться в вытяжных шкафах при включенной вентиляции. Скорость движения воздуха в вытяжном шкафу должна обеспечивать полное удаление вредных веществ. Хранение таких веществ должно исключать возможность их утечки. При необходимости, в работе с такими веществами рабочий персонал должен пользоваться средствами защиты (противогаз, респиратор). Лабораторную пробу, подготовленную помещают в сосуд из темного стекла или упаковывают в пакет из бумаги «крафт»[76].

Лабораторные анализы для проб почвы разной степени радиоактивного загрязнения проводился с использованием разных инструментов, приспособлений и лабораторной посуды в отделе радиационной исследования и восстановления экосистем на базе Института радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК. После каждой пробы проводился дезактивация инструментов, приспособлений и лабораторной посуды. После проведения всех необходимых лабораторных анализов и получения протоколов измерений проб принимался решение о дальнейшем обращении с пробами. В нашем случае, во всех 20 пробах активность радионуклидов

оказалось в пределах нормативных уровней. В связи с этим, все пробы разместились на временное хранение с целью дальнейшего их утилизации.

#### **4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

*Чрезвычайной ситуацией (ЧС)* называют внешне неожиданную, внезапно возникшую обстановку, характеризующуюся резким нарушением установившегося процесса или явления и оказывающую значительное отрицательное воздействие на жизнедеятельность населения, функционирование экономики, социальную сферу, природную среду. Безопасность в чрезвычайных ситуациях – это состояние защищенности населения, объектов экономики и окружающей среды от опасностей в чрезвычайных ситуациях.

**Радиационно-опасные объекты (РОО)** – это объекты, при аварии на которых или при разрушении которых может произойти выход радиоактивных продуктов или ионизирующего излучения за предусмотренные проектом для нормальной эксплуатации значения, что может привести к массовому облучению людей, сельскохозяйственных животных и растений, а так же радиоактивному загрязнению природной среды выше допустимых норм [77].

Потенциальная опасность РОО определяется количеством радиоактивных веществ, которое может поступить в окружающую среду в результате аварии на РОО. А это в свою очередь зависит от мощности ядерной установки.

Радиоактивные излучения обладают способностью проникать через различные толщи материала и вызывать нарушения некоторых жизненных процессов в организме человека. Человек в момент воздействия радиоактивных излучений не получает телесных повреждений и не испытывает болевых ощущений. Однако в результате воздействия радиоактивных излучений у поражённых людей может развиваться лучевая болезнь, приводящая к смертельному исходу.

При радиоактивном заражении живой организм в течение нескольких секунд получает дозу проникающей радиации, а доза внешнего облучения накапливается им в течение всего времени пребывания на заражённой территории. Внутреннее поражение людей радиоактивными веществами может произойти при вдыхании воздуха и приёме пищи и воды. Большая часть радионуклидов проходит кишечник транзитом и выделяется из организма. При этом они вызывают радиационное поражение слизистой оболочки желудочно-кишечного тракта, что приводит к расстройству функций органов пищеварения. Другая часть изотопов, биологически наиболее активных, к которым в первую очередь относятся йод-131, стронций-90, цезий-137, обладает высокой радиотоксичностью и почти полностью всасывается в кишечник, распределяясь по органам и тканям организма [79].

В настоящее время на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона действует 3 ядерных реактора, которые используются в научно-исследовательских целях [32].

В случае возникновения аварии на ядерном реакторе или другом РОО должны быть приняты практические меры для восстановления контроля над источником излучения и сведения к минимуму доз облучения, количества облученных лиц, радиоактивного загрязнения окружающей среды, экономических социальных потерь, вызванных радиоактивным загрязнением. При радиационной аварии или обнаружении радиоактивного загрязнения ограничение облучения осуществляется защитными мероприятиями, применимыми, как правило, к окружающей среде и (или) к человеку. Эти мероприятия могут приводить к нарушению нормальной жизнедеятельности населения, хозяйственного и социального функционирования территории, т.е. являются вмешательством, влекущим за собой не только экономический ущерб, но и неблагоприятное воздействие на здоровье населения, психологическое воздействие на население и неблагоприятное изменение состояния экосистем,

Противорадиационная защита включает в себя использование коллективных и индивидуальных средств защиты, соблюдение режима поведения на заражённой радиоактивными веществами территории, защиту продуктов питания и воды от радиоактивного заражения, использование медицинских средств индивидуальной защиты, определение уровней заражения территории, дозиметрический контроль и экспертизу заражения радиоактивными веществами продуктов питания и воды [80].

### ***Пожароопасность***

Степной пожар – неконтролируемое, стихийное распространение огня по растительному покрову степей. Особую опасность при проведении геоэкологических полевых работ представляют степные пожары, пожары в результате удара молнии при грозе. При таких пожарах у людей может возникать удушье, отравление токсическими продуктами горения, ожоги.

При проведении геоэкологических исследований требованиям противопожарной безопасности уделяется особое внимание, так как возникновение пожаров приводит к чрезвычайным последствиям. Курение допускается только в специально отведенных местах, оборудованных урнами, емкостями с водой и с надписью «место для курения». На любой территории, на любом производстве необходимо поддерживать чистоту и порядок.

В полевых условиях работникам геоэкологических партий приходится пользоваться открытым огнем костров. Это требует тщательного соблюдения правил пожарной безопасности, правил пользования средствами пожаротушения, пожарной сигнализации и связи. Для тушения пожара необходимо охладить зону горения ниже температуры самовоспламенения, использовать огнегасительные вещества, такие как: воду, воздушно-механическую пену, песок.

Опасными факторами, воздействующими на людей и материальные ценности при пожаре, согласно «Техническому регламенту о требованиях

пожарной безопасности» [78], являются: пламя и искры; повышенная температура окружающей среды; токсичные продукты горения и термического разложения; дым; пониженная концентрация кислорода. Общие требования пожарной безопасности к объектам защиты различного назначения на всех стадиях их жизненного цикла регламентируются ФЗ «Технический регламент...» [78].

Требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности людей должен быть не менее 0,9 предотвращения воздействия опасных факторов в год в расчете на каждого человека. Допустимый уровень пожарной опасности для людей должен быть не более  $10^{-6}$  воздействия опасных факторов пожара, превышающих предельно допустимые значения, в год в расчете на каждого человека [78].

#### **4.4 Законодательное регулирование проектных решений**

Правовой основой законодательства в области обеспечения БЖД является Конституция – основной закон государства.

Правовую основу обеспечения безопасности жизнедеятельности составляют соответствующие законы и постановления, принятые представительными органами Российской Федерации и входящих в нее республик, а также подзаконные акты.

Правовой основой обеспечения государственной безопасности является целый ряд законов: Федеральные законы о безопасности; «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»; «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»; «О радиационной безопасности населения» [83, 79, 81, 82].

Порядок действия в чрезвычайных ситуациях отражен также и в ст. 56 и ст.88 Конституции РФ [84].

Обеспечение экологической безопасности на территории РФ, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на

действии с марта 1992 г. ФЗ «Об охране окружающей среды» в комплексе с мерами организационного, правового, экономического и воспитательного воздействия

Правовое обеспечение безопасности жизнедеятельности на производстве включает законодательство о труде и охране труда. Основными законами, на основе которых осуществляется управление охраной труда, являются ФЗ «Об основах охраны труда в РФ» и Трудовой кодекс РФ [85]

При разработке данного раздела учитывались необходимые нормы и требования законов Российской Федерации при работе в полевых условиях, в лаборатории и за персональным компьютером, а также требования трудового кодекса Российской Федерации.

## **5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Целью данной выпускной квалификационной работы заключается в исследовании распределения искусственных радионуклидов по гранулометрическим фракциям почв эпицентральных участков площадки «Опытное поле» Семипалатинского испытательного полигона. Площадка «Опытное поле» расположена на расстоянии более 50 км от города Курчатова и около 170 км от города Семей. Исследовательские работы проводились в период 2017-2018 г.

Маршрут до точки отбора проб на автомобильном транспорте составляет 1600 км. Из данных исследовательских площадках всего было отобрано 20 проб почвы. Для написания ВКР, проведения исследовательских работ необходимо произвести следующие виды работ: геохимические, лабораторные и камеральные. На основании технического плана рассчитываются затраты времени и труда.

Для своевременного выполнения научно-исследовательской работы, необходимо составить план-график работы, а также установить период научного исследования (табл. 14).

### **6.1 Планирование, организация и менеджмент при проведении работ**

**Организационный этап.** На стадии организационной подготовки ставится задача на проведение эколого-геохимических исследований, производится комплектование подразделения инженерно-техническим персоналом, подбираются приборы, оборудование, снаряжение и материалы, проверяется пригодность и точность приборов, распределяются обязанности между сотрудниками, осуществляются мероприятия по безопасному ведению работ.

**Полевой этап.** Во время полевого периода производится отбор проб почв. Опробование проводится в соответствии с линейно-календарным графиком. Точки отбора проб представлены на рисунке 3.

Содержание работы согласно сборнику сметных норм на геологоразведочные работы эколого-геохимические работы включает в себя: Выбор площадок отбора проб. Географическая, геоморфологическая и высотная привязка пунктов наблюдения. Проходка копушей (при необходимости), их документация. Отбор проб. Изучение и описание материала проб. Маркировка мешков для проб. Эtiquетирование и упаковка проб. Засыпка копушей. Отражение и закрепление тушью на маршрутной карте пунктов наблюдения. Сушка проб. Корректировка записей в полевой книжке. Регистрация проб в журнале. Изготовление бумажных капсул и их маркировка. Просеивание материала проб. Упаковка проб в капсулы.

**Лабораторные работы.** Данный этап работ включает в себя:

- 1) определение основных физико-химических свойств почв: содержание гумуса, содержание водно-растворимых солей, показателя pH, содержание CO<sub>2</sub> карбонатов, механического состава, поглощенных оснований.
- 2) Определение удельной активности радионуклидов <sup>239+240</sup>Pu, <sup>241</sup>Am, <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr в гранулометрических фракциях почв.

**Камеральные работы.** Камеральные работы заключаются в обработке полученных результатов и интерпретации полученных данных. Вся полученная информация представляется в виде отчета в соответствии с геоэкологическим заданием и требованиям к геоэкологическим исследованиям.

**Календарный план** - это оперативный график выполнения работ. Календарный план отражает отдельные этапы и виды планируемых работ (проектирование, полевые, камеральные, лабораторные и другие работы), общую их продолжительность и распределение этого срока по месяцам в планируемом году (таблица 14).





Таблица 15 – Виды и объемы проектируемых работ (технический план)

№	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм	Кол-во		
1	Эколого-геохимические работы	проба	20	отбор проб, категория проходимости - 9	лопата, нож почвенный, пакеты полиэтиленовые, этикетки, ручка, блокнот
2	Лабораторные работы	проба	20	Пробоподготовка материала	Агатовая ступка, пестики, кюветы из оргстекла, пинцет, спирт этиловый, вата, скребок.
		проба	20	Определение физико-химических свойств почвы	
		проба	20	Определение удельной активности радионуклидов	
3	Камеральные работы			обработка данных, анализ материала	ПЭВМ

### 6.3 Расчет затрат времени и труда по видам работ

Для расчета затрат времени и труда на проведение исследований предполагается использование “Инструкции по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы” и ССН-93 “Геоэкологические работы” (выпуск 2).

Расчет затрат времени выполняется по формуле:

$$N=Q \cdot H_{BP} \cdot K \quad (1),$$

где:

Q- объем работ;

$H_{BP}$  - норма времени;

K - соответствующий коэффициент к норме.

Используя технический план, в котором указаны все виды работ необходимо определить затраты времени на выполнение каждого вида работ в сменах и месяцах (таблица 16).

Таблица 16 – Расчет затрат времени и труда

№	Вид работ	Объем		Норма времен и по ССН (НВР)	Коэф- ты (К)	Нормативный документ	Итого времени на объем (N)
		Ед. изм	Ко л- во (Q)				
1	Эколого- геохимические работы литегохимическим методом	Шт.	20	0,108	1	ССН, вып. 2. табл.27, стр.1, ст.10	2,16
2	Подготовка пробы почвы	Шт.	20	0,058	1	ССН, вып. 7 табл. 9.2 норма 1515	1,16
3	Определение физико-химических свойств почвы	образец	20	0,215	1	ССН, вып. 7 табл. 9.2 норма 1544	4,3
4	Определение удельной активности радионуклидов	образец	20	2,125	1	Дополнение к ССН, вып. 7 табл. 13 ст.67	42,5
5	Выполнение стандартного комплекса операций камеральной обработки материалов (без использования ЭВМ)	образец	20	0,0034	1	ССН, вып. 2 табл. 59 стр. 3 ст.5	0,068
6	Камеральная обработка материалов (с использ. ЭВМ)	образец	20	0,0337	1	ССН, вып. 2 табл. 61 71 стр 3 ст	0,674
<b>Итого:</b>							<b>50,86</b>

Таким образом, эколого-геохимические исследования будет выполнять отряд, состоящий из 2 человек (инженер-геоэколог, техник). То есть то количество исполнителей, которое необходимо для исполнения всех проектируемых работ.

## 6.4 Расчет производительности труда, расчет продолжительности выполнения объема проектируемых работ

Основным показателем для планирования, организации и управления проектируемыми работами является производительность труда (табл. 17). Эти технико-экономические показатели необходимы для планирования проектируемых работ. Производительность труда за месяц ( $P_{мес}$ ), определяется по формуле:

$$P_{мес} = Q / T_{усл} * n$$

$$n = Q / P_{мес} * T_{усл}$$

где Q - объем работ;  $T_{усл}$  - время проектное в расчетных единицах (месяц) для каждого вида работ; n- коэффициент загрузки.

Таблица 17 – Расчет затрат труда по исполнителям

№	Вид работ	Т чел./смена	Инженер- геоэколог Н, чел./смена	Техник- лаборант Н, чел./смена
1	Эколого-геохимические работы литегохимическим методом	2,16	2,16	2,16
3	Подготовка пробы почвы	1,16	1,16	1,16
4	Определение физико-химических свойств почвы	4,3	4,3	4,3
5	Определение удельной активности радионуклидов	42,5	42,5	42,5
6	Выполнение стандартного комплекса операций камеральной обработки материалов (без использования ЭВМ)	0,068	0,068	-
7	Камеральная обработка материалов (с использ. ЭВМ)	0,674	0,674	-
<b>Итого:</b>		<b>50,86</b>	<b>50,86</b>	<b>50,12</b>

## 6.5 Нормы расходов материалов

Нормы расхода материалов для лабораторных работ определялись согласно ССН, выпуск 7, выпуск 7А, а также инструкциям и методическим рекомендациям (таблица 18, 19).

Таблица 18 – Нормы расхода материалов на проведение геохимических работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
<b>Полевые работы</b>				
Журнал регистрационный	шт.	100	1	100
Лопатка из нержавеющей стали	шт.	500	1	500
Карандаш простой	шт.	10	2	20
Резинка ученическая	шт.	5	1	5
Пакеты полиэтиленовые фасовочные	шт.	5	25	125
Перчатки резиновые	шт.	20	5	100
<b>Итого:</b>				<b>850 руб.</b>
<b>Лабораторные работы</b>				
Фольга алюминиевая 10 м × 30 см	шт.	50	0,082	41
Перчатки резиновые	шт	15	10,00	150
Спирт этиловый технический	л	90	0,5	45
Вата стерильная хирургическая	кг	100	0,5	50
Пинцет медицинский	шт.	40	1	40
Маска медицинская	шт.	10	10	100
<b>Итого:</b>				<b>426 руб.</b>
<b>Камеральные работы</b>				
Бумага офисная	пачка	200	1	200
Карандаш простой	шт.	10	5	50
Резинка ученическая	шт.	5	2	10
Линейка чертежная	шт.	30	2	60
Ручка шариковая (без стержня)	шт.	20	3	60

Стержень для ручки шариковой	шт.	10	2	20
				<b>Итого:</b> 400 руб.
				<b>Итого:</b> 1676 руб.

Таблица 19 – Расчет затрат на ГСМ

№	Используемое топливо	Количество (км)	Расход (л/км)	Стоимость за 1 л. (руб.)
1	Бензин, АИ - 92	1600	0,12	36,5
<b>Итого</b>				<b>7008 руб.</b>

### 6.6 Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ

Общий расчет сметной стоимости геоэкологического проекта оформляется по типовой форме. Базой для всех расчетов в этом документе служат: основные расходы, которые связаны с выполнением работ по проекту и подразделяются на: ЭГР; сопутствующие работы и затраты.

На эту базу начисляются проценты, обеспечивающие организацию и управление работ по проекту, так называемые расходы, за счет которых осуществляются содержание всех функциональных отделов структуры предприятия.

Расходы на организацию полевых работ составляют 1,5% от суммы расходов на полевые работы. Расходы на ликвидацию полевых работ - 0,8% от суммы полевых работ. Расходы на транспортировку грузов и персонала – 11,5% полевых работ. Накладные расходы составляют 15% основных расходов. Сумма плановых накоплений составляет 20% суммы основных и накладных расходов. Резерв на непредвидимые работы и затраты составляет 3%.

Сметно-финансовые и прочие сметные расчеты производятся на работы, для которых нет ССН. Основные расходы для них рассчитываются в зависимости от планируемых расходов: труда (количество человек, их

загрузка, оклад), материалов, техники. Следует помнить, что затраты труда определяются по трем статьям основных расходов: основная заработная плата (оклад с учетом трудозагрузки); дополнительная заработная плата (15% от основной заработной платы, за вредные условия труда); отчисления на социальное страхование (1,5% от суммы основной и дополнительной заработной платы).

Общий расчет сметной стоимости проекта оформляется по типовой форме. Базой для всех расчетов служат: основные расходы, которые связаны с выполнением работ по проекту и подразделяются на: А (собственно геоэкологические работы) и Б (сопутствующие работы).

Расчет осуществляется в соответствии с формулами:

$$\mathbf{ЗП = Окл*Т*К,}$$

где ЗП – заработная плата (условно),

Окл – оклад по тарифу (р),

Т – отработано дней (дни, часы),

К – коэффициент районный.

$$\mathbf{ДЗП = ЗП*15\%,}$$

где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$\mathbf{ФЗП = ЗП+ДЗП,}$$

где ФЗП – фонд заработной платы (р).

$$\mathbf{СВ = ФЗП*1,5\%,}$$

где СВ – страховые взносы.

$$\mathbf{ФОТ = ФЗП+СВ,}$$

где ФОТ – фонд оплаты труда (р).

$$\mathbf{СПР = ФОТ+М+А+R,}$$

где СПР – стоимость проектно-сметных работ.

Расчет заработной платы представлен в таблице 20, а расчет затрат на подрядные работы – в таблице 21.

Таблица 20 – Расчет заработной платы (данные окладов ИТГ согласно приложению 1 к приказу директора ИРБЭ от 11.12.2017 г.)

Наименование расходов	Загрузка, коэф.	Един. измер.	Затраты труда	Дневная ставка, руб	Сумма основных расходов
Основная заработная плата:					
Инженер-геоэколог	1	Чел./смена	50,86	544	27668
Техник-лаборант	1	Чел./смена	50,12	332	16640
<b>И Т О Г О:</b>	<b>2</b>		<b>100,98</b>		<b>44308</b>
Дополнительная зарплата	15%				6646
<b>ФЗП</b>					<b>50954</b>
Страховые взносы	1,5%				764
<b>ФОТ</b>					<b>51718</b>
<b>ИТОГО:</b>					<b>51718 руб.</b>

Таблица 21 – Расчет затрат на подрядные работы

Метод анализа	Количество	Стоимость,	Итого
	проб	руб.	
Физико-химические анализы почв	20	1800	36000
Гамма-спектрометрический анализ	20	3500	70000
<b>Итого:</b>			<b>106000 руб.</b>

Сумма амортизационных отчислений определяется исходя из балансовой стоимости основных производственных фондов и нематериальных активов, и утвержденных в установленном порядке норм амортизации, учитывая ускоренную амортизацию их активной части. Расчет амортизационных отчислений представлен в таблицу 22.



Таблица 22 – Расчет амортизационных отчислений

Наименование объекта основных фондов	Кол- во	Балансовая стоимость, руб.	Годовая норма амортиза- ции	Время полезного использования в разработке % по 2017 – 2018 гг.	Амортизация , руб.
Рассев машина As control 200	1	4 000 000	1	50	20 000
Гамме-спектрометр с полупроводниковым детектором Canberra GX-2020	1	10 000 000	1	50	50 000
Персональный компьютер	1	15000	20	50	1 000
<b>Итого:</b>					<b>71 000</b>

Основные расходы на полевые работы представлены в таблице 23.

Таблица 23 – Основные затраты на полевые работы

Состав затрат		Сумма затрат, руб.
1.	Материальные затраты	1 676
2.	Затраты на оплату труда	51718
3.	Амортизация	5 916
<b>Итого основных расходов</b>		<b>59310</b>

### 6.7 Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ

Общий расчет сметной стоимости геоэкологического проекта оформляется по типовой форме. Базой для всех расчетов в этом документе служат: основные расходы, которые связаны с выполнением работ по проекту и подразделяются на эколого-геохимические работы и

сопутствующие работы и затраты. Общий расчет сметной стоимости всех работ отоброжен в таблице 24.

Таблица 24 – Общий расчет сметной стоимости работ

№ п/п	Наименование работ и затрат	Объём		Полная сметная стоимость, руб.
		Ед. изм	Количество	
<b>I</b>	<b>Основные расходы на геоэкологические работы</b>			
1	Проектно-сметные работы	% от ПР	100	59310
2	Полевые работы:			59310
3	Организация полевых работ	% от ПР	1,5	890
4	Ликвидация полевых работ	% от ПР	0,8	475
5	Подрядные работы			106000
6	Транспортировка грузов и персонала			7 008
	<b>Итого (ОР): основных расходов</b>			<b>173683</b>
<b>II</b>	<b>Накладные расходы</b>	% от ОР	15	<b>26052,45</b>
	<b>Итого: основные и накладные расходы (ОР+НР)</b>			<b>199735,45</b>
<b>III</b>	<b>Плановые накопления</b>	% от НР+ОР	20	<b>39947</b>
<b>IV</b>	<b>Резерв</b>	% от ОР	3	<b>5210,49</b>
	<b>Итого сметная стоимость</b>			<b>244893</b>
	<b>НДС</b>	%	18	<b>44080,74</b>
	<b>Итого с учётом НДС</b>			<b>288974 руб.</b>

Таким образом, затраты на реализацию научно-исследовательского проекта на установленный период составляет – 288 974 рубля с учетом НДС.

## Список использованных источников

1. Круглов С.В., Алексахин Р.М., Васильева Н.А., Куринов А.Д., Ратников А.Н. О формировании радионуклидного состава почв в зоне аварии Чернобыльской АЭС // Почвоведение – № 10. – 1990. – С. 26-35.
2. Куликов Н.В., Молчанова И.В., Караваева Е.Н. Радиоэкология почвенно-растительного покрова. – Свердловск, 1990. – С. 241.
3. Израэль Ю.А. Чернобыль: радиоактивное загрязнение природных сред. Л. –1990. – С. 380.
4. Трапезников А.В., Позолотина В.Н., Молчанова И.В., Юшков П.И., Трапезникова В.Н., Караваева Е.Н., Чеботина М.Я., А. Аркрод, Х. Дильгард, С.П.Нильсен, Чен К. / Радиоэкологическая характеристика речной системы Теча-Исеть. // Экология – №4. – 2000. – С. 248-256.
5. Магашева Р.Ю, Дж. Д. Вернер и Якунин Г.Н.: «Радиационное загрязнение почв СИПа и возможности их реабилитации» / Материалы конференции « Здоровье человека и окружающая среда. Стратегии и программы в новом тысячелетии» – Бишкек: 2002. – с. 178-182.
6. Паницкий А.В. Изучение параметров накопления искусственных радионуклидов растениями лугового биогеоценоза / Н.В.Ларионова, С.Н. Лукашенко, А.М. Кабдыракова, Р.Ю. Магашева, А.В. Паницкий, Ж.А. Байгазинов. // Вестник НЯЦ РК - 2008. - Вып. 3. – С.33 -38.
7. Алексахин Р.М., Васильев А.В., Дикарев В.Г. и др. В кн.: Сельскохозяйственная радиоэкология. – М.: Экология, 1992. – 400 с.
8. Юдинцева Е.В., Гулякин И.В. Агрехимия радиоактивных изотопов стронция и цезия. – М.: Атомиздат. – 1968, с.124.
9. Молчанова И.В., Куликов Н.В. В кн: «Радиоактивные изотопы в системе почва – растения». – М.: Атомиздат, 1972. – С.124-125.

10. Кудрявцев В.Н., Васильев А.В., Краснова Е.Г., Фадеев М.Ю. Распределение и накопление цезия-137 в органах и тканях овец при хроническом поступлении с кормом в зоне аварии Чернобыльской АЭС // Радиационная биология и радиоэкология. – 2006. – Т.46. – №1. – С.45-50.
11. Юдинцева Е.В., Павленко Л.И., Зюликова А.Г. Свойства почв и накопление Cs-137 в урожае растений // Агрехимия. – 1981. – №8. – С. 86-93.
12. Молчанова И.В., Караваева Е.Н., Куликов Н.В. Радиоэкологическое изучение почвенно-растительного покрова сопряженных участков ландшафта в зоне Чернобыльской АЭС // Экология. – 1990. – №3. – С. 30-35.
13. Nishita H. et al. Radiation ecology// Soil SCI, 82. – P.307. – 1956.
14. Павлоцкая Ф.И. и др. Глобальное распределение радиоактивного стронция по земной поверхности. – М.: Наука. – 1970. – 215 с.
15. Ааркрог А., Дальгаардт Г., Караваева Е.Н., Куликова Н.В., Мейтинар К., Молчанова И.В., Нильсен С.П., Позолотина В.Н., Боликарпов Г.Г., Фриссел М., Фульс Л., Югиков П.И. О содержании долгоживущих радионуклидов в почвах и древесных растениях зоны ядерной аварии на Южном Урале. – М.: Наука, Экология, РАН, 1992. – №4, с.105.
16. Алексахин Р.М., Буфатин О.Н., Маликов В.Г. и др. Радиоэкология орошаемого земледелия. – М.: Энергоатомиздат. – 1985. – 224 с.
17. Павлоцкая Ф.И., Горяченкова Г.А., Мисоедов Б.Ф. миграция плутония в почвах // Атомная энергия. 1986. – Т.61. – Вып. 3. – С. 195-198.
18. Петряев Е.П., Овсянникова СВ., Соколик Г.А., Рубинчик С.Я., Неокладнова Л.Н. Резервы доступных растениям форм радионуклидов в Белорусских почвах // Радиобиологический съезд: тезисы докладов, Киев, 20-25 сентября 1993 г. – Ч. 3. – 794. – Пушино, 1993.
19. Просяников Е.В., Круглов СВ., Осипов В.Б. Химические формы цезия-137 и стронция-90 в почвах Брянского полесья и стародубского

- полесья // Радиобиологический съезд: тезисы докладов, Киев, 20-25 сентября 1993 г. – Ч. 3. – С.83-88.
20. Sawhney B.L. Interaction of iron with rainfall leachates//Clay miner.– 1972.–Vol. 20.–P.93-100.
  21. Frissel M. Report of IUR Working Group soil to plant Transfer Factors. Beethoven (Netherlands): RIVM, 1989.
  22. Трансурановые элементы в окружающей среде: Пер. с англ./Под ред. У.С. Хэнсона. М.:Энергоатомиздат, 1985 – 344 с.
  23. Артемьев О.И. Изучение форм нахождения  $^{239/240}\text{Pu}$  в радиоактивных выпадениях атмосферных ядерных взрывов на Семипалатинском испытательном полигоне / О.И. Артемьев, М.А. Умаров, Т.В. Сидорич // Вестник НЯЦ РК. – 2003 – вып. 3 – С. 48-51
  24. Круглов С.В. Распределение радионуклидов чернобыльских выпадений по фракциям гранулометрического состава дерново-подзолистых почв / С.В. Круглов, Н.А. Васильева, А.Д. Куринов, Р.М. Алексахин // Почвоведение, 1995 - №3 – С. 551-557
  25. P. Spezzano. Distribution pre- and post-Chernobyl radiocesium with particle size fractions of soils / P. Spezzano // Journal of Environmental Radioactivity. – 2005. – Vol.83, Iss. 2. – P. 117-127
  26. Hosoda M. Visualization of radiocesium distribution in contaminated soil from Kashiwa City, Chiba, Japan / M. Hosoda, M. Fukushi [at al.] // Radiation Energy Medicine. - 2012. – Vol. 1. - № 1-2. – P. 117-120
  27. Korobova E.M. Granulometric and mineralogic investigation for explanation of radionuclide accumulation on different size fractions of the Yenisey floodplain soils / E.V. Korobova, V.G. Linnik [at al.] // Journal of Geochemical Exploration. - 2014. - № 142. – P. 49-59
  28. Bihari A. Examination of the effect of particle size on the radionuclide content of soils / A. Bihari, Z. Dezso // Journal of Environmental Radioactivity. – 2008. - № 99. – P. 1083-1089

29. Ядерные испытания СССР [Технологии ядерных испытаний СССР. Воздействие на окружающую среду. Меры по обеспечению безопасности. Ядерные полигоны и площадки] / Рук. В.Н. Михайлов, В.В. Адушкин, И.А. Андриюшин[и др.]. –Т.2. – М.: МСФАЭ,1997. – 302 с.: ил. – ISBN56700-125-4. – Инв.30805.
30. Акчурин И.А. Семипалатинский ядерный полигон. Создание становление, деятельность /И.А. Акчурин. – М.: «Голден-Би», 2007. – 258с.
31. Стратегическое ядерное вооружение России / Кол. авторов под ред. П. Л. Под-вига. – М.: ИздАТ, 1998. – 492 с.
32. Ядерные испытания СССР. Семипалатинский полигон. Факты, свидетельства, воспоминание. Обеспечение общей и радиационной безопасности ядер-ных испытаний / Под рук. В.А. Логачева. – Москва: ИГЕМ РАН, 1997. – 314 с.
33. Логачев В.А. Влияния ядерных испытаний на Семипалатинском полигонена состояние здоровья населения Кемеровской и Новосибирской областей/ В.А. Логачев // Бюллетень центра общественной информации по атомнойэнергии. – 1996. – Спецвыпуск (март). – С. 9-15.
34. Сайбеков Т.С. Радиационная обстановка на территории Республики Казах стан с 1954 по 1994 годы. Семипалатинская область. Атлас / Т.С. Сайбеков, Ж.А. Абылаев. – Т. 16. – Алматы: Министерство экологии и биоресурсов РК,1997. – Т. 16. – 400 с.
35. Логачев В.А. Республика Тува: основные дозовые характеристики радиационной обстановки / В.А. Логачев //Бюллетень центра общественной информации по атомной энергии. –1998. – №12. – С. 55-59.
36. Логачев В.А. Возможная радиационная обстановка на территории Республики горный Алтай, обусловленная испытаниями ядерного оружия на Семипалатинском полигоне / В.А. Логачев // Бюллетень

- центра общественной информации по атомной энергии. –1994. – №9-10. – С. 38-42.
37. Андриюшин И.А. Общие характеристики и некоторые вопросы экологических последствий ядерных испытаний СССР / И.А. Андриюшин, Р.И. Илькаев, А.К. Чернышев // Труды РФЯЦ-ВНИИЭФ. – Саров: Научно-исследовательское издание, 2001.- Т.1. – 637 с.
38. Дубасов Ю.В. Семипалатинский испытательный полигон: оценивая радиологические последствия... / Ю.В. Дубасов, А.М. Матущенко Н.П. Филонов [и др.] // Информационный бюллетень. Спецвыпуск, – 1993 – С.23
39. Пояснительная записка к геологической и гидрогеологической картам северной части СИП, подлежащей отчуждению из земель полигона. ИГИ НЯЦ РК, Фонды ИРБЭ, 2009, С. 8-9.
40. Почвы Казахской ССР, вып.3, Алма-Ата, 1960, С.15
41. Боровский В.М. Формирование засоленных почв и галогеохимические провинции Казахстана. Алма-Ата, 1982, С. 219-229
42. Мошков А.С. Характер и уровни радионуклидного загрязнения площадки «Опытное поле» СИП / Мошков А.С. [и др.] // Актуальные вопросы радиозоологии Казахстана / под. рук. Лукашенко С.Н. –Т.1. – Вып. 3. –Павлодар: Дом печати, 2001. – с.13-80
43. Почвы Казахской ССР. Павлодарская область. – Вып. 3. – Алма-Ата: Наука, 1960. – 265 с.
44. Почвы Казахской ССР. Карагандинская область. – Вып. 8. – Алма-Ата: Наука, 1967. – 330 с.
45. Почвы Казахской ССР. Семипалатинская область. – Вып. 10. – Алма-Ата: Наука, 1968. – 474 с.
46. Сборник методических указаний по лабораторным исследованиям почв и растительности Республики Казахстан.- Алматы, 1998. – 226 с.
47. ГОСТ 17.5.4.01-84. Метод определения рН водной вытяжки вскрышных пород и вмещающих пород.

48. ГОСТ 26423-85. – ГОСТ 26428-85. Почвы. Методы определения катионно-анионного состава водной вытяжки. – Введ. 1985-02-18. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 10 с.
49. ГОСТ 26413-91. Почвы. Методы определения органического вещества. – взамен ГОСТ 26213-84; введен 1991-12-19. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 6с.
50. ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) состава и микроагрегатного состава. – Взамен ГОСТ 12536-67; введен 1980-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 13с.)
51. Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре: МИ 2143-91. – Введ. 1998-06-02. – Рег. №5.06.001.98. – М.: НПО ВНИИФТРИ, 1991. – 17 с.
52. Инструкция и методические указания по оценке радиационной обстановки на загрязненной территории: 17.03.89 г. – М.: Госкомгидромет СССР, 1989.
53. Методика выполнения измерений активности радионуклидов плутоний-238, плутония-(239+240) в счетных образцах, приготовленных из проб объектов окружающей среды. – М.: ФГУП «НПО Радиевый институт им. В.Г. Хлопина».
54. Умаров М.А. Радиоактивные выпадения от атмосферных ядерных испытаний / М.А.Умаров, О.И. Артемьев // Вестник НЯЦ Рк. -2001. – вып. 3. – 20-25 с.
55. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация
56. ГОСТ 12.0.003–99. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
57. ГОСТ 12.4.264-2014 Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты рук. Перчатки для защиты от



- ионизирующего излучения и радиоактивных веществ. Общие технические требования и методы испытаний
58. ГОСТ 12.4.240-2013 ССБТ. Костюмы изолирующие. Общие технические требования и методы испытаний
59. СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видео дисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
60. Федеральный закон от 17.07.1999 N 181-ФЗ (ред. от 09.05.2005, с изм. от 26.12.2005) "Об основах охраны труда в Российской Федерации" (17 июля 1999 г.)
61. ССН Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. Выпуск 2. Геолого-экологические работы / Комитет по геологии и использованию недр при Правительстве РФ. - М., 1993.
62. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
63. ГОСТ 30494-96. Межгосударственный стандарт //Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях от 1999-03-01
64. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
65. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества.
66. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
67. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
68. ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда. Средства и методы защиты от шума. Классификация

69. ГОСТ 31336-2006 Шум машин. Технические методы измерения шума компрессоров и вакуумных насосов
70. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
71. Кайрамбаев С.К. Миграция радионуклидов в системе «почва – растение» на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона: автореф. дис. канд. биол. наук. Курчатов, 2006.
72. ССБТ ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
73. СП 2.6.1.799-99 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности
74. ГОСТ 12Л.005. Высоко опасные вещества.
75. Технический регламент о безопасности средств индивидуальной защиты - постановление N 1213 от 24 декабря 2009
76. ПНД Ф 12.4.2.1–99. Отходы минерального происхождения. Рекомендации по отбору и подготовке проб. Общие положения. – М.: Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, 1999. – 16 с.
77. Инструкции и методические указания по оценке радиационной обстановки на загрязнённой территории. Под редакцией Ю.А. Израэля, 1989 г.
78. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 02.07.2013) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
79. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных . – М.: Высшая школа, 1988.
80. Федеральный закон от 09.01.1996 N 3-ФЗ (ред. от 19.07.2011) "О радиационной безопасности населения" (09 января 1996 г.)
81. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 31.12.2014) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов"

82. Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ (ред. от 02.05.2015) "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" (21 декабря 1994 г.)
83. Закон РФ от 5 марта 1992 г. N 2446-I «О безопасности»
84. Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК), 4-е издание, 2008 г
85. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. От 06.04.2015, с изм. от 02.05.2015) (30 декабря 2001 г.)

Character and level of contamination with radionuclides at the "Experimental field" site of the Semipalatinsk test site

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ61	Сатиев Даулет Муратулы		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Рихванов Леонид Петрович	доктор геолого-минералогических наук		

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы Отделение иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Матвеевко Ирина Алексеевна	доктор филологических наук		

## *Character and level of contamination with radionuclides at the "Experimental field" site of the Semipalatinsk test site*

The "Experimental field" site was the main test site in the USSR for atmospheric and ground tests of nuclear weapons. The years of tests caused large-scale contamination of its territory [1]. Gamma-aero-photo-surveying (1990–1993) showed that the "Experimental field" site is contaminated with  $^{137}\text{Cs}$  [7]. However, the results of that survey provided no information about other radionuclides, and low resolution of the technique used provided only a rough estimation of the general character of contamination. Within the ISTC projects K-54, K-337 [26, 7] investigations of the general character of the STS radioactive contamination were carried out, and contaminated spots on the technical sites P-2, P2-G and P-7 were described. The results of surveys were further used in selected areas for further detailed studies and construction of generalized maps of areal contamination.

It is very important to determine radiation parameters of the "Experimental field" site as the tests made on the site became the main source of contamination of the environment on the STS and surrounding territories.

The objective of this research is to perform a systematic investigation of the character and level of contamination of the soil at the "Experimental field" site which included:

- assessment of the state of the "Experimental field", the extent of man-caused disturbance of the natural landscape and description of technogenic objects;
- studying of mechanisms and peculiarities of radiological situation in the epicenters of technical sites;
- determination of the character and level of radionuclide contamination at some typical objects.

The "Experimental field" site is a plain of 20 km in diameter surrounded by low mountains from three sides – southern, western and northern and located in the Irtysh-river steppe, 140 km to the west from Semipalatinsk. According to the

official data [25], in the period from 1949 to 1962, 30 ground and 86 atmospheric tests were performed on the territory of the "Experimental field" site. Since atmospheric tests mainly cause stratosphere pollution and radioactive fallouts at long distances, further we will consider in detail only ground tests. 30 ground tests (including 5 tests without reaching the nuclear test regime) made at a small or zero height could cause maximal contamination of the STS territory and, especially the territory of the "Experimental field" site [1].

Tests at the "Experimental field" site were made on 6 technical sites P-1, P-2, P-3, P-5, P-7 [12] and P2-G [7]. No official information about the location of the site P-2G is available. It is supposed that it is located at the intersection of technical sites P-2 and P-7. Each site is an area with a radius of about 2 km without any special fence. There is information about some other technical sites on the "Experimental field", for example, P5-G and P-6, however, no information about nuclear tests on the sites is available.

The monograph [25] presents the data on power, dates and purposes of experiments, but it does not contain the data on the exact venues of tests and wind directions, i.e. the information that can be used to identify places and directions of radioactive fallouts. For this purpose we analyzed information from the other sources including bulletins of the RF Atomic Energy Public Information Center. Unfortunately, we could not find complete information on average wind directions, and different sources gave different data. Reference [22] provides graphical form the information about the directions of radioactive traces processed using geographic information systems (GIS). There is no information about the place of the test made on 30.10.62. Compiled data on the main characteristics of ground tests are given in table 25.

Table 25 – Main characteristics of ground nuclear tests

No.	Test date [12]	Test location (site)	Test purpose	Power release, in kilotons of TNT equivalent	Explosion altitude, m	Average wind direction, degree [12]
1	29.08.49	P-1	MNW [12, 25]	22 [12, 25]	tower 30 [12, 25,14]	74 75 [23]
2	24.09.51	P-1	MNW [12, 25]	38 [12, 25]	tower 30 [12, 25]	208*
3	12.08.53	P-1	MNW [12, 25]	400** [12, 25,14]	tower 30 [12, 25]	130 [14] 146*
4	05.11.62	P-1	IDF [12, 25]	0.4 [12, 25]	tower 15 [12, 25]	
5	19.10.54 (did not explode)	P-2	MNW [12, 25]	0 [12, 25]	tower 15 [12, 25]	
6	29.07.55	P-2	MNW [12, 25]	1.3 [12, 25,14]	2,5 [12, 25,14]	97 [14, 15] 80 [23] 69*
7	02.08.55	P-2	MNW [12, 25]	12 [12, 25,14] 11,5 [21]	2,5 [12, 25,14]	225*
8	05.08.55	P-2	MNW [12, 25]	1.5 [12, 25,14] 1,2 [21]	1,5 [12, 25,14]	65*
9	16.03.56	P-2	MNW [12, 25]	14 [12, 25] 13,2 [21]	0,4 [12, 25]	130*[22] 120 [23]
10	25.03.56	P-2	MNW [12, 25]	5.5 [12, 25]	1 [12, 25]	270*
11	05.10.54	P-3	MNW [12, 25]	4 [12, 25]	0 [12, 25]	210*
12	22.09.62	P-3	IES [12, 25]	0.21 [12, 25]	0 [12, 25]	
13	11.11.62	P-3	MNW [12, 25]	0.1 [12, 25,14]	tower 8 [12, 25,14]	98 98 [14, 15] 53*
14	30.10.54	P-3	MNW [12, 25]	10 [12, 25]	Bombing from plane with blasting at 50m	
15	24.08.56	P-5	MNW [12, 25]	27 [12, 25,14] 26,5 [12, 25]	tower 100 [12, 25,14]	105 [14, 15] 100 [23]
16	07.08.62	P-5	MNW [12, 25]	9.9 [12, 25,14]	0 [12, 25]	80 72 [14, 15] 60 [23]

No.	Test date [12]	Test location (site)	Test purpose	Power release, in kilotons of TNT equivalent	Explosion altitude, m	Average wind direction, degree [12]
17	25.09.62	P-5	MNW [12, 25]	7 [12, 25]	0 [12, 25]	100* [22] 90 [24, 23]
18	09.09.61	P-7	IES [12, 25]	0.38 [12, 25,14] 0,4 [21]	0 [12, 25]	60 70 [14] 75 [15, 23] 55*
19	14.09.61	P-7	MNW [12, 25]	0.4 [12, 25]	0 [12, 25]	60*
20	18.09.61	P-7	IES [12, 25]	0.004 [12, 25]	1 [12, 25]	55*
21	19.09.61	P-7	IES [12, 25]	0.03 [12, 25]	0 [12, 25]	
22	03.11.61 (did not explode)	P-7	IES [12, 25]	0 [12, 25]	0 [12, 25]	
23	04.11.61	P-7	MNW	0.2 [12, 25,14] 0,15 [21]	0 [12, 25]	104 104 [14, 15]
24	13.11.62 (did not explode)	P-7	MNW [12, 25]	0 [12, 25]	0 [12, 25]	
25	24.11.62 (did not explode)	P-7	IES [12, 25]	0 [12, 25]	0 [12, 25]	
26	27.11.62	P-7	IES [12, 25]	0.03 [12, 25]	0 [12, 25]	80 80 [23] 88 [14]
27	23.12.62 (did not explode)	P-7	IES [12, 25]	0 [12, 25]	0 [12, 25]	
28	24.12.62	P-7	IES [12, 25]	0.007 [12, 25]	0 [12, 25]	40-100 40 [24]
29	24.12.62	P-7	IES [12, 25]	0.028 [12, 25]	0 [12, 25]	40 40 [23]
30	30.10.62	-	MNW [12, 25]	1.2 [12, 25]	0 [12, 25]	
<p>Note: * - calculated using graphical information; ** - thermonuclear experiment; MNW – tests on modernization of nuclear weapons;  IES – investigations of emergency states and situations;  IDF – investigations of damaging factors of nuclear explosions and their impact on military and civil objects action.</p>						

In the period from 1958 to 1963, 40 hydronuclear explosions with different amount of nuclear power released to the atmosphere and different height of the



upper rim of the explosion cloud were made on the site P2-G [3]. Hydronuclear tests are explosions with nuclear charges where the amount of released nuclear energy is comparable with the energy of chemical explosives. In such experiments the compressibility of fissile materials under shock-wave impact of the energy of explosive substances and fallout of alpha-active radionuclides, a part of nuclear charge, on the soil surface were studied [7]. In such experiments the fissile nuclear substance is so compressed by the explosion in the shell of chemical explosives that plutonium loses its mechanical hardness and behaves like a liquid. At the same time, the explosion energy must not be so high that it could turn plutonium into plasma needed to initiate chain reaction. As fissile materials plutonium and uranium were used [31].

Total amount of plutonium alpha-activity of dispersed during hydronuclear experiments was about 800-900 Curie, which could cause severe contamination of the "Experimental field" site and the area around the site [3]. The main characteristics of hydronuclear tests are presented in Table below, [29].

Table 26 – Characteristics of model experiments on the site P2-G

No.	Date	Relative power release in the explosion, t	Average wind speed (km/h) during the explosion at heights h=0-1	Azimuth direction of the trace axis (degrees);	Type
1	13.03.58	-	-	-	A
2	15.03.58	-	-	-	A
3	20.05.60	1	18	142	G
4	22.05.60	1	11	328	G
5	24.05.60	1	14	137	G
6	26.05.60	1	14	65	G
7	31.05.60	1	29	81	G
8	01.06.60	1	18	102	G
9	06.06.60	1	50	68	P
10	08.06.60	1	47	81	P
11	10.06.60	1	72	74	P
12	11.06.60	1	25	52	P
13	13.06.60	1	7	209	P
14	16.06.60	1	29	86	P
15	27.06.61	1	25	304	G
16	29.06.61	1	25	132	G
17	01.07.61	1	11	143	G
18	04.07.61	1	43	342	G
19	06.07.61	1	32	70	G
20	08.07.61	1	47	93	G

21	13.07.61	1	29	83	G
22	15.07.61	1	7	104	G
23	20.07.61	0.35	7	173	P
24	21.07.61	0.35	18	200	P
25	22.07.61	0.35	25	79	P
26	22.07.61	0.35	25	162	P
27	24.07.61	0.35	40	338	P
28	19.09.63	1	43	68	P
29	20.09.63	1	29	113	P
30	24.09.63	1	13	94	P
31	25.09.63	0.35	47	93	P
32	26.09.63	0.35	32	153	P
33	30.09.63	0.35	18	223	P
34	01.10.63	0.35	11	232	P
35	02.10.63	0.35	14	226	P
36	10.10.63	0.35	24	79	P
37	11.10.63	0.35	40	84	P
38	12.10.63	0.35	25	137	=3
39	12.10.63	0.35	14	123	P
40	15.10.63	0.35	14	104	=3

Note: Type – explosion type. «A» - atmospheric, bombing from plane; «G» -ground explosion; «P» -explosion in the pit; H=3m – explosion on the support (tree) at a height of 3m from the

On the technical sites P-2 and P-7, located in southern part of the "Experimental field" site, besides nuclear tests hydrodynamic tests, explosive experiments with nuclear charges in which no nuclear energy was released, were performed [1, 3, 30]. In the period from 1954 to 1962, 5 such tests were performed; as a result, 1,000 Ci of plutonium were released to the atmosphere. The main characteristics of hydrodynamic tests are presented in Table below.

Table 27 – Characteristics of hydrodynamic experiments on technical sites P-2 and P-7 [1,29]

Number of experiment	Date	Amount of Pu alpha-activity dispersed in the explosion, Ci	Azimuth direction of trace axis (degrees)	Average wind speed, m/s
1	19.10.	200-400	18	8.3
2	03.11.	200-400	213	3.5
3	13.11.	200-400	176	3.3
4	24.11.	100-200	320	6.1
5	23.12.	200-400	296	4.5

All the above experiments could, to a higher or smaller extent, cause contamination of the studied area and the area beyond the boundaries of the "Experimental field" site. An analysis of the available data on the average wind

direction during the tests enabled to determine directions of most traces of radioactive fallouts from ground nuclear, hydronuclear and hydrodynamic tests (figure 5).

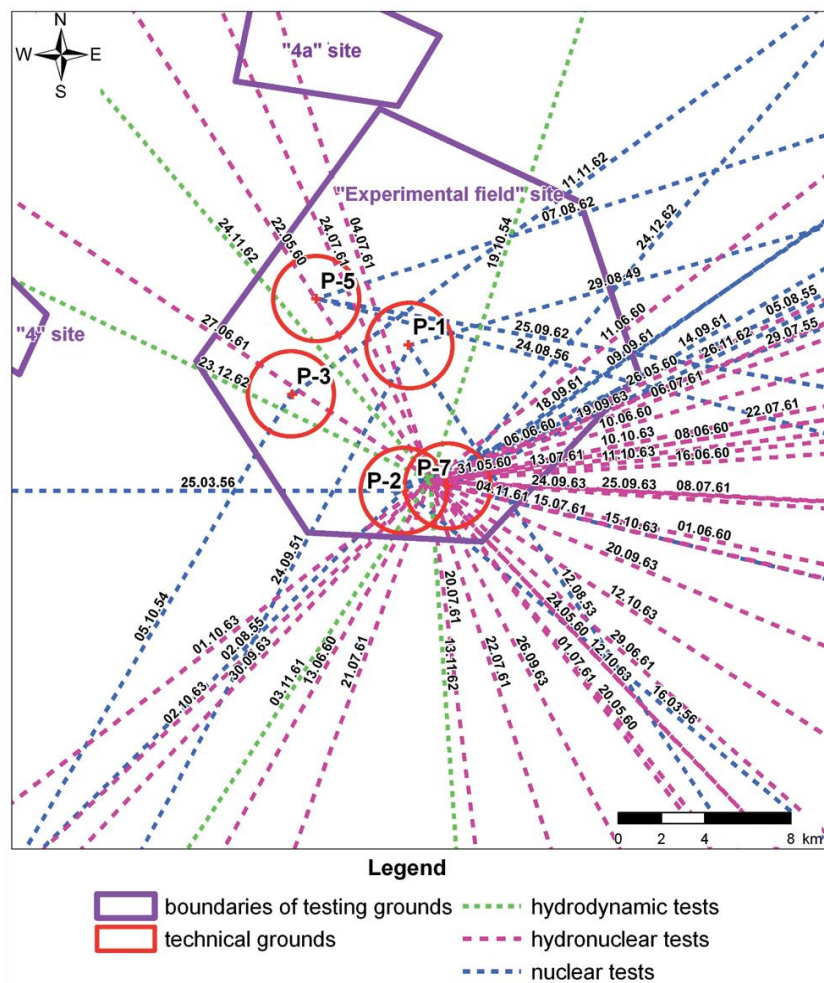


Figure 5. Main directions of average winds during nuclear, hydronuclear and hydrodynamic tests

Radioactive contamination of the site may include the following groups of artificial radionuclides:

- radionuclides formed as a result of fission of fissile substances nuclei (fission fragments  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{151}\text{Sm}$  and  $^{99}\text{Tc}$ );
- fragments of fissile substance ( $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{238}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Pu}$  and  $^{241}\text{Am}$ ), which have the highest level of radiotoxicity;

- radioactive isotopes – products of activation of environmental nuclei by fission neutrons ( $^{152,154,155}\text{Eu}$  and  $^{60}\text{Co}$ ). They are probably concentrated directly in the epicenters.

An analysis of all initial information enables to make a conclusion that the priority objects of investigations must be epicenters of nuclear explosions and spots of possible fallouts of radioactive precipitations in southwestern, southern and southeastern directions with respect to sites P-2 and P-7. In this case, one should take into account the assumed high density of fallouts of  $^{241}\text{Am}$  and, hence,  $^{239+240}\text{Pu}$  in southern and southeastern parts of the "Experimental field" site.

### **General assessment, detection of technogenic objects**

In order to estimate general state of the "Experimental field" site, to determine the extent of technogenic disturbance of natural landscape and to discover various man-made objects, the following works have been done:

- visual examination of the test site territory;
- analysis of the satellite image of the test site territory [18];
- reconnaissance survey of technical sites within the "Experimental field" site, which included visual examination of the place of works, visual estimation of relief, description of man-made objects and bare rocks, in particular, construction excavations, pits, etc.

### ***Radiological situation at the "Experimental field" site***

In order to determine location of points in the geographical coordinate system a satellite device of global positioning *Garmin Rino 520*, which can determine point position with accuracy of  $\pm 5\text{m}$ , was used. Preliminary, before measurements, the survey grid was calculated. Coordinates of the points in the grid were recorded by the GPS receiver and were determined in the navigation regime. The preparations to works and determination of coordinates were made according to the GPS user manuals [6].

Radiation parameters were measured in nodes of the survey grid according to the instructions of the dosimeter-radiometer MKS-AT6130 [9] and technique of gamma-background measurement of areas and premises [6]. EDR and density of beta-particle flux were measured on the area of 200 cm<sup>2</sup> to a depth of 5cm in each point. Soil samples were taken and packed according to the requirements to soil sampling for general and local contaminations [7].

To obtain the initial data and to exclude possible cross-contamination during further processing, the soil samples were sorted by measuring <sup>241</sup>Am and <sup>137</sup>Cs activities (semi-qualitative analysis) on semiconductor gamma-spectrometer without observation of required geometry. Measurements were carried out on gamma-spectrometer with impulse analyzer Nomad Plus with scintillation detector on the base of alkaline-halogen crystal. The package of Gamma Vision software was used. Based on the obtained data all samples were divided into groups with approximately equal concentrations of artificial radionuclides. The qualitative analysis of artificial radionuclide concentrations in soil samples was made using Canberra gamma-spectrometer. Concentration of Sr was determined on beta-spectrometer "Progress-BG".

### **State of technical sites P-1, P-2, P-3, P-5, P2-G and P-7**

To study radiation situation and to make an inventory of radiation-hazardous objects detailed examinations were made on technical sites P-1, P-3, P-5, P-2, P2-G and P-7. The first stage included detection of radiation-contaminated areas, making of survey grids with different spacing 200×200, 100×100 and 40×40 meters. Pedestrian gamma-survey including EDR measurements in node points at a height of 0.03 m and measurements in the mode "search" between points were made. The obtained information was used to make EDR maps of the studied area.

The second stage included studying of vertical radionuclide distribution in epicenter zones. It consisted of layer wise soil sampling at different distances from the epicenter. First, a test pit was dug. The pro le (test pit) had 60-80 cm in width, 150-200 cm in length and 100-150 cm in depth. To study soil in the adjacent key

areas test pro les of lower depth (20-30cm) were made there. Then layer wise soil samples were taken in accordance with the instruction [5].

### **Analytical measurements**

To estimate the total amount of beta-containing radionuclides, the initial samples were measured with Radiagem 2000 instrument with a block of alpha-/beta-radiation SAB-100 in compliance with the instruction [27].

To register gamma-radiating radionuclides ( $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{155}\text{Eu}$  and  $^{241}\text{Am}$ ), the soil samples were dried in the drying box at a temperature of 105-110 for 6-12 hours or in the racks for sample drying in plastic cuvettes under exhaust hood to air-dry state, periodically mixing them with pallet.

The samples were sifted to remove stones and roots. To sift we used a sieve with 1 mm cells. Large-sized fractions were not measured. The dried sample was grinded in the ball mill or in the mortar and carefully mixed till uniform state. For gamma-spectrometric analysis a portion weighing 500-700 grams was taken [11, 19].

Gamma-spectrometric analysis was made using Canberra gamma-spectrometric facility with a semiconductor detector of gamma radiation GX 2020 with relative efficiency for gamma radiation 20%, a crystal of super-pure germanium, an impulse analyzer Canberra In-Spector 1200 and a package of Canberra Genie-2000 3.1 software [20]. Measurements lasted for 2-3 hours depending on the activity of the studied sample. The specific activity of  $^{90}\text{Sr}$  was determined on the beta-spectrometric complex Progress, SPO Doza, with scintillation beta-detector and impulse analyzer SKS-99 SPUTNIK. In beta-spectrometric measurements 20 g samples were placed in a special measuring cuvette. The average detecting limits were 1.2 Bq/kg for  $^{60}\text{Co}$ , 0.8 Bq/kg for  $^{137}\text{Cs}$ , 5 Bq/kg for  $^{152}\text{Eu}$ , 6 Bq/kg for  $^{154}\text{Eu}$ ,  $^{155}\text{Eu}$  and 0.5 Bq/kg for  $^{241}\text{Am}$ .

## **1 State of the "Experimental field" site**



## **1.1. Results of visual inspection**

The territory of the "Experimental field" site is a plain of about 20 km in diameter surrounded by low mountains, where 6 technical sites are located. The territory has high level of man-caused disturbance of the landscape in the form of ditches, gutters and trenches, which appeared after closure of the Semipalatinsk Test Site. The highest level of landscape disturbance is observed on the territory of site P-1.

The territory has a diversified network of earth roads: the three main roads pass through the center to northern and southern parts of the "Experimental field" site, and minor roads are, as a rule, directed from equipment buildings to epicenters. Each site has its own structures, which were used as objects of infrastructure in order to determine their hardness characteristics under the action of heat radiation and shock waves. The sites also have crash-proof reinforce structures not looking like infrastructure objects. They are located at different distances from the epicenters of explosions. They were used to place equipment registering different explosion parameters.

An analysis of the satellite image showed high degree of land degradation around the epicenter of technical site P-1. It is probably caused by a large amount of slag formed in the thermonuclear experiment. Each technical site has white-clay crosses for targeted bombing from plane during atmospheric tests. As a rule, crosses are displaced with respect to the centers of the technical sites. On the technical sites one can see contours of craters formed by ground nuclear tests.

## **1.2. Results of investigations of the state of technical sites**

On the territory of technical sites P-2, P2-G and P-7 1044 man-made objects were discovered. On the territory of P-3 – 88 objects, and on the territory of P-5 – 24 objects. Maps of their locations on technical sites are shown in figures 6 and 7. Some of them are shown in figure 5. Most of such man-made objects are trenches, concrete underground and ground structures, caponiers, wells, ditchbanks, cavities

and hollows. In the vicinity of each object radiation parameters were measured, its coordinates were determined and its photograph was made.

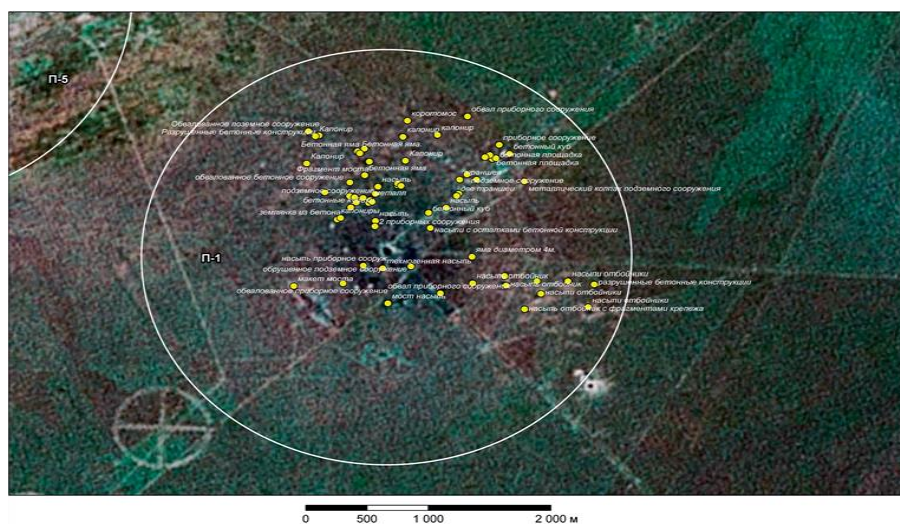


Figure 6. A schematic map showing location of man-made objects on technical sites P-1, P-2, P2-G and P-7.

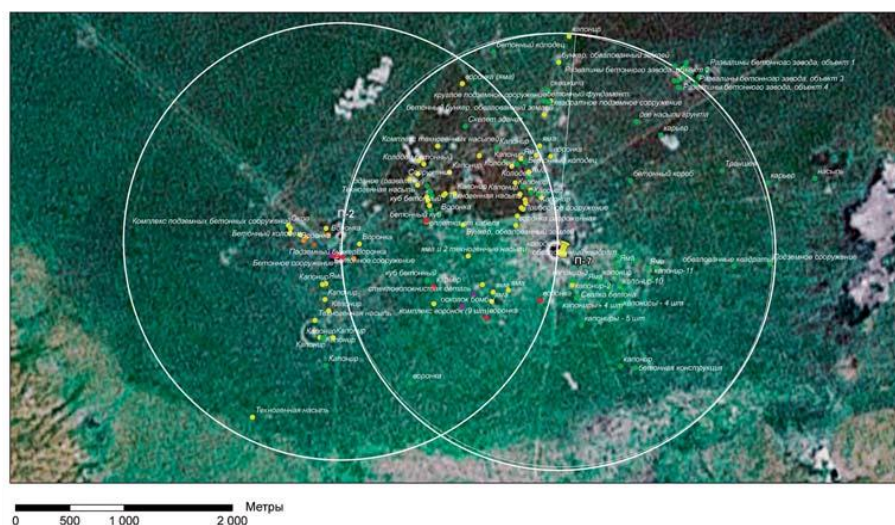


Figure 7. A schematic map showing location of man-made objects on technical sites P-3 and P-5

All technical sites, as a rule, have hollows formed as a result of ground explosions. Most of them are filled with ground waters. The areas of oil piling and nearby territory are covered by fused rocks forming so called "slag fields" usually covering areas forming a circle of a radius of 100 meters around epicenters/ There



are also craters with radiation parameters not exceeding background parameters, which can be explained by chemical-type explosions.

### ***1.3. Radiological situation on the territory of the "Experimental field" site General assessment by integral radiation parameters***

The results of pedestrian gamma- and beta-survey were used to obtain EDR distributions ( figure 8) and distributions of areal activity of beta-emitting radionuclides ( figure 9).

The EDR level varies from 0.10 to 16 Sv/h with background level on the test site equal to 0.10-0.12 Sv/h. The density of beta-radiation varies from <10 to 5500 (part/cm<sup>2</sup>×min). More precise data for EDR level and beta-radiation density can be obtained by using a smaller-meshed net in the epicenter zones, which gives more precise results on the contaminated area.

Therefore, we can state that the territory of the "Experimental field" does not have uniform contamination; it may have "clean" areas. The integral radiation parameters show that only a small part of the "Experimental field" can be classified as radiation-contaminated area.

To determine the degree of potential hazard of the site in terms of external irradiation we will make a rough estimation of the maximal permissible EDR

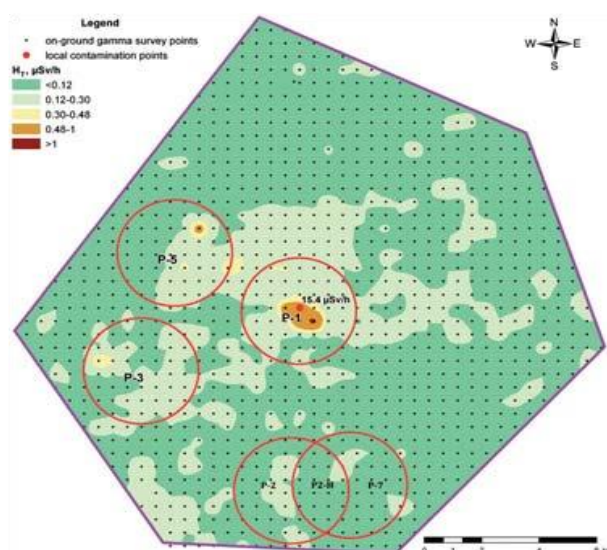


Figure 8. A map of EDR distribution on the «Experimental field" site

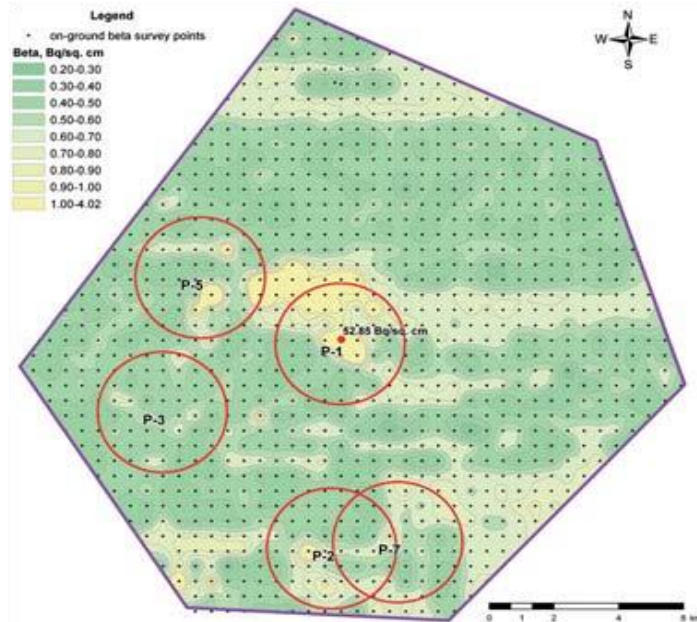


Figure 9. A map of contamination of the "Experimental field" site with  $\beta$ -emitting radionuclides

level for population on the site. According to NRB-99 [28] the dose limit for population from artificial sources is  $1 \text{ mSv/year} = 1000 \text{ Sv}/(365 \times 24) \text{ hours} \sim 0.12 \text{ Sv/h}$ . Neglecting internal irradiation from artificial radionuclides and summing up the background level and maximal permissible irradiation dose from artificial sources, we can estimate the EDR level at which it is necessary to limit the time of people staying on the "Experimental field". This value is  $0.24 \text{ Sv/h}$ . Using the EDR map we estimated the area with EDR level exceeding  $0.24 \text{ Sv/h}$ , it was equal to  $11 \text{ km}^2$ , i.e. 3.6% of the total area of the "Experimental field". Staying of local people on this area must be limited.

Maximal values of radiation parameters (probably, superposition of radioactive fallouts traces) were registered on the territory of technical sites P-1, P-5 and on the area between them. Signs of long traces of radioactive fallouts of radionuclides – beta-emitters are also observed in northern, southeastern and southern parts.

#### 1.4. Character of contamination of the "Experimental field" site with artificial radionuclides

Based on the data of quantitative analysis of soil samples taken on the test site, maps and diagrams of areal distribution of artificial radionuclides concentrations on the "Experimental field" site were made.

The diagrams were based on the laboratory data on specific activities of artificial radionuclides and to make them more demonstrative the logarithm scale was used. In case specific activity of a radionuclide was below the detection limit for the radionuclide, the detection limits were used as numerical values. The scheme of location of profiles and their numbers are shown in the figure ( figure 10).

The above figures enable to make a conclusion that on the "Experimental field" there are relatively clean areas, for example, in northern part to the north from profile No.7, in eastern and western parts.  $^{241}\text{Am}$  and  $^{137}\text{Cs}$  concentrations in the areas are comparable with the level of global fallouts,  $^{152}\text{Eu}$  and  $^{60}\text{Co}$  are not detected. At the same time, the above territories have spots with high  $^{241}\text{Am}$  concentrations up to  $n \times 10^3$  Bq/kg with  $^{137}\text{Cs}$  concentrations at the level of global fallouts, which can, most probably, be explained by fallouts due to hydrodynamic or hydronuclear explosions.

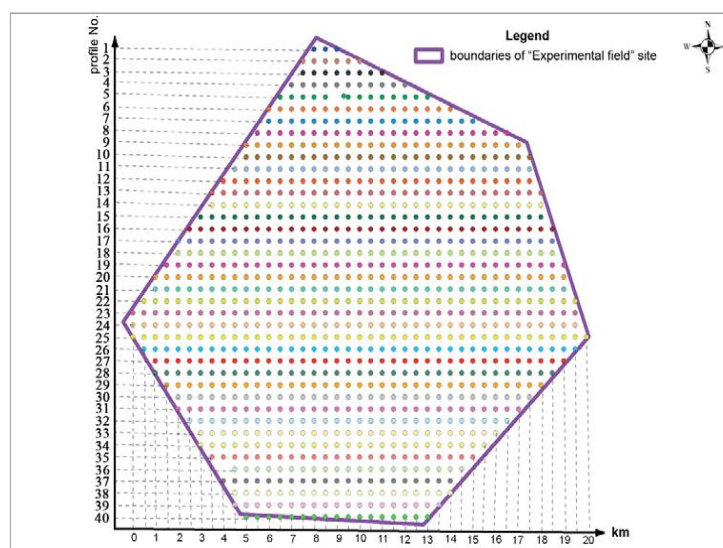


Figure 10. Location of profiles

An analysis of the character of artificial radionuclides distribution enables to identify two types of contamination: "point" and areal contamination, where point areas can be subdivided into two categories. One group of points is characterized by high  $^{241}\text{Am}$  concentrations at rather low concentrations of radionuclides – decay products and activation levels, the other group has high concentrations of artificial radionuclides. "Point" spots of type 1 are probably caused by fallouts from hydrodynamic or hydronuclear explosions. "Point" spots of type 2 can be identified as epicenters of nuclear explosions.

Spots of areal contamination are located beyond the territories of technical sites, they have high concentrations of  $^{241}\text{Am}$  and  $^{137}\text{Cs}$ , with the ratio of isotopes varying from place to place. It is likely that such spots appeared as a result of superposition of fallouts from explosions of different types. In some cases such areas spread beyond the "Experimental field".

The products of neutron activation,  $^{60}\text{Co}$  and  $^{152,154}\text{Eu}$ , are mainly concentrated directly in the epicenters of experiments. High concentration of activation products in soil is an identifier of close location of explosion epicenter. In pro les Nos.16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 26 and 36 peaks of increase in  $^{152}\text{Eu}$  concentration, which identify about 6 epicenters, were registered. One of such places was discovered in pro le No.16 (northern part of technical site P-5).

In southern part of the "Experimental field" the main contaminant is  $^{241}\text{Am}$ . Large areas with concentrations more than  $n \times 10^3$  Bq/kg were detected. Taking into account that ratio  $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$  varies from 5 to 20, such areas must have high concentrations of  $^{239+240}\text{Pu}$ .

The maps ( figures 11-12) show areal distribution of artificial radionuclides  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$ . To compare the obtained data, all available data including the results of ISTC project K-337 were presented in the figures.



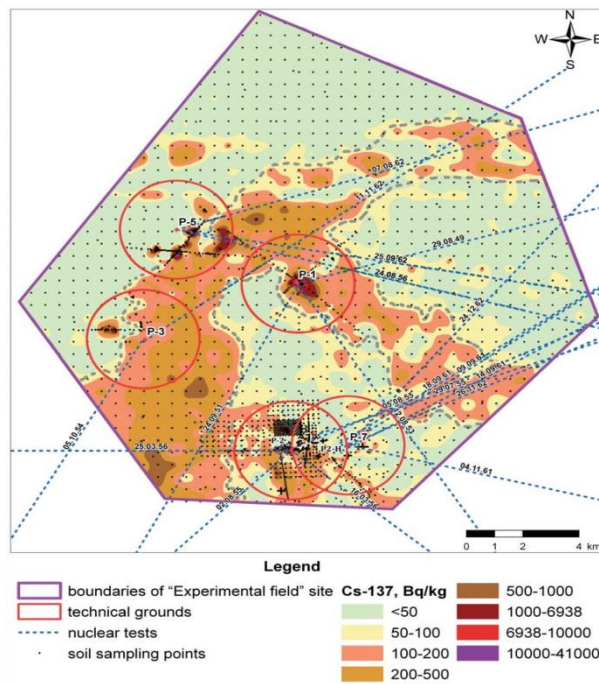


Figure 11. A map of  $^{137}\text{Cs}$  distribution on the territory of the "Experimental field"

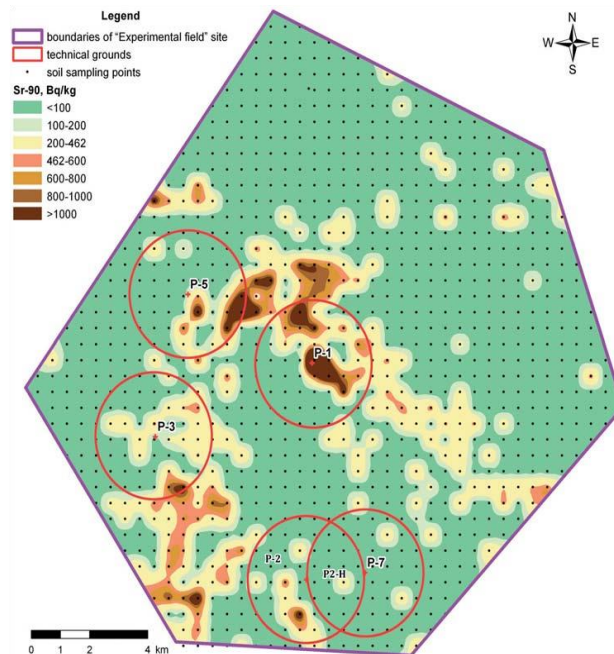


Figure 12. A map of  $^{90}\text{Sr}$  distribution on the territory of the "Experimental field"

To estimate the factors that influenced formation of the character of contamination by fission products, the average wind directions during tests were superimposed on the map of  $^{137}\text{Cs}$  distribution. The obtained data on  $^{137}\text{Cs}$  and

$^{90}\text{Sr}$  areal distributions on the territory of the ground "Experimental field" enable to determine the main traces of radioactive fallouts of fission products. The contamination formed three areas elongated in northeastern, southeastern and southwestern directions; the areas are shown by a dotted line ( figure 11). The traces were probably formed as a result of superposition of many traces of radioactive fallouts and have very large areas. It can be stated with high degree of certainty that they spread beyond the administrative boundaries of the "Experimental field". Taking into account directions of traces one can suppose that the northeastern trace was formed by fallouts from explosions 11.11.62 and 07.05.62, the southeastern trace was formed by fallouts from explosions 12.08.53, 24.08.56, 05.08.55, 18.09.61, 09.09.61, 29.07.55, 14.09.61, 24.12.62, 26.11.62 and the southwestern trace is a result of explosions 05.10.54, 25.03.56 and 24.09.51. To estimate the degree of radioactive contamination of lands we used the parameter of minimal-significant specific activity (MSSA) and criteria of territory classification as zones with different degree of ecological disturbance (table 28).

Table 28 – Indicators for radioactive contamination of soils [1]

Indicator	Parameter		
	Ecological disaster	Emergency ecological situation	Relatively satisfactory situation
	Radioactive contamination, Bq/kg*		
$^{137}\text{Cs}$	More than 18500	6938 – 18500	Less than 6938
$^{90}\text{Sr}$	More than 1388	462 – 1388	Less than 462
$^{239+240}\text{Pu}$ , $^{238}\text{Pu}$	More than 46.3	23.1 – 46.3	Less than 23.1
Note: * specific activity was calculated for 5cm soil layer and 1.6 kg/dm <sup>3</sup> soil density			

Based on the data (table 4) one can estimate areas of territories on the "Experimental field" site that must be referred to different types of zones according to the criteria of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  contamination. The results are given in the table (table 29).

Table 29 – Assessment of the degree of contamination of the "Experimental field" with fission products

Radionuclide	Specific activity, Bq/kg	RAW area	Area of ecological disaster	Area of emergency ecological	Area of relatively satisfactory situation
$^{137}\text{Cs}$	<1 to 41,000	about 1 km <sup>2</sup>	1 km <sup>2</sup>	about 3 km <sup>2</sup>	about 296 km <sup>2</sup>
$^{90}\text{Sr}$	<100 to	about 0.3	3 km <sup>2</sup>	about 6 km <sup>2</sup>	about 291 km <sup>2</sup>

Therefore, in terms of contamination with fission products almost all territory of the "Experimental field" can be classified as territory with relatively satisfactory ecological situation.

The figures (figure 13, figure 14) show maps of distribution of neutron activation products,  $^{152}\text{Eu}$  and  $^{60}\text{Co}$ , on the territory of the "Experimental field".

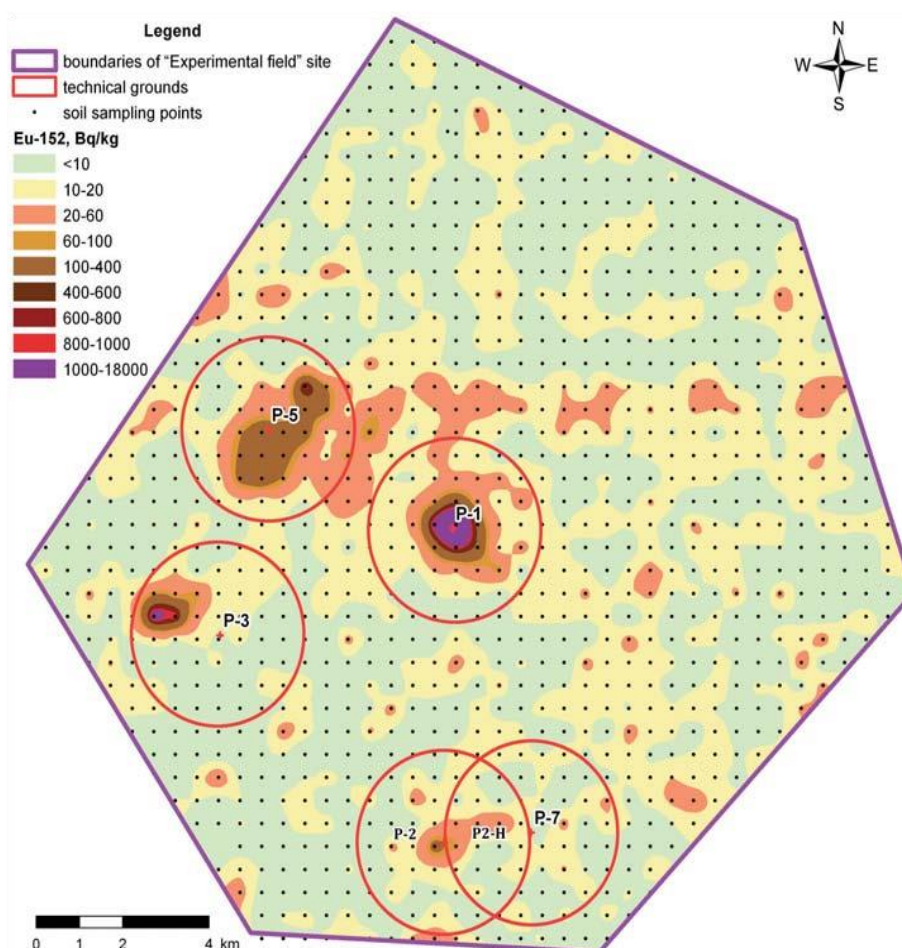


Figure 13. A map of  $^{152}\text{Eu}$  distribution on the territory of "Experimental field"

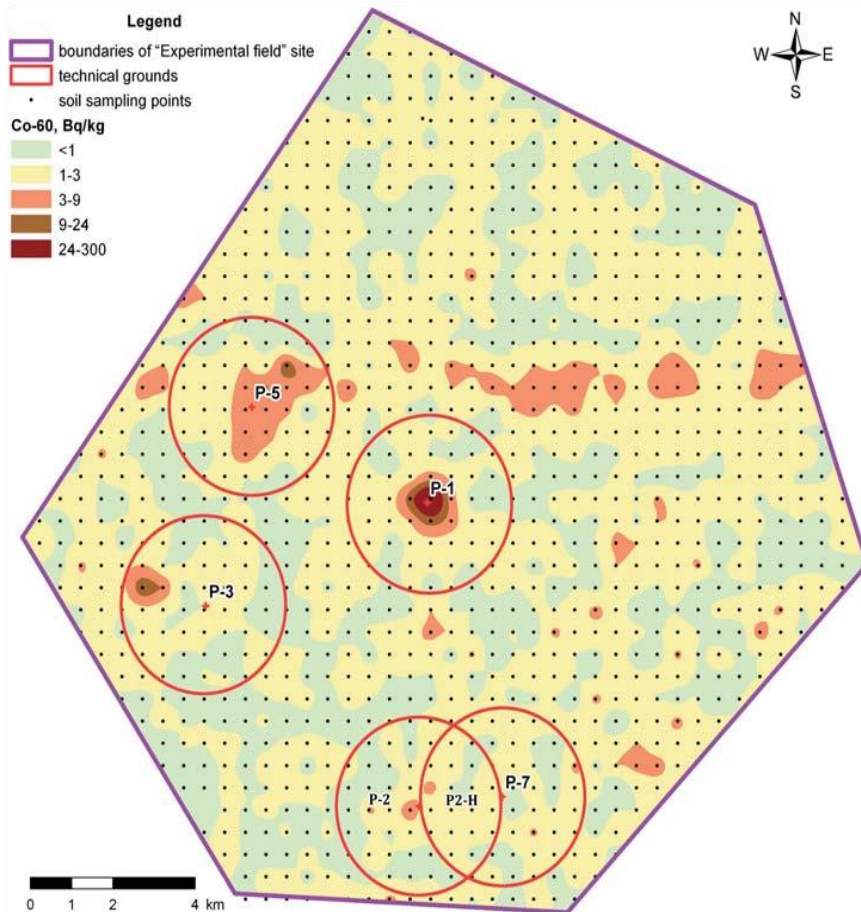


Figure 14. A map of  $^{60}\text{Co}$  distribution on the territory of "Experimental field"

As the distance to the test epicenter decreases, the specific activity of  $^{152}\text{Eu}$  increases from  $<4$  to  $18,000$  Bq/kg,  $^{60}\text{Co}$  specific activity increases from  $<1$  to  $300$  Bq/kg, the ratio  $^{152}\text{Eu}/^{60}\text{Co}$  varies from 25 to 100. The products of neutron activation,  $^{60}\text{Co}$  and  $^{152,154}\text{Eu}$ , are mainly concentrated directly in the epicenters of experiments. However, it should be noted that rather high concentrations of  $^{152}\text{Eu}$  were registered near sites P-5, P-1 and near northwestern boundary of the "Experimental field" site ( figure 13, countered by a dotted line). They could probably appear as a result of displacement of activated soil (when the crater was formed) by shock wave from test epicenters in the direction of air flows. The highest level of contamination was registered on sites P-1, P-5 and P-3, where high-capacity ground and atmospheric tests were made. Insignificant concentrations were detected on areas located to the east from site P-5 in the form of an elongated trace of radioactive fallouts. A low level of contamination was registered on technical site P-2, and no contamination caused by  $^{152}\text{Eu}$  was



detected on site P-7. It may be caused by the usage of a large net whose points did not register epicenter zones of experiments.

The figure ( figure 15) shows a map of  $^{241}\text{Am}$  areal distribution. To construct the map we used all available data for the territory including the results of ISTC.

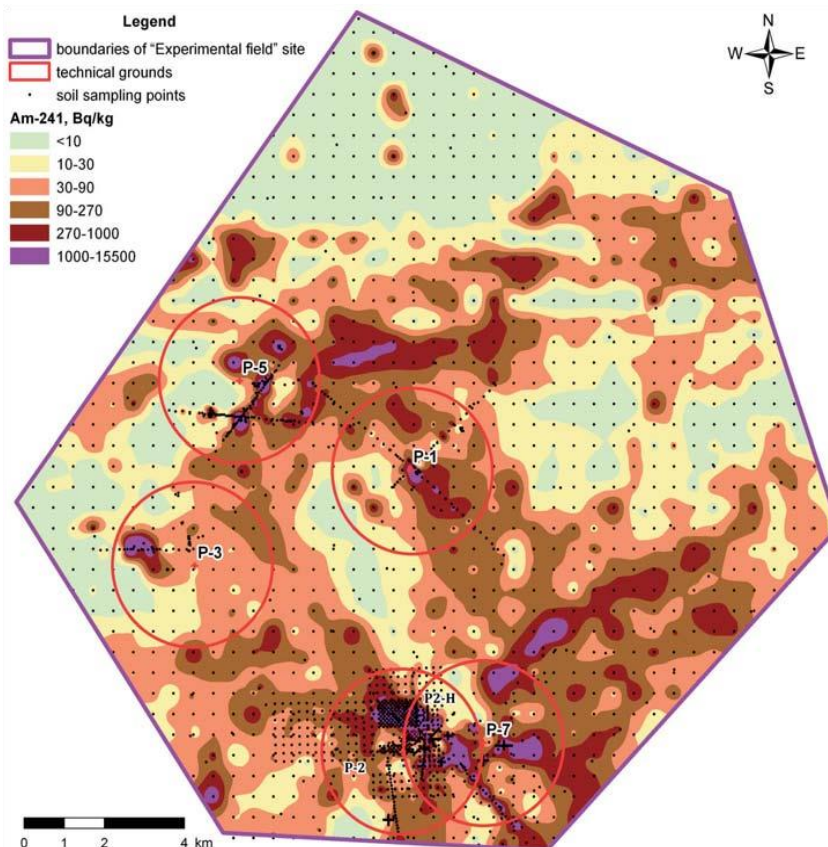


Figure 15. A map of  $^{241}\text{Am}$  areal distribution on the territory of the "Experimental field" site.

The results obtained enable to make a conclusion that, as a whole, the levels and areas of  $^{241}\text{Am}$  contamination have much larger scale than contamination with fission products and activation.  $^{241}\text{Am}$  concentration varies from <0.5 to 15,500 Bq/kg. The map of  $^{241}\text{Am}$  distribution on the territory of the "Experimental field" site is very helpful in terms of detection of radiation-hazardous objects and planning of their further inventory. The level of contamination with fissile materials is very high. This type of contamination dominates on the territory of the "Experimental field" site.

High  $^{241}\text{Am}$  concentration indicates high contamination of the "Experimental field" by the initial component of nuclear charges –  $^{239+240}\text{Pu}$ . In many earlier unexamined areas the  $^{241}\text{Am}$  specific activity was over 100 Bq/kg, which can indicate that the level of specific activity of  $^{239+240}\text{Pu} > 1,000$  Bq/kg (taking into account that the average ratio  $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$  is about 10). It means that newly discovered radiation-hazardous spots have large areas, which may be as high as several tens of square kilometers.

Based on the data of table 4 we estimated areas of the "Experimental field" which refer to zones with different degree of radiation intensity and volumes of radioactive wastes. In calculations the average coefficient of  $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$  ratio was taken equal to 10. The results are presented in table 30 below.

Table 30 – Estimation of contamination rates at the "Experimental field" site for fissile materials

Radionuclide	Specific activity, Bq/kg	RAW area, km <sup>2</sup>	RAW volume, m <sup>3</sup>	Area of ecological disaster, km <sup>2</sup>	Area of emergency ecological situation, km <sup>2</sup>	Area of relatively satisfactory situation, km <sup>2</sup>
$^{239+240}\text{Pu}$ , $^{238}\text{Pu}$	from <5 to 150,500	about 40	$2 \times 10^6$	about 80	about 120	about 100

According to the data presented in the table, only about 1/3 of the "Experimental field" territory can be classified as lands with relatively satisfactory ecological situation. The average wind directions during tests superimposed on the map, to a large extent, correspond to location of spots with maximal level of  $^{241}\text{Am}$  contamination. Radionuclide contamination in the form of 5-6 radiation-contaminated spots spreads beyond the "Experimental field" boundaries. According to the available data one can make a conclusion that priority areas for further investigations are southeastern and southern zones beyond the "Experimental field". As the zones were traces of radioactive fallouts, one can

suppose that in those zones the ratio of artificial radionuclides must be more uniform and they must have better correlation  $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$  than the areas located in immediate vicinity of the explosion epicenters. In planning further investigations aimed at getting an integral picture of radionuclide contamination of the test site it is, therefore, necessary to carry out additional examination at a distance of 3-6 km off its administrative boundaries. In this investigation the main detected radionuclide must be  $^{241}\text{Am}$  and, hence,  $^{239+240}\text{Pu}$ . The four "point" radiation-contaminated spots detected in northern part of the "Experimental field", in the area  $350^\circ \div 5^\circ$ , must be verified as, according to the available literature data, no radioactive fallouts were registered there. It should be noted that in the vicinity of Zhaksytuz lake (southeastern boundary of the "Experimental field", to the right from P-7), where salt for industrial purposes is mined, an elevated  $^{241}\text{Am}$  concentration exceeding 300 Bq/kg was registered.

## REFERENCES

1. Topical Issues in Radioecology of Kazakhstan [Radioecological State of "Northern" Part of the Semipalatinsk Test Site]/ edited by Lukashenko S.N. – iss. 1. – Pavlodar, Publishing house, 2010. – 36-45: ill. - Bibliography: p.224-231. -ISBN 978-601-7112-28-8.
2. Dubassov Yu.V. Model Assessment of Radiation Situation on the Altay Krai Territory/ Dubasov Yu.V. // Bulletin of the Center of Public Information on Atomic Energy: Special Publ. – Moscow: TsNIIAtom in form, 1993. – No. 9. – p. 56.
3. Andryushin I.A. Nuclear Tests in the USSR. Hydronuclear Experiments. Inventory of Plutonium Usage. / Andryushin I.A., Voloshin N.P., Il'kayev R.I. [et al.] // Bulletin of the Center of Public Information on Atomic Energy: Special Publ. – Moscow: TsNIIAtom in form, 1998. – No. 12. – pp. 60-63.
4. Methods of Measurement of Gamma-Background of Territories and Premises: app. by RK Sanitary Epidemiological Service, 1997- 25-08. – p.4.
5. GOST 17.4.3.01-83. Nature Protection. Soils. General Requirements to Soil Sampling. – Intrd. 1984-01-07. //Compilation. Nature Protection. Soils. – M.: Standards Publ. House, 1998. – pp. 29-31.
6. GPS receiver Garmin rino520. Service manual. 7. Development of basic principles and choice of technology for liquidation of surface contamination and methods of limitation of secondary contamination of the Semipalatinsk Test Site territory: nal technical report on ISTC project K-337/manager Sirajet Hajectber. – Almaty: INP NNC RK, 2003. – p. 164.
7. Reference Book on Nuclear Technologies: [trans. from English] / F. Ran, A. Adamantiades, J. Kenton, Ch. Brown edited by V.A. Legasov. – M.: Energoatomizdat, 1989.
8. Dosimeters-radiometers MKS-AT6130, MKS-AT6130A, MKS-AT6130B, service manual.- Atomtekh: Scientic-Production Unitary Enterprise. – p.84.

9. Instructions and technical guidelines on ground-based examination of radiation situation on the contaminated territory: app. by Inter-Branch Commission on Environment Radiation Control at Goskomgydromet, USSR, -M., 1989
10. MI 2143-91 No. 5.06.001.98 Activity of radionuclides in bulk samples. Methods of gamma-spectrometric measurements. Recommendations. State system providing uniformity of measurements. – Intr.1998-06-02. -1991. – p.17.
11. Nuclear tests in the USSR. Semipalatinsk Test Site / edited by Logachev V.A. –Moscow: Publ. AT, 1997.
12. Logachev V.A. Influence of nuclear tests at the Semipalatinsk Test Site on health of local population of Kemerovskaya and Novosibirskaya oblasts // Bulletin of the Center of Public Information on Atomic Energy: Special Publ. – Moscow: TsNIIAtom in form, 1996. – No. 12. – pp. 10-11.
13. Logachev V.A. On radiation impact of nuclear tests at the Semipalatinsk Test Site on the population of Tuva Republic // Bulletin of the Center of Public Information on Atomic Energy: Special Publ. – Moscow: TsNII Atom in form, 1998. – No. 12. – p. 56.
14. Logachev V.A. An analytical survey on the data on impact of nuclear tests at the Semipalatinsk Test Site on health of the population of the Republic of Gorny
15. Altai // Bulletin of the Center of Public Information on Atomic Energy: Special Publ. – Moscow: TsNII Atom in form, 1998. - . 9-10. – p. 39.
16. Saybekov T.S. Atlas. Radiation situation on the territory of the Republic of Kazakhstan in the period from 1954 to 1994. Semipalatinsk oblast. / Saybekov T.S., Abylayev Zh.A. – V. 16. – Almaty: RK Ministry of Ecology and Bioresources, 1997. – p. 400.
17. "On technology of atmospheric tests", <http://www.iss-atom.ru>.
18. <http://www.maps.google.ru>
19. MI 2139-91 No.5.05.008.99. Methodological recommendations.

20. Instruction on operation of gamma-spectrometer Canberra with software Genie 2000.
21. Oatway W. B. Methodology for Estimating The Doses to Member soffit the Public from the Future Useof Land Previously Contaminated with Radioactivity / W. B. Oatwayand F. Mobbs // Report NRPB W36 National Radiological Protection Board Gteit Britanion, 2003.
22. Shoykhet Ya.N. Radiation impact of the Semipalatinsk Test site on Altay Kray. Vestnik of scientic program "Semipalatinsk Test Site – Altai", No.1(9), 1996. Shoykhet Ya.N., Loborev V.M., Kiselev V.I., Lagutin A.A., Sudakov V.C.
23. Scientic practical journal. Vestnik of scientic program "Semipalatinsk Test Site – Altai", No.1, 1994, pp. 11-12.
24. Kiselev V.I. Consequences of radiation impact of nuclear tests on the population of Altai Krai and measures on its social protection. Shoykhet Ya.N., Kolyado I.B., Ziborov A.M. edited by Shoygu S.K.
25. Mikhailov V.N. Nuclear Tests in the USSR. Andryushin I.A., Bogdan V.V., Zelentsov S.A., Il'kayev R.I., Kaurov G.A., Mikhailov V.N., Tsyrvkov G.A., Chernyshov A.K., Moscow, 1997.
26. Report on the ISTC project K-054 for the first year. "Ecological ways of radionuclide migration related to nuclear tests on the Semipalatinsk Test Site", Kurchatov, 1998.
27. Instruction on operation of dosimeter-radiometer Radiagem 2000. Radiation Safety Standards (NRB-99)
28. Materials on the problems of radioecological state of the former STS caused by impact of nuclear tests: nal report. Arzamas–16. Moscow, Saint-Petersburg, 1994.
29. "Nuclear Tests Banned. What's next?" <http://www.nasledie.ru/voenpol/>.
30. "Taming Nuclear Energy", <http://npc.sarov.ru/issues/coretaming/>.