

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки «05.04.06 Экология и природопользование»
Кафедра геоэкологии и геохимии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Оценка радиозэкологической ситуации на территории Карагандинской области в зоне влияния Семипалатинского испытательного ядерного полигона
УДК 577.346:574 (574.31)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Воротило Мария Константиновна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ГЭГХ	Рихванов Леонид Петрович	Д.Г.-М.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭПР	Цибулькинова Маргарита Радиевна	К.Г.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Крепша Нина Владимировна	К. Г.-М. Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ГЭГХ	Язиков Егор Григорьевич	Д. Г.-М. Н.		

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



Институт природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) «05.04.06. Экология и природопользование»
 Кафедра геоэкологии и геохимии

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой ГЭГХ
 Язиков Е.Г. _____
 «__» _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

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

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела
18.01-07.02.16	Изучение влияния Семипалатинского испытательного полигона на компоненты природной среды	...
08.02-28.02.16	Освоение методики выполнения радиохимического выделения изотопов плутония в почве и растительных пробах альфа-спектрометрическим методом	
29.02-04.03.16	Введение	
05.03-20.03.16	Общая и геоэкологическая характеристика Карагандинской области на территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону	
21.03-31.03.16	Методика и методы исследования	
1.04-15.04.16	Динамика пылевого загрязнения снежного покрова в зоне влияния предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности (на примере г. Павлодара и г. Томска)»	
16.04-25.04.2016г	Результаты радиохимического анализа проб почвы и листьев тополя чёрного (<i>Populus nigra</i> L.) и лабораторных анализов проб по определению содержания ртути в почве	
26.04.-20.05.2016г.	Анализ распределения техногенного радионуклида (²³⁹⁺²⁴⁰ Pu) и ртути (Hg) в почве районов Карагандинской области, прилегающих к СИП	
21.05-27.05.16	Заключение	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ГЭГХ	Рихванов Леонид Петрович	Профессор, доктор геол.- минерал. наук		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
зав кафедрой геоэкологии и геохимии	Язиков Е.Г.	Профессор, доктор геол.- минерал. наук		

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



Институт природных ресурсов
Направление подготовки (специальность) «05.04.06. Экология и природопользование»
Уровень образования магистратура
Кафедра геоэкологии и геохимии
Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
гр.2ГМ41	Воротило Марии Константиновне

Тема работы:

Оценка радиозоологической ситуации на территории Карагандинской области, в зоне влияния Семипалатинского испытательного ядерного полигона

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Материалы научно-исследовательской работы, производственной практики
--	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Семипалатинский испытательный полигон и его влияние на компоненты природной среды; 2. Общая и геоэкологическая характеристика Карагандинской области на территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону; 3. Методика и методы анализа; 4. Результаты радиохимического анализа проб почвы и листьев тополя чёрного (<i>Populus nigra</i> L.) и лабораторных анализов проб по определению содержания ртути в почвах; 5. Анализ распределения техногенного радионуклида ($^{239+240}\text{Pu}$) и ртути (Hg) в почве районов Карагандинской области, прилегающих к СИП; 6. Заключение
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Карта-схема расположения точек отбора проб почвы и листьев тополя 2. Графический материал распределения $^{239+240}\text{Pu}$ в почвах и листьях тополя на территории Карагандинской области, прилегающей к СИП 3. Графический материал распределения ртути в почвах
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Цибульникова М.Р., доцент кафедры ЭПР, к.г.н.</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Крепша Н.В., доцент кафедры ЭБЖ, к. г.-м. н.</p>
<p>Английский язык</p>	<p>Межибор А.М., доцент, к. г.-м. н. Матвеев И.А., доцент, к.ф.н.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>На английском – Влияние Семипалатинского испытательного полигона на окружающую среду (Influence of the Semipalatinsk test site on the Environment)</p>	
<p>На русском:</p> <p>Введение</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Семипалатинский испытательный полигон и его влияние на компоненты природной среды; 2. Общая и геоэкологическая характеристика Карагандинской области на территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону; 3. Методика и методы анализа; 4. Результаты радиохимического анализа проб почвы и листьев тополя чёрного (<i>Populus nigra</i> L.) и лабораторных анализов проб по определению содержания ртути в почвах; 5. Анализ распределения техногенного радионуклида ($^{239+240}\text{Pu}$) и ртути (Hg) в почве районов Карагандинской области, прилегающих к СИП; <p>Заключение</p>	
<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ГЭГХ	Рихванов Леонид Петрович	Профессор, доктор геол.- минерал. наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Воротило Мария Константиновна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

при проведении оценки радиоэкологической ситуации на территории Карагандинской области в зоне влияния Семипалатинского испытательного ядерного полигона

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ41	Воротило Мария Константиновна

Институт	природных ресурсов	Кафедра	геоэкологии и геохимии
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Экология и природопользование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (рабочая зона)	<p>Полевой этап. <i>Отбор проб почв и листьев тополя чёрного (<i>Populus nigra L.</i>). Открытая местность на территории Карагандинской области, в местах прилегания к Семипалатинскому испытательному полигону.</i></p> <p>Лабораторный этап. <i>(Радиохимическое выделение изотопов плутония в почве и листьях; пробоподготовка; альфа-спектрометрия)</i> Исследовательская лаборатория (закрытое помещение) изотопного анализа и альфа-спектрометром (МИНОЦ «Урановая геология» НИ ТПУ, кафедра геоэкологии и геохимии НИ ТПУ).</p> <p>Камеральный этап. <i>Обработка результатов анализа на альфа-спектрометре; расчет показателей, оформление итоговых таблиц, диаграмм, графиков с помощью ЭВМ.</i> Кабинет с электронно-вычислительными машинами (на кафедре геоэкологии и геохимии НИ ТПУ)</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность	1. Отклонение параметров климата на открытом воздухе.
1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:	2. Отклонение параметров микроклимата в помещении.
	3. Недостаточная освещенность рабочей зоны.
	4. Степень нервно-эмоционального напряжения.
	5. Повышенный уровень шума
1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности	1. Механические травмы при пересечении местности.
	2. Поражение электрическим током;
	3. Пожароопасность.
2. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	ЧС: Авария на радиационно-опасном объекте
3. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Крепша Н.В.	К. Г. -М. Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Воротило М.К.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ41	Воротило Мария Константиновна

Институт	природных ресурсов	Кафедра	геоэкологии и геохимии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Экология и природопользование

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Определение и анализ трудовых и денежных затрат, направленных на реализацию исследования на основании Сборника сметных норм на геолого-разведочные работы, выпуск 2, выпуск 7 и инструкции по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы, утвержденный 22.11.1993 Комитетом РФ по геологии и использованию недр</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии со Сборником сметных норм, выпуск 2, выпуск 7</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений</i>	<i>Отчисления по страховым выплатам в соответствии с Налоговым кодексом РФ (НК РФ-15) от 16.06.98, а также Трудовым кодексом РФ от 21.12.2011г</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Планирование научных исследований</i>	<i>Структура работ в рамках научного исследования Определение трудоемкости выполнения работ</i>
<i>Формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Нормы расхода материалов Расчет основной и дополнительной заработной платы исполнителей Общий расчет сметной стоимости работ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭПР	Цибулькинова М.Р.	к.г.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Воротило М.К.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа включает 125 страниц, 30 рисунков, 27 таблиц, 93 источника, 3 приложения

Ключевые слова: Семипалатинский испытательный полигон, Карагандинская область, плутоний, ртуть, почва, тополь чёрный, альфа-спектрометрия

Объектом исследования являются территория части Карагандинской области, в зоне влияния Семипалатинского испытательного полигона(СИП), а также п.Егиндыбулак, п.Айнабулак, п.Мыржык

Цель работы – оценить влияние СИП на компоненты природной среды территории Карагандинской области, через изучение уровней накопления изотопов плутония-239, 240 в почве и листьях тополя чёрного (*Populus nigra* L.)

В процессе исследования проводились: отбор проб почвы и листьев тополя чёрного в зоне влияния Семипалатинского испытательного полигона, радиохимический анализ проб почвы и листьев тополя на выделение изотопов плутония альфа-спектрометрическим методом, анализ материала методом ИНАА, атомно-абсорбционный анализ на определение ртути в почве, статистическая обработка полученных результатов

В результате исследования определена удельная активность изотопов плутония-239,240 в почве и листьях тополя, содержание ртути в почве, оценена радиэкологическая обстановка на территории п.Егиндыбулак, п.Айнабулак, п.Мыржык на территории Карагандинской области, в пределах СИП

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: нет

Степень внедрения: доклады на 2-х международных и 2-х всероссийских научных студенческих и молодежных конференциях (г.Томск, Санкт-Петербург). Общее количество научных публикаций 4

Область применения: результаты работы могут быть использованы в экологических службах Департаментом экологии по Карагандинской области для мониторинга радиэкологической ситуации на территории п.Егиндыбулак, п.Айнабулак, п.Мыржык

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

В будущем планируется продолжить изучение уровней накопления плутония во всех природных средах на территории вблизи Семипалатинского испытательного полигона

Содержание

Введение	13
1. Семипалатинский испытательный полигон и его влияние на компоненты природной среды	18
1.1 Влияние Семипалатинского испытательного полигона на территорию Карагандинской области	24
2. Общая и геоэкологическая характеристика Карагандинской области на территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону	32
2.1 Физико-географическая характеристика Семипалатинского испытательного полигона и Карагандинской области	32
2.2 Геоэкологическая характеристика Карагандинской области, в местах прилегания к СИП	36
3. Методика и методы анализа	41
3.1 Исходный материал и методика пробоотбора	41
3.2 Пробоподготовка и методы лабораторных исследований	46
3.2.1 Радиохимическое выделение изотопов плутония ($^{239+240}$, 238) альфа-спектрометрическим методом	46
3.2.1.1 Методика расчёта и обработки результатов измерений изотопов Pu	52
3.2.2 Атомно-абсорбционная спектрометрия	55
3.2.3 Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА)	57
4. Результаты лабораторных анализов	59
4.1 Результаты радиохимического анализа проб почвы и листьев тополя чёрного (<i>Populus nigra</i> L.)	59
4.2 Результаты лабораторных анализов проб по определению содержания ртути в почвах	62

5	Анализ полученных результатов	65
5.1	Анализ распределения техногенного радионуклида ($^{239+240}\text{Pu}$) и ртути (Hg) в почве районов Карагандинской области, прилегающих к СИП	65
6.	Социальная ответственность при оценке радиоэкологического состояния территории Карагандинской области, прилегающей к СИП.....	68
6.1	Анализ вредных факторов и мероприятия по их устранению.....	69
6.2	Анализ опасных факторов и мероприятия по их устранению.....	79
6.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	83
6.4	Законодательное регулирование проектных решений.....	85
7	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	87
7.1	Планирование, организация и менеджмент при проведении работ	87
7.2	Бюджет научного исследования	90
7.3	Расчет затрат времени и труда по видам работ.....	91
7.4	Расчет производительности труда, расчет продолжительности выполнения всего объема проектируемых работ	93
7.5	Нормы расходов материалов.....	94
7.6	Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ (СМ 1).....	95
7.7	Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ.....	97
	Заключение.....	99
	Список использованной литературы:.....	102
	Приложение А.....	111
	Приложение Б	112
	Приложение В.....	113

Введение

Актуальность. Проблемы освоения планеты – получение сырьевых ресурсов, развитие энергетики и, наконец, военные действия – обусловили поступление в биосферу огромного количества техногенных радионуклидов и химических элементов [1]. Загрязнение окружающей среды радиоактивными веществами является одной из основных экологических проблем [39].

Техногенез приводит к изменениям верхних слоёв литосферы, оказывает значительное влияние на подвижность химических элементов и их распределение в окружающей человека среде. Многие советские и российские учёные занимались разработками в таких областях, как экологическая геохимия (Ковальский В.В.), биогеохимия (Вернадский В.И., Виноградов А.П., Добровольский В.В., Докучаев В.В. и др), техногенная геохимия окружающей среды (Саэт Ю.Е., Перельман А.И., Ферсман А.Е. и др.) и других.

Настолько сильно человек меняет окружающую среду, что живые организмы не успевают приспосабливаться к новым условиям существования. Не принимая серьезных мер по предотвращению загрязнения и восстановлению баланса, грозит разрушение всей биосферы нашей Земли.

В результате многолетних испытаний ядерного оружия, проводившихся на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП), в атмосферу было выброшено огромное количество радиоактивных веществ. Практически все наземные взрывы, произведенные в СССР, были осуществлены на территории СИП. Мощность наземных взрывов составила примерно 0,6 Мт [89].

Наземные взрывы сформировали на местности радиоактивное загрязнение в виде длинных полос, так называемых «радиоактивных следов». Пространственное распределение радиоактивности определялось скоростью и направлением ветра, а также атмосферными осадками, которые способствовали ускоренному выпадению радиоактивных частиц на местность [1].

Деятельность СИП стала причиной радиоактивного загрязнения территорий, находящихся вблизи и далеко за пределами полигона [45]. Некоторые ядерные испытания оказали воздействие на территорию Карагандинской области. Было зафиксировано прохождение радиоактивных облаков от 73 взрывов [45].

Основным реальным источником радиоактивного загрязнения почвенно-растительного комплекса являются глобальные радиоактивные выпадения из атмосферы долгоживущих радионуклидов при ядерных испытаниях, а также воздушные выбросы техногенных радионуклидов, связанные с работой предприятий ядерного топливного цикла [58]. В результате ядерных взрывов в окружающую среду поступило значительное количество долгоживущих радионуклидов, в том числе плутония-239,240 и плутония-238 [77].

Результаты исследований, приведенных в последние годы, показали, что радиационная обстановка не является стабильной. Происходит постоянное перераспределение радиоактивных веществ, что обусловлено многими факторами. Сильные ветры, степные пожары, а также несанкционированная деятельность на загрязненной территории способствуют формированию процесса дефляции, т.е. подъему радиоактивных частиц с подстилающей поверхности, «горячих» частиц (<50 мкм), имеющих чрезвычайно высокую активность и представляющих наибольшую опасность для здоровья, т.к. они содержат радиоактивный плутоний [11].

Более 99% плутония, поступившего в окружающую среду, депонируется в поверхностных слоях почвы и в донных отложениях [77].

Поэтому в настоящее время являются весьма актуальными мониторинговые исследования по оценке радиэкологической ситуации на территории Карагандинской области, в местах прилегания к СИП, так как радиационная обстановка здесь представляет реальную угрозу переоблучения населения, ведущего хозяйственную деятельность в данном регионе.

Почвенный покров является идеальной депонирующей средой [10]. Почва представляет собой плодородный поверхностный слой земной коры, несущий на себе растительный покров, является наиболее ёмким и самым инерционным

звеном, вследствие чего от скорости миграции радионуклидов в почве во многом зависит скорость их распространения по всей цепочке [58]. Изучение содержания и распределения активности радионуклидов в природных компонентах вблизи территории СИП есть необходимый аспект исследований.

Цель работы: оценить влияние СИП на компоненты природной среды территории Карагандинской области, через изучение уровней накопления изотопов плутония-239, 240 в почвах и листьях тополя чёрного (*Populus nigra* L.).

В задачи исследования входило:

1. Проведение литературного обзора о влиянии Семипалатинского испытательного полигона на компоненты природной среды;
2. Определение уровня содержания и характера распределения активности изотопов плутония-239,240 в почве и листьях тополя чёрного (*Populus nigra* L.) на основе применения альфа-спектрометрического анализа с радиохимическим выделением изотопов плутония-239,240;
3. Определение уровня содержания и характера распределения ртути в почвах районов Карагандинской области, прилегающих к СИП;
4. Выявление закономерностей изменения накопления элементов в природных компонентах;
5. Определение последствий влияния ядерных испытаний СИП на население, проживающее в данном регионе.

Объектом исследования стала территория части Карагандинской области, в зоне влияния Семипалатинского испытательного полигона, а также п.Егиндыбулак, п.Айнабулак, п.Мыржык.

Предметом исследования являются почвенный покров и листья тополя чёрного (*Populus nigra* L.).

В основу магистерской работы положены результаты исследований, выполненные лично автором в период 2015 гг. на территории Карагандинской области, в зоне прилегания к СИП. Автор проводила отбор и подготовку, изучение состава 12 проб почвы и 9 проб листьев тополя чёрного (*Populus nigra*

L.) в п.Егиндыбулак, п.Айнабулак, п.Мыржык, на территории Карагандинской области, в пределах СИП.

Методы исследования. При выполнении данной работы использовалась методика литогеохимической и биогеохимической съемки. Альфа-спектрометрический анализ с радиохимическим выделением изотопов плутония-239,240 проводился автором в лаборатории изотопного анализа Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ с применением альфа-спектрометра (ORTEC).

Содержание 28 химических элементов в пробах почвы и листьев тополя определяли инструментальным нейтронно-активационным анализом (ИНАА) в аттестованной ядерно-геохимической лаборатории Международного инновационного научно-образовательного центра «Урановая геология» кафедры геоэкологии и геохимии ТПУ.

В пробах почвы автором определялось содержание ртути методом беспламенной атомной абсорбции на приборе «РА-915+» с пиролитической приставкой «ПИРО-915» с использованием пакета программ RA915P (при консультации ассистента доцента каф. ГЭГХ Осиповой Н.А., Ляпиной Е.Е.).

Научная новизна работы. Впервые оценено влияние СИП на компоненты природной среды районов Карагандинской области (п.Егиндыбулак, п.Айнабулак, п.Мыржык) через изучение уровней накопления изотопов плутония-239, 240 в листьях тополя чёрного (*Populus nigra* L.) и почвах.

Определен уровень накопления токсичного элемента ртути в почвах районов Карагандинской области, прилегающих к СИП.

Практическая значимость работы. Проведенные исследования позволили выявить особенности накопления изотопов плутония-239,240 в почве и листьях тополя, а также ртути в почве, на территории районов Карагандинской области, находящихся в зоне влияния СИП. Данные могут быть использованы природоохранными органами для мониторинга радиоэкологической ситуации на территории п.Егиндыбулак, п.Айнабулак, п.Мыржык, а также принятия мер по ее

улучшению. Результаты могут быть использованы в учебном процессе при проведении занятий для студентов экологических специальностей.

Апробация работы. Основные результаты работы, полученные автором, опубликованы в 4 статьях и тезисах докладов. Докладывались на 2-х Международных, и 2-х Всероссийских научных студенческих и молодежных конференциях: Международных научных симпозиумах студентов, аспирантов и молодых ученых им. академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (г.Томск, 2015, 2016 гг.); VIII Всероссийской научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина (г.Томск, 2015 г.); XV Всероссийской молодежной конференции Института наук о Земле СПбГУ «Современные исследования в геологии» (г.Санкт-Петербург, 2016 г). Автор была награждена 2 дипломами за лучший доклад на этих конференциях.

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

Выражается благодарность аспирантам кафедры ГЭГХ А.С.Торопову и Г.М.Есильканову за помощь в проведении исследований по определению изотопов плутония, за консультации во время выполнения работы.

Автор выражает благодарность доценту каф. ГЭГХ Осиповой Н.А., старшему преподавателю Ляпиной Е.Е. за консультации во время проведения измерений ртути в пробах. Также выражается благодарность за проведение анализа проб инструментальным нейтронно-активационным анализом аналитикам лаборатории А.Ф. Судыко и Л.В. Богутской.

Автор выражает благодарность заведующему кафедрой ГЭГХ ТПУ, доктору геолого-минералогических наук Е.Г.Языкову за комментарии во время представления данных работы на конференциях.

1. Семипалатинский испытательный полигон и его влияние на компоненты природной среды

Семипалатинский испытательный полигон расположен на северо-востоке Республики Казахстан на территории трех областей: Восточно-Казахстанской, Павлодарской и Карагандинской. Он являлся основным местом проведения испытаний ядерного оружия и ядерных устройств в бывшем Советском Союзе. В период с 1949 по 1989 годы здесь было проведено 456 испытаний ядерных устройств [16].

Многие территории в непосредственной близости от Семипалатинского испытательного ядерного полигона подверглись выпадению радиоактивных осадков, отдельные области длительное время находились на пути радиоактивных следов – ветровых выносов с полигона в периоды ядерных испытаний.

Многолетние испытания ядерного оружия привели к необратимым процессам в окружающей среде, связанным с нарушением природного равновесия растительного и животного мира и нанёсшим значительный ущерб здоровью населения. В результате проведения ядерных испытаний в атмосферу было выброшено огромное количество радиоактивных веществ, которые частично осели на территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП). Другая часть распространилась далеко за пределы мест испытаний вследствие атмосферного переноса. В дальнейшем процесс выпадения радиоактивных веществ из атмосферы привел к глобальному загрязнению земной поверхности [52].

По оценке радиологических последствий радиоактивного загрязнения территории Семипалатинского испытательного полигона известна работа Семиошкиной Н.А. [68]. Также работа Соломатина В.М. посвящена оценке радиозоологических рисков для населения и биоты на территории Семипалатинского испытательного полигона [69], работа Кайрамбаева С.К. посвящена изучению миграции радионуклидов в системе «почва – растение» на территории СИП [38], работа соавторов Паницкого А. В., Лукашенко С. Н.,

Магашевой Р. Ю. в которой рассмотрены особенности вертикального распределения радионуклидов в почвах бывшего Семипалатинского испытательного полигона на участках с различным характером радионуклидного загрязнения [54].

Результаты исследований загрязнения как территории СИП, так и прилегающих регионов альфа-активными изотопами, в том числе плутонием, весьма скудны. Имеются сведения по нескольким сотням точек, определённые при анализе проб почвы и воды на отдельных участках полигона.

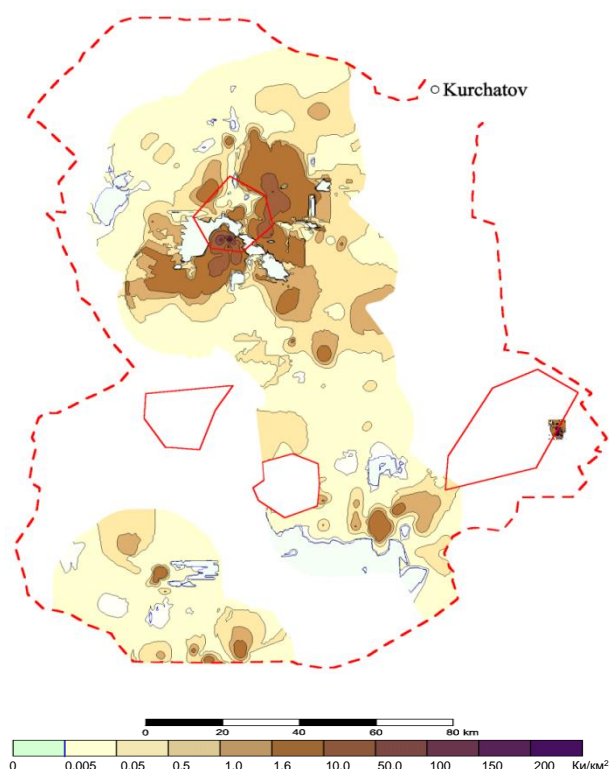


Рисунок 1 – Площадное загрязнение почв СИП $^{239,240}\text{Pu}$, Ки/км² [69]

Всего за период с 1949 г. по 1990 г. на Семипалатинском полигоне было проведено 467 ядерных испытаний [36].

Практика радиационных исследований показала, что при формировании радиационной обстановки на момент проведения испытания определяющим фактором является доленое участие образовавшихся радиоактивных веществ в глобальном или локальном (100-150 км) загрязнении.

Поэтому испытания ядерного оружия на Семипалатинском полигоне можно разделить на 2 этапа:

- 1 этап – проведение ядерных взрывов в атмосфере в период 1949-1962 гг.;
- 2 этап – проведение подземных ядерных взрывов в период 1961-1989 гг.

Выход радиоактивных продуктов в биосферу в ходе проведения ядерных испытаний колеблется в широких пределах: до 100 % от атмосферных ядерных взрывов и до долей процента от подземных ядерных испытаний [14, 45, 69].

Наземные взрывы формируют радиоактивное загрязнение местности в виде длинных полос, так называемых «радиоактивных следов». Проведение наземных взрывов привело к загрязнению местности в результате радиоактивных выпадений. Степень загрязнения определяется характером (интенсивностью) источника радиоактивности (мощностью взрыва). Пространственное распределение продуктов взрыва и время их появления на местности определяются метеорологическими условиями – скоростью и направлением ветра, а рассеяние: состоянием атмосферы (стратификации, турбулентности, атмосферными осадками и т.п.).

С точки зрения радиационных последствий ядерные взрывы можно сгруппировать следующим образом [13]:

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

Таким образом, радиационная обстановка на территории полигона сложилась в период проведения атмосферных испытаний, т.е. с 1949 по 1962 гг.

Наземные испытания, проводимые в период с 29 августа 1949 года по 24 декабря 1962 года, по степени осуществления защитных мероприятий и изучения радиоактивного загрязнения объектов внешней среды и полученных населением доз, условно можно разделить на три периода [88].

Первый период (1949-51 гг.) характеризуется тем, что обеспечение радиационной безопасности населения практически не осуществлялось. Для оценки реальной радиационной обстановки за пределами полигона проводилась радиационная разведка с использованием воздушных и наземных средств передвижения.

В 1952 году ядерные испытания не проводились, обобщались данные радиационной разведки и разрабатывались методики прогнозирования радиационной обстановки на следах ядерных взрывов в ближайшей и дальней зонах, а также способы расчета доз внешнего и внутреннего облучения населения.

В период с 1953 по 1958 гг., независимо от прогнозируемых величин суммарных доз облучения и уровней радиации на местности, после каждого испытания производились воздушная радиационная разведка следа облака взрыва и измерение уровней радиации в населенных пунктах постами при представителях военного командования.

Кроме того, в необходимых случаях производилась наземная разведка с целью уточнения уровней радиации в населенных пунктах, попавших под след облака, и радиометрическое обследование грунтов, воды, продовольствия и т.п. [88].

Результаты радиационной разведки, проведенной с использованием наземных и воздушных средств сотрудниками полигона и Института прикладной геофизики Академии наук СССР в конце 1956 года, представлены на рисунке 1.

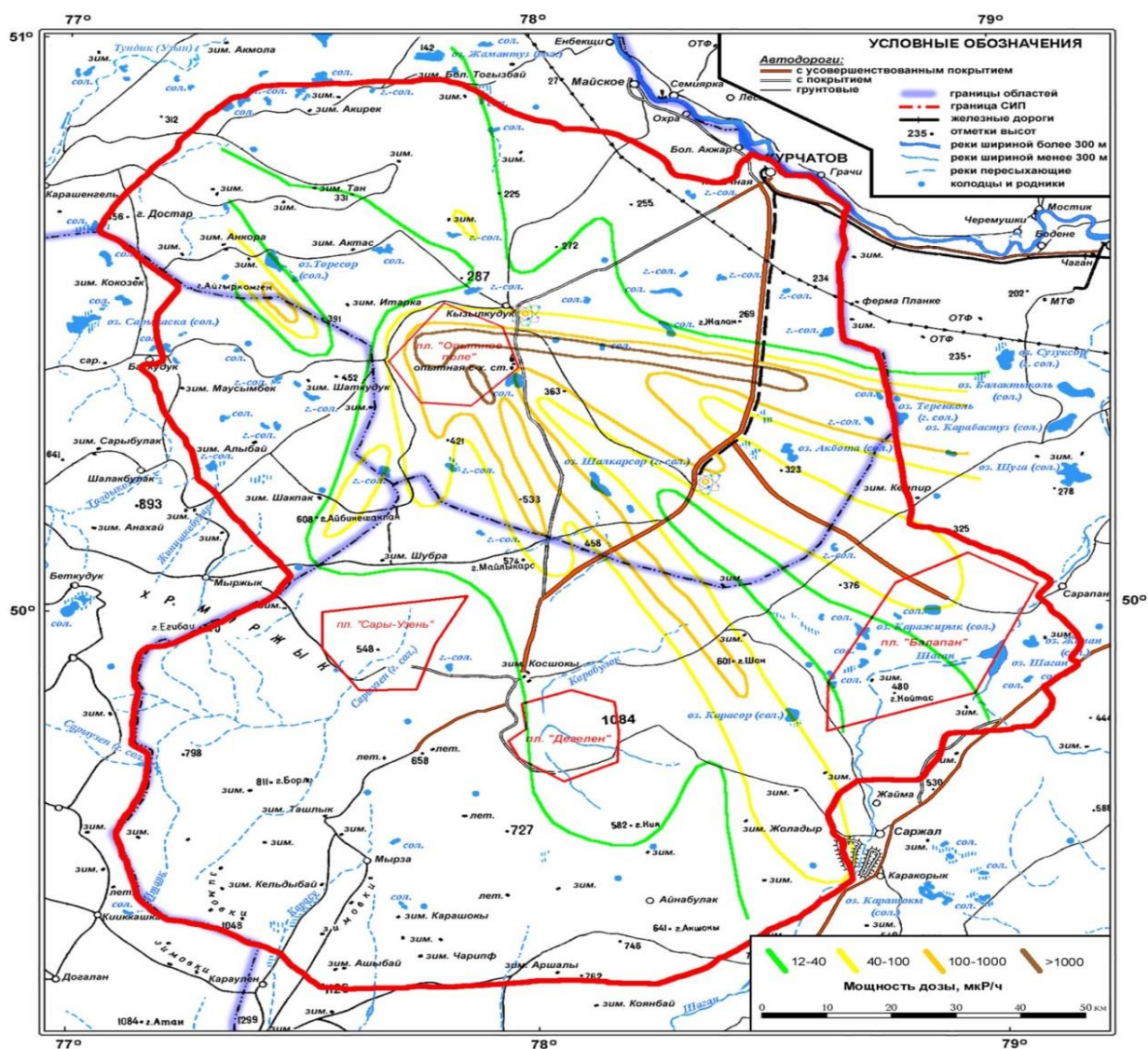


Рисунок 2 – Мощность дозы гамма-излучения на территории Семипалатинского испытательного полигона по результатам съёмки, проводившейся в декабре 1956 г. [88]

Первые повсеместные дозиметрические измерения и наблюдения с целью определения условий проживания личного состава и населения на территории полигона также были проведены в 1956 году. Обследования выявили факты прохождения радиоактивных облаков ядерных взрывов над территориями, где размещались жилые городки и гарнизоны полигона. Так, теперешний город Курчатов до 1954 года не подвергался воздействию от проводимых испытаний. В течение последующих 4 лет повышение гамма-фона наблюдалось 7 раз. Общая доза излучения на местности в результате всех семи выпадений радиоактивных веществ составила 0,3 рентгена [88].

Результаты экспедиционных исследований Академии наук Казахской ССР, проведенные в 1957-1959 годах под руководством ныне члена-корреспондента НАН РК Б.А.Атчабарова, показали наличие повышенного радиоактивного загрязнения территорий, прилегающих к Семипалатинскому полигону, и возникновение патологий у людей и сельскохозяйственных животных [25]. Так, к примеру, на территории Карагандинской области содержание радиоактивных веществ в наземной части растительности достигала $4,3 \cdot 10^{-8}$ Ки/кг [44], что в 15-20 раз превышает допустимые уровни содержания радионуклидов в объектах контроля (сено, сенаж, солома) Минсельхоза РК, утвержденные в 1994 году.

После вступления в силу Международного договора о запрещении ядерных испытаний в трех средах (в космосе, воздухе и воде), подписанного 10 октября 1963г. в г. Москва между СССР, США и Великобританией, на полигоне стали проводиться только подземные взрывы [88].

На рисунке 3 представлены оси основных дозообразующих следов радиоактивных выпадений за границы территории СИП.

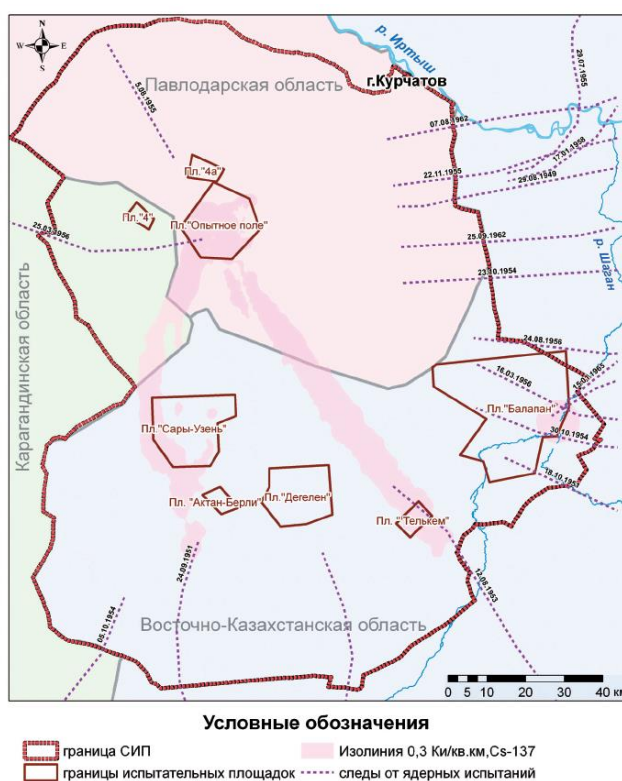
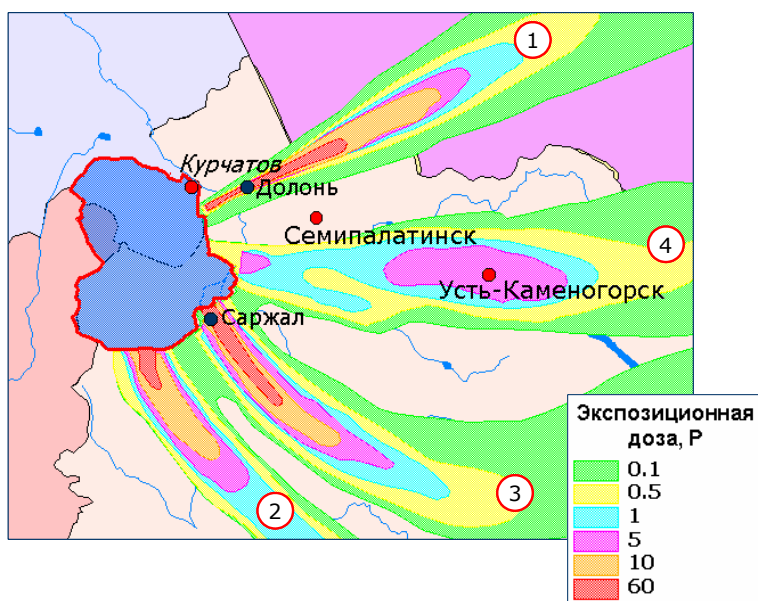


Рисунок 3 – Оси основных дозообразующих следов радиоактивных выпадений [56]

Рассматривая вклад радиоактивных веществ в локальные загрязнения объектов внешней среды, следует сказать, что наземные и экскавационные взрывы внесли больший вклад в локальное загрязнение по сравнению с высотными ядерными взрывами. При высотных воздушных взрывах, приземный пылевой столб, образующийся в эпицентральной зоне, не соединялся с облаком взрыва, поэтому радиоактивное загрязнение, как правило, было незначительным. Исходя из вышеуказанного, можно констатировать, что современное поверхностное загрязнение территории Семипалатинского полигона в основном связано с первыми наземными ядерными взрывами [56].

Загрязнение прилегающих к полигону территорий целиком обусловлено радиоактивными выпадениями при проведении наземных и воздушных ядерных испытаний до 1963 г. [34]. На рисунке 4 показаны направления распространения основных дозообразующих следов от наземных и воздушных ядерных испытаний [15].



Наземные взрывы:

1. 29 августа 1949 г. - 22 кт
2. 24 сентября 1951 г. - 38 кт

Наземный термоядерный взрыв:

3. 12 августа 1953 г. - 400 кт

Наземный взрыв:

4. 24 август 1956 - 27 кт

Рисунок 4 – Следы радиоактивных выпадений [15]

1.1 Влияние Семипалатинского испытательного полигона на территорию Карагандинской области

Из анализа литературных данных о ранее проведенных исследованиях, встречается малое количество работ об исследованиях территории Карагандинской области в зоне влияния СИП, на содержание радиоактивных элементов, в частности изотопов плутония-239,240.

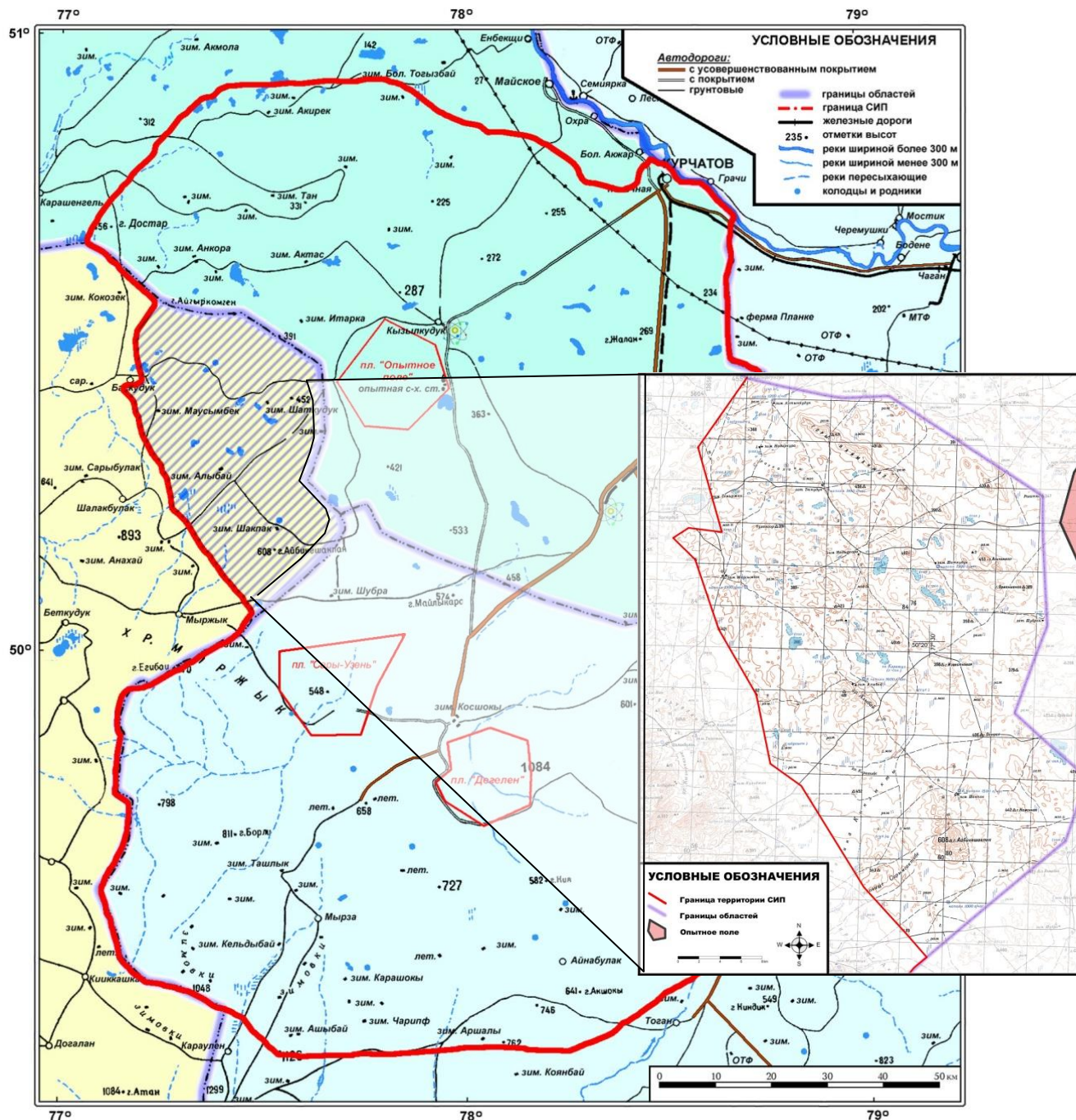


Рисунок 5 – Территория Карагандинской области в пределах СИП

Встречается работа соавторов Осинцева А.Ю., Стрильчук Ю.Г., Митяева А.В. о проведении в 2002 году радиоэкологических исследований на

территории Карагандинской области в пределах СИП [52], также работа Ахметова М.А., Птицкой Л.Д., Стрельчук Ю.Г., Осинцева А.Ю. о проведении оценки радионуклидного загрязнения территории Актогайского района Карагандинской области [6].

В работе Бахур А.Е, Дубинчук В.Т. [8] и других соавторов представлены результаты радиэкологического исследования районов СИП, проводимых в 1994 году АО «Волковгеология», данные исследования включали наряду с поверхностными измерениями спектра гамма-излучающих радионуклидов (^{137}Cs , ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th) оценку уровня активности ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{90}Sr до глубины 20 см [8].

Результаты исследований, проводимых ОАО «Волковгеология» в 2008г. также указывают на признаки радиационного воздействия на Карагандинскую область, о чем свидетельствуют карты суммарной альфа-активности и удельной активности ^{137}Cs в донных осадках (см. приложения А, Б).

С целью изучения влияния ядерных испытаний на территорию Карагандинской области в 1995 году была разработана программа работ по радиэкологическому обследованию (АО «Центр-геолсъёмка», ТОО «Экоэксперт») и продолжилась в 2001-2002 гг. (ИРБЭ НЯЦ РК) [1] (рисунок 4).

На большинстве обследованной территории (88-95%) распределение техногенных радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr находится на уровне фона глобальных выпадений. На рисунках 6 и 7 представлены изолинии фона глобальных выпадений и изолинии расчётных величин загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr [1].

На картах видно, что загрязнение и ^{137}Cs , и ^{90}Sr совпадает со следом радиоактивных выпадений от ядерного испытания, проведённого в 1951 году. Также присутствуют локальные участки загрязнения, которые могли быть образованы в результате проведения испытаний БРВ, либо выпадениями от других атмосферных ядерных испытаний. [1].

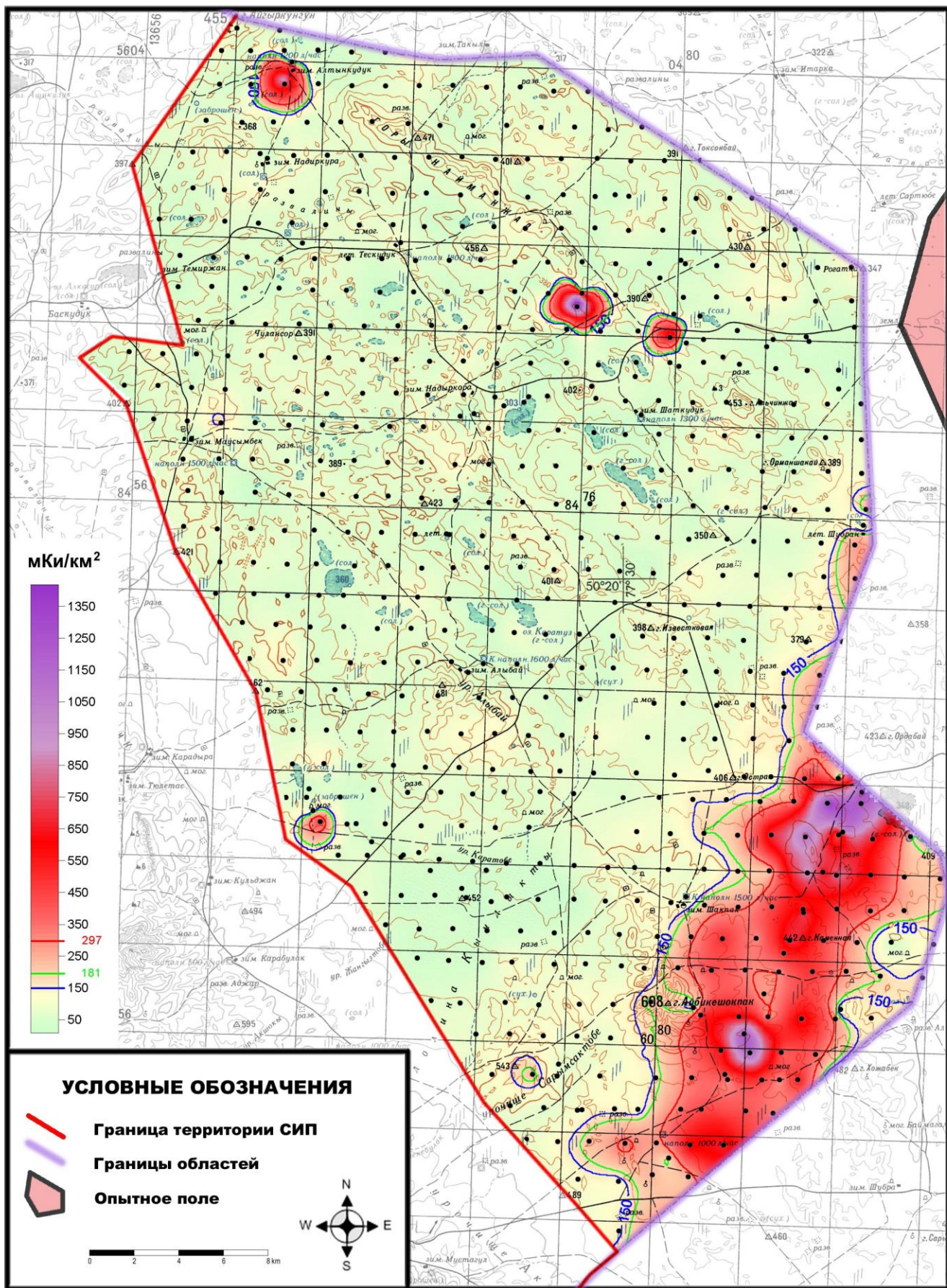


Рисунок 6 – Загрязнение обследованной территории радионуклидом ¹³⁷Cs [1]

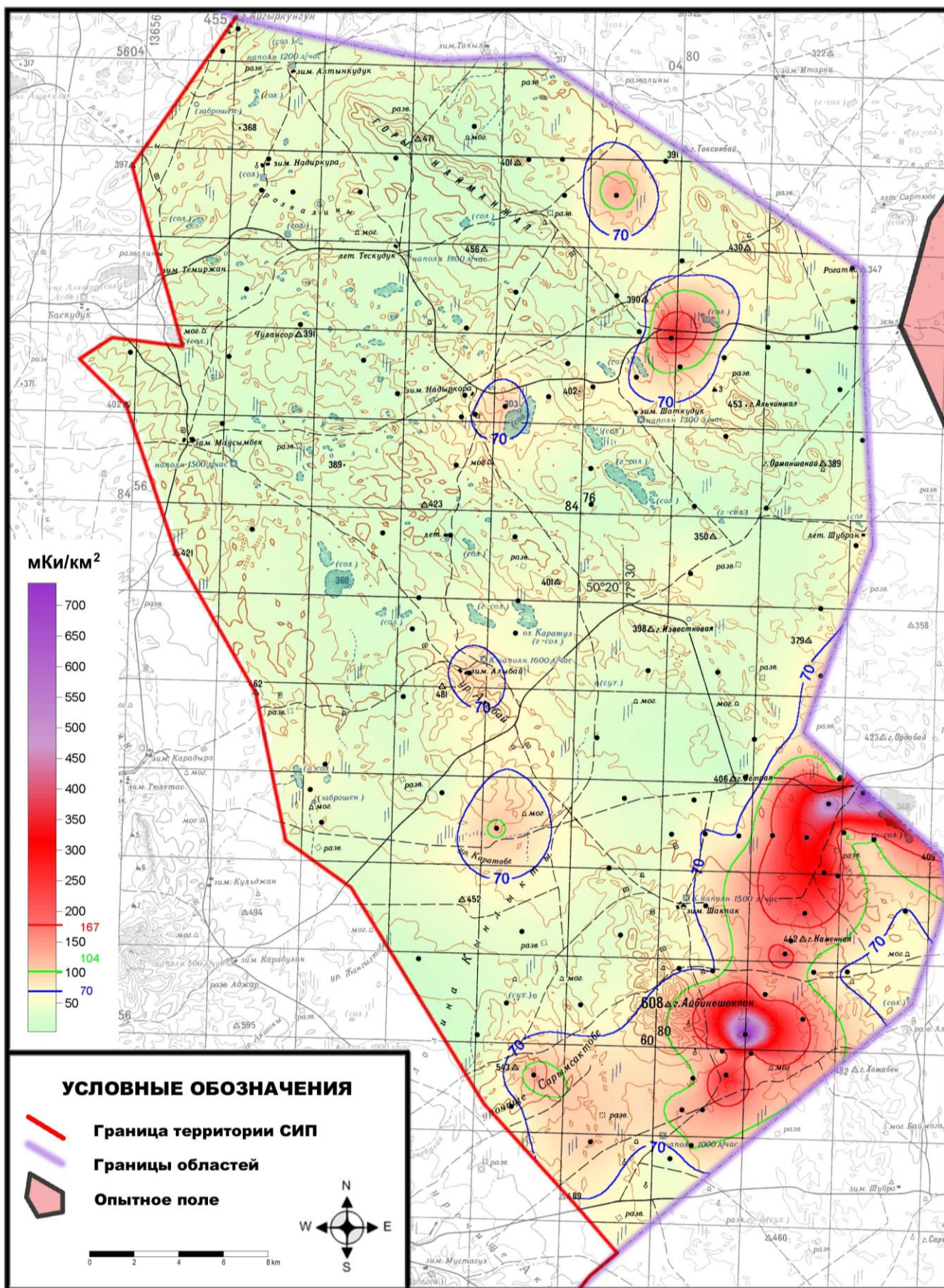


Рисунок 7 – Загрязнение обследованной территории радионуклидом ^{90}Sr [1]

Полученные результаты содержания $^{239/240}\text{Pu}$ в большинстве проб (89%) превышают фон глобальных выпадений, а в 13 % пробы можно классифицировать как твердые радиоактивные отходы (рисунок 8) [1].

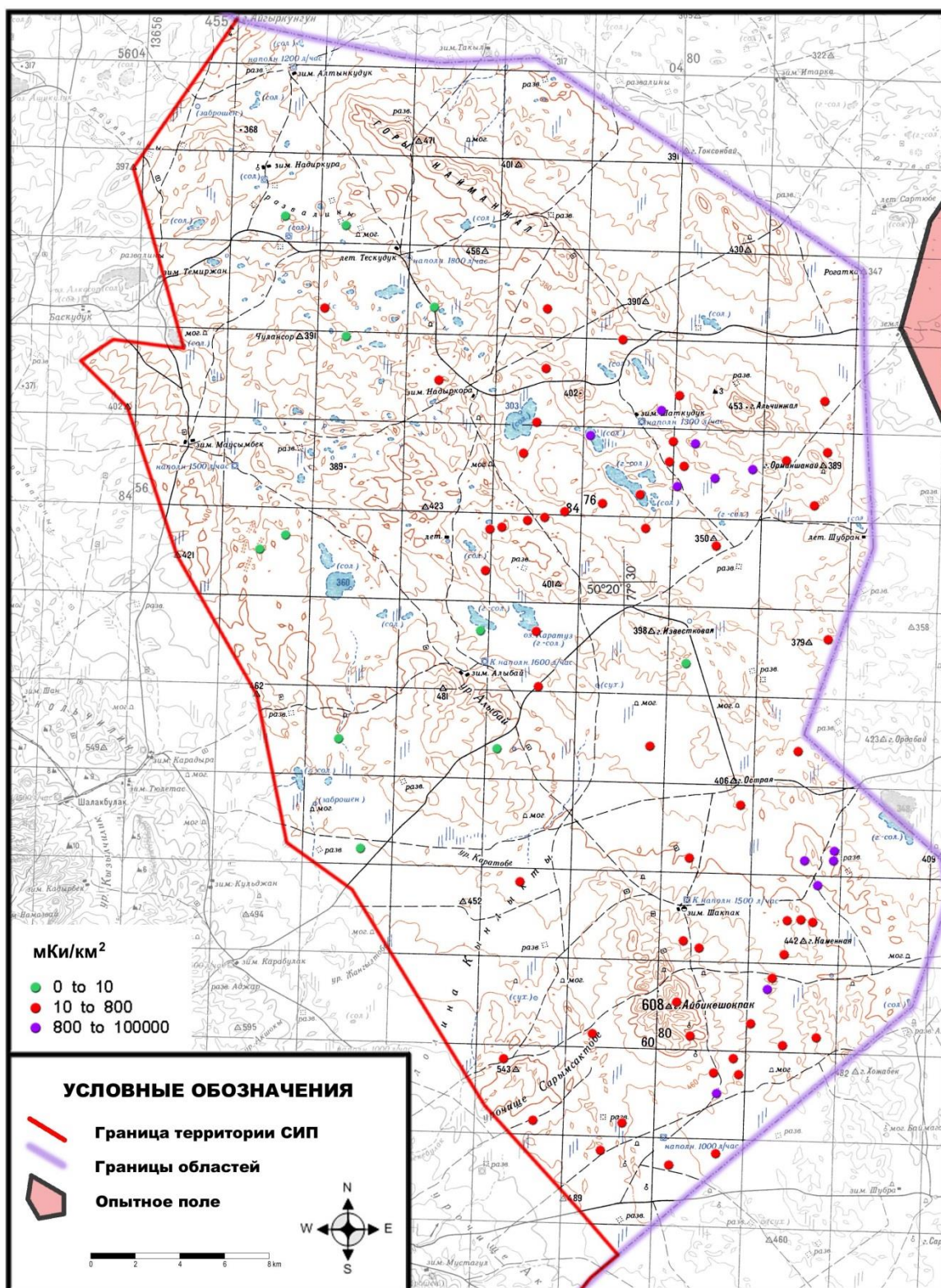


Рисунок 8 – Загрязнение обследованной территории $^{239/240}\text{Pu}$ [1]

Расположение бывшего Семипалатинского испытательного полигона в районе сухих и засушливых степей с резко-континентальным климатом, суровыми зимами, сухим и жарким летом, с бедными, часто засоленными почвами и однообразным травостоем обуславливает специфику региона и его уникальность, связанную с многократно повторявшимся загрязнением, неравномерно распределенным по территории, и продолжавшемся в течение долгого времени [68].

Полученные при проведении исследовательских работ данные по закономерностям переноса и накопления радионуклидов в природных компонентах носят фрагментарный характер, а имеющейся информации недостаточно для оценки современной радиологической ситуации на территории Карагандинской области.

В литературе встречается очень мало работ по исследованию природных компонентов Карагандинской области на нахождения одного из наиболее опасных техногенных радионуклидов $^{239+240}\text{Pu}$. Анализ полученной информации позволил установить распределение долгоживущих радионуклидов ^{137}Cs , ^{90}Sr достаточно объективно. Однако дать оценку по плутонию, наиболее биологически опасному радионуклиду, не представляется возможным. Учитывая, что период полного распада составляет для ^{239}Pu и ^{240}Pu 240650 лет и 65370 лет соответственно, плутониевая проблема является долговременной [75, 87].

Основным источником поступления плутония в окружающую среду территорий, прилегающих к Семипалатинскому испытательному полигону, являются испытания ядерного оружия в атмосфере в 1945–1969 гг. на СИП [59].

В 2004 году были проведены исследования в Карагандинской области 80 проб на содержание $^{239,240}\text{Pu}$, во всех проанализированных пробах был обнаружен этот наиболее опасный в биологическом отношении радионуклид, а его концентрация в большинстве точек (88 %–71 проба) превышала значение фона глобальных выпадений, принятое 0,55–2,67 Бк/кг и достигала 2,69 Бк/кг. Повышенное загрязнение обследованной территории $^{239,240}\text{Pu}$ обусловлено

расположением обследованных территорий в зоне ближних выпадений от атмосферных ядерных испытаний [52].

Исходя из вышесказанного, считаем, что радиационный мониторинг следует продолжить с акцентом на плутониевую проблему.

Существует большое количество исследований как российских, так и зарубежных ученых по уровню накопления изотопов плутония в различных природных средах, в том числе в почве и растительности [3, 46, 49, 61, 62]. В своем большинстве они показывают, что массовое накопление плутония происходит в период испытания ядерного оружия. О влиянии испытаний на Семипалатинском испытательном полигоне на природные компоненты и других работах будет написано в приложении В – английской части работы.

2 Общая и геоэкологическая характеристика Карагандинской области на территории, прилегающей к Семипалатинскому испытательному полигону

2.1 Физико-географическая характеристика Семипалатинского испытательного полигона и Карагандинской области

Семипалатинский испытательный полигон (СИП) – один из крупнейших полигонов для проведения ядерных испытаний, его площадь составляет около 18500 км², расположенный на пересечении границ Восточно-Казахстанской, Павлодарской и Карагандинской областей, на каждую из которых приходится соответственно 54%, 39% и 7% от общей площади [39].

СИП находится в 130 километрах северо-западнее Семипалатинска, на левом берегу реки Иртыш. На его территории находится ранее закрытый город Курчатова, переименованный в честь советского физика Игоря Курчатова, ранее обозначавшийся как Москва-400, Берег, Семипалатинск-21, ст. Конечная [39]. Постановлением Правительства Республики Казахстан № 172 от 07.02.1996 года земли бывшего Семипалатинского испытательного ядерного полигона переведены в состав земель запаса: Карагандинской области – 131,7 тысяч га, Павлодарской – 706 тысяч га, Восточно-Казахстанской – 978,9 тысяч га [14].



Рисунок 9 – Карта Семипалатинского испытательного полигона [14]

Карагандинская область – область в центральной части Казахстана, находится в самом центре континента Евразия, почти равноудалена от Северного Ледовитого и Индийского, Атлантического и Тихого океанов.

Область занимает 7% от территории СИП и расположена на наиболее возвышенной части Казахского мелкосопочника – Сарыарка, представляет собой своеобразную, весьма неоднородную в геоморфологическом отношении, сильно приподнятую территорию (абсолютная высота 400–1000 метров) [13].

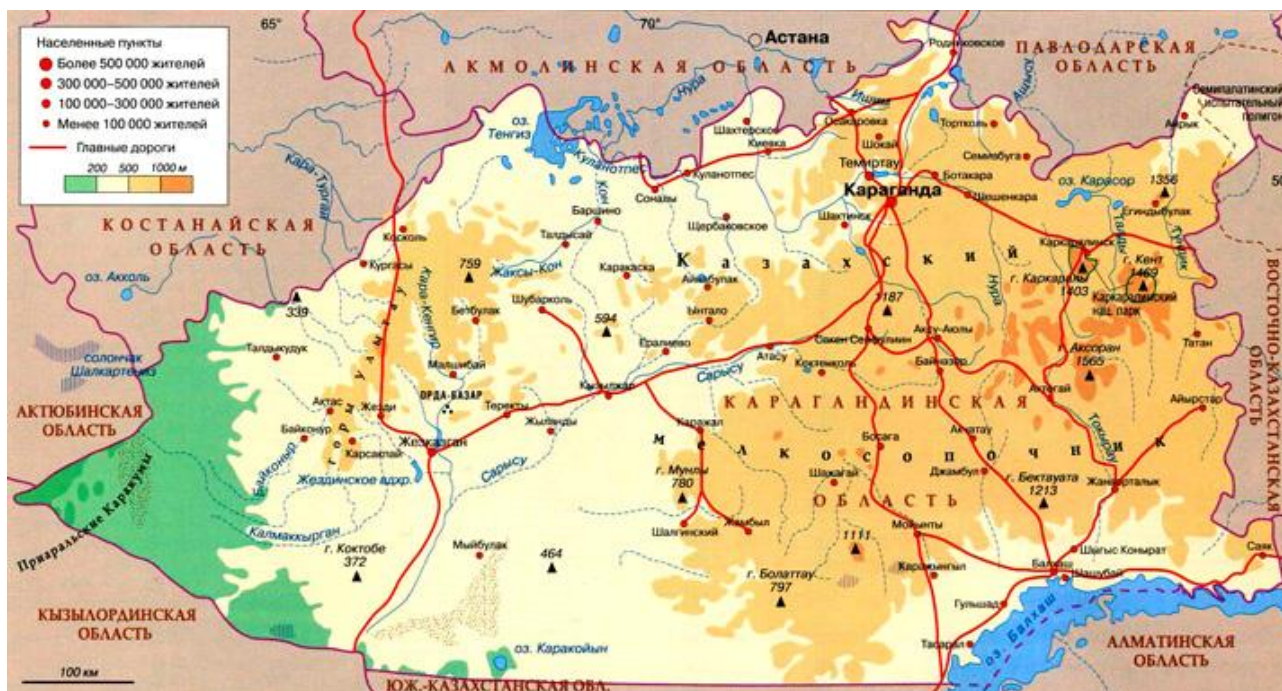


Рисунок 10 – Физическая карта Карагандинской области [13]

Рельеф осложнен мелкосопочными понижениям, речными долинами, сухими руслами водотоков, лощинами с выходом на поверхность грунтовых вод, бессточными впадинами, озерными котловинами, степными блюдцами. Характерным признаком территории служат выходы плотных пород в виде скал, каменных нагромождённых и россыпи, сильно расчленённых и хаотичных по рельефу.

Мелкосопочник формировался в процессе длительного континентального развития, продолжавшегося с середины палеозоя до наших дней, за счет интенсивного разрушения и денудации докембрийских, палеозойских и более поздних тектонических образований. Денудационные процессы превратили горы

в низкогорье, в обширный древний пенеплен островными горными массивами, сложенными наиболее устойчивыми к разрушению породами. Кайнозойско-мезозойский пенеплен испытал неоднократные слабые эпейрогенические движения. Процессы пенепленизации и отчасти, неотектонические поднятия обусловили возникновение, а так же возрождение широких, выровненных главных водоразделов территории области с низкогорными массивами и мелкосопочниками: на юге – Балхаш-Иртышского, на юго-западе Сарысу-Тенгизского, на севере Ишимо-Иртышского [13].

Различные денудационные формы мелкосопочника отличаются характером горных пород и их залеганием. Так, граниты имеют скалистые, зубчатые, шаровидные или матрацевидные формы выветривания, для линейно вытянутых толщ песчаников, известняков и сланцев характерны гребни и гряды, для вторичных кварцитов – острые вершины (шоки). На поверхности аккумулятивных равнин широко распространены суффозионные западины и дефляционные котловины с пересыхающими озерами. Морфология речных долин связана в значительной степени с климатическими и ландшафтными условиями [13].

Территория Семипалатинского полигона расположена на стыке Чингиз-Тарбагатайской (каледонской) и Иртыш-Зайсанской (герцинской) структурно-формационных зон, отличающихся по геологическому строению и металлогении; их разделяет Калба-Чингизский глубинный разлом. В соответствии с современными геотектоническими концепциями, палеоструктура Чингиз-Тарбагайской зоны развивалась как островодужная система Казахстанского палеоконтинента, который в палеозое являлся активной окраиной Палеоазиатского океана. Система состоит из трех террейнов Аркалыкского, Чингизского и Акчатауского (последний – за пределами полигона), из которых второй – отвечает островодужному поднятию, а первый и третий глубоководным околодужным бассейнам, расположенным симметрично относительно поднятия [31].

Территории к северо-западу от полигона занимают крайнюю северо-восточную часть Казахского мелкосопочника с переходом в плоскую равнину, полого наклонённую в сторону реки Иртыш. Относительные превышения рельефа составляют 10-15 м, абсолютная высота рельефа варьирует в пределах 150-300 м. Ландшафты представлены низкогорными массивами, отдельными горными грядами, сопками и межсопочными равнинами, понижениями под сухими и опустыненными степями. Выделяют следующие виды ландшафтов:

- гранитное низкогорье: горы Мыржык, сложенные матратцевидными гранитами;
- высокий грядовый и увалистый мелкосопочник с гранитными обнажениями и кварцитами по вершинам сопок;
- низкий мелкосопочник, характерны невысокие сопки с выходами коренных пород (гранитов и кварцитов);
- делювиально-пролювиальные равнины, для которых характерна разнотравная степная растительность;
- глубокие понижения, занятые пересыхающими частично или полностью (в летний период) озёрами, которые представляют собой соры. Почвы засолены;
- антропогенно-нарушенные территории, которые формируются вокруг зимовок, где за счёт перевыпаса и техногенного нарушения происходит деградация почвенного и растительного покрова [2].

Для указанной зоны характерны сухой и резко континентальный климат, бедные гумусом светло-каштановые и бурые почвы, преобладание на низменных участках рельефа солонцов и солончаков, полынно-злакового травостоя. Низкогорья и сопки в полупустынной зоне покрыты грубоскелетными щербенистыми почвами с типчаково-полынными кустарниками [38].

Характерен резко-континентальный засушливый тип климата. Зима (ноябрь-март) холодная, малоснежная. В первой половине сезона погода преимущественно пасмурная, во второй – ясная, морозная. Снежный покров

устанавливается в середине ноября, толщина его к концу сезона обычно не превышает 25-30 см. На протяжении всей зимы часты метели, вызывающие заносы на дорогах, при сильных морозах бывают туманы. Весна (апрель-май) прохладная и пасмурная в первой половине сезона, тёплая и ясная во второй; в конце сезона нередки грозы. По ночам в мае бывают заморозки. Снежный покров сходит в начале апреля. Лето (июнь-август) жаркое и сухое, дожди преимущественно ливневого характера с грозой. Осень (сентябрь-октябрь) в первой половине тёплая и ясная, во второй – прохладная и пасмурная с морозящими дождями. В конце октября начинаются снегопады. Ветры в зимнее время года преимущественно юго-восточные, в летнее – северо-западные. Летом часты суховеи [2].

Энергетические запасы ветра в Карагандинской области достаточно велики и вполне могут быть использованы для целого ряда нужд народного хозяйства. На большей территории средняя годовая скорость ветра составляет 2,0-4,4 м/сек. Преобладающее направление ветра в равнинных районах южной половины области – восточное и северо-восточное, в северо-восточной части территории, прилегающей к СИП – юго-западное и южное [57].

2.2 Геоэкологическая характеристика Карагандинской области, в местах прилегания к СИП

Анализ доступных материалов исследований, выполненных до закрытия СИП, показал, что все ядерные взрывы в той или иной степени загрязнили земную поверхность, а наземные – привели к высокому радиоактивному загрязнению значительных территорий.

Работы по подготовке к испытаниям на полигоне были закончены в июле 1949 года [36]. 29 августа 1949 года на Семипалатинском полигоне было проведено первое испытание ядерного устройства. Научное руководство испытанием, непосредственно, осуществлял И.В. Курчатов. 12 августа 1953 г.

было испытано первое термоядерное устройство, а 22 ноября 1955 г. - водородная бомба [31]. Всего за период с 1949 г. по 1990 г. на Семипалатинском полигоне было проведено 467 ядерных испытаний [36].

На рисунке 4 представлены проекции следов от наземных ядерных взрывов, а также основные дозообразующие следы. Основной вклад в радиоактивное загрязнение территории полигона в границах Карагандинской области внесли атмосферные взрывы, проводившиеся на испытательной площадке «Опытное поле» 24.09.51 г., 05.10.54 г., 05.08.55 г., 25.03.56 г., 22.08.57 г. [29] (табл. 1).

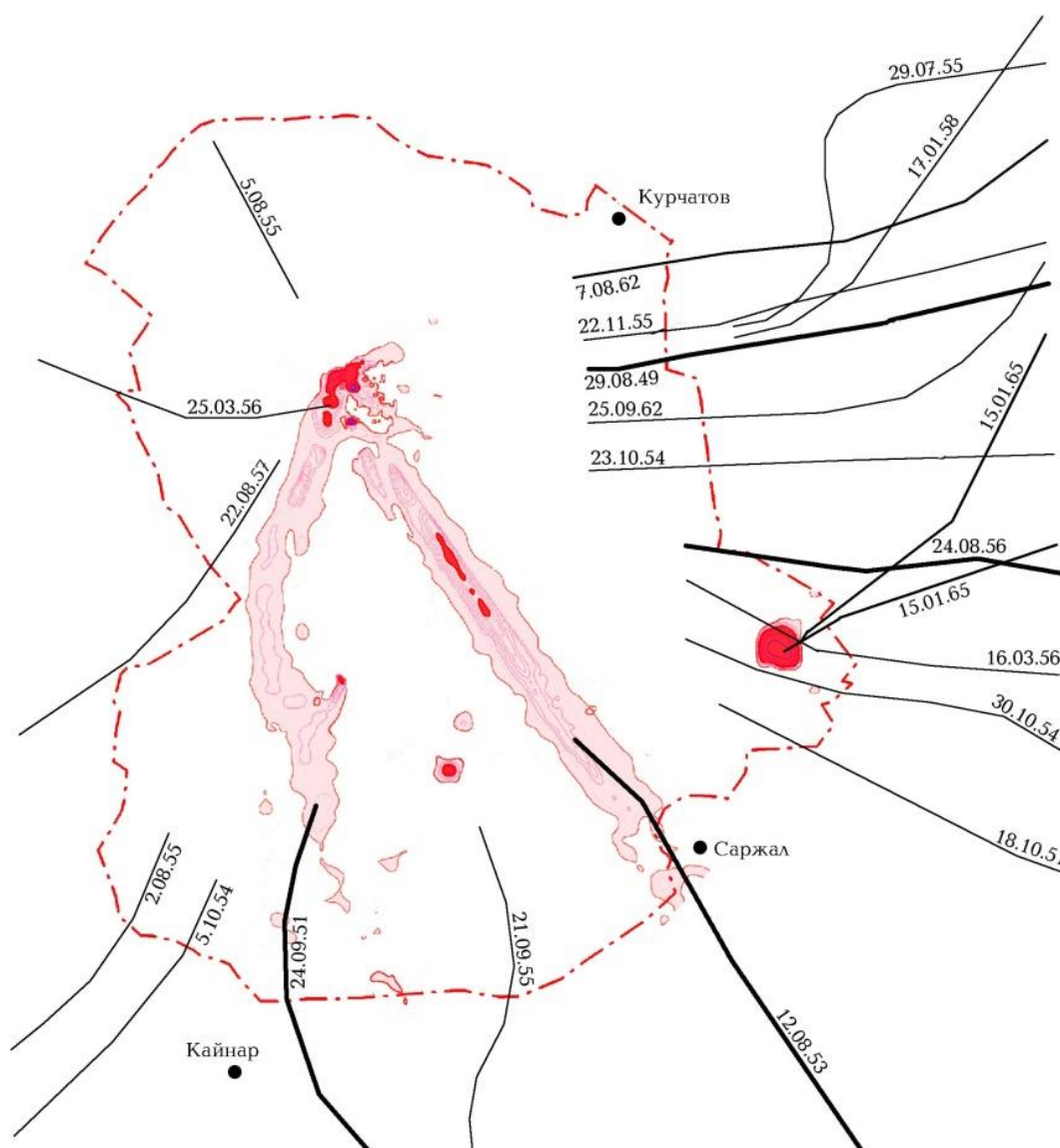


Рисунок 11 – Положение радиоактивных следов, образовавшихся после проведения испытаний на СИП [90]

Таблица 1 – Параметры ядерных взрывов, которые могли обусловить радиационную обстановку на территории СИП в границах Карагандинской области [1]

Дата проведения испытания	Условия проведения	Цель	Мощность взрыва, кт	Количество биологически значимых радионуклидов, выброшенных в атмосферу, Ки		
				⁹⁰ Sr	¹³⁷ Cs	^{239/240} Pu
24.09.51	наземный	СЯО	38	2700	7500	300
05.10.54	наземный	СЯО	4	300	840	105
05.08.55	наземный	СЯО	1,2	35	90	215
25.03.56	наземный	СЯО	5,5	360	600	190
22.08.57	воздушный	СЯО	520	Данные отсутствуют		

*СЯО – испытания в целях создания или совершенствования ядерного оружия

Эти испытания привели к радиоактивному загрязнению отдельных участков территории Карагандинской области, как в пределах, так и далеко за пределами полигона.

Кроме того, на формирование радиационной обстановки могли повлиять экскавационный взрыв и подземные ядерные взрывы с нештатной ситуацией, т.е. с незапланированным выбросом радиоактивности, проведенные на испытательной площадке «Сары-Узень», которая расположена в непосредственной близости от территории Карагандинской области.

Испытание в скважине 1003 с выбросом грунта проводилось с целью изучения механического действия подземных ядерных взрывов. Расстояние от места проведения испытания до границ Карагандинской области составляет около 12 км. Основные характеристики взрыва показаны в таблице 2. При взрыве сформировалось облако, высота подъема которого достигла около 300 метров [33]. Движение радиоактивного облака проходило вдоль границы области, что могло вызвать загрязнение ее территории.

Подземные ядерные испытания в скважинах № 101, 111, 215, проведенные на испытательной площадке «Сары-Узень» привели к нештатным радиационным ситуациям, которые сопровождались напорным истечением радиоактивных газов

и аэрозолей. При этом наблюдалось остаточное локальное загрязнение, главным образом, на территориях приустьевых площадок.

Таблица 2 – Основные характеристики подземного ядерного взрыва с выбросом грунта в скважине 1003 [90]

Место проведения испытаний, энерговыделение	Дата проведения	Основные характеристики
Скважина 1003 на площадке «Сары-Узень» 1,1 кт (по делению 100%)	14.10.1965 г.	Калибровочный опыт со «стандартным» ядерным зарядом в скважине на глубине 48 м; взрыв на выброс. В зоне навала грунта выпало 10-20% радионуклидов от «наработанного» количества, а на радиоактивном следе за пределами навала грунта – 3,5%. На местности сформировался «небольшой» след радиоактивного загрязнения, который не вышел за пределы запретной зоны полигона.

Радиационная характеристика нештатных ситуаций, произошедших на территории испытательной площадки «Сары-Узень», приведена в таблице 3.

Таблица 3 – Подземные ядерные испытания с нештатными радиационными ситуациями на испытательной площадке «Сары-Узень» [90]

Дата и место проведения	Мощность взрыва в тротиловом эквиваленте, кт	Первичный радиационный эффект, остаточное загрязнение местности в настоящее время
18.12.1966 "Сары-Узень" скважина 101	20-150 кт	Выброс в атмосферу через толщу и купол раздробленной породы примерно 10% радиоактивных продуктов взрыва. Уровни радиации на навале грунта превышали 10 Зв/ч. Имеет место повышенное радиоактивное загрязнение; выделена санитарно-защитная зона.
09.10.1971 "Сары-Узень" скважина 111	12 кт	Быстрое и интенсивное просачивание РИГ через боевую скважину и трещины в эпицентральной зоне. Уровни радиации достигали 2 Зв/ч. Остаточного загрязнения местности не наблюдается.
28.11.1974 "Сары-Узень" скважина 215	0.001-20 кт	Динамическое истечение газообразных продуктов взрыва через боевую скважину. Через 20 минут уровни радиации в эпицентральной зоне достигали 1,1 Зв/ч. Остаточное загрязнение местности отсутствует.

Процесс протекания нештатной ситуации можно проследить на примере взрыва в скважине 101, проведенного 18 декабря 1966 года на площадке «Сары-Узень». Взрыв мощностью менее 150 кт был произведен на глубине 225 м. В результате взрыва купол раздробленной земли поднялся на высоту 140 м. На шестой секунде сквозь купол произошел прорыв в атмосферу радиоактивных

газов и аэрозолей. Радиоактивное облако темно-бурого цвета поднялось на высоту 3000 м и двигалось по направлению ветра. Достигнув озера Балхаш, облако разделилось на две части, одна из которых начала перемещаться в северо-западном, а другая в юго-восточном направлениях.

Основная доля радиоактивных продуктов выпала в районе воронки (диаметром около 400 м и глубиной 20 м) и на ближнем следе протяженностью несколько десятков километров. В последующем ось следа пересекла южную границу полигона и прошла в 25 км западнее села Кайнар [**Ошибка! Закладка не определена.90**].

В результате проведения данного испытания загрязнение территории Карагандинской области в пределах полигона не наблюдалось, но, вместе с тем, произошло ее загрязнение на значительном удалении от места взрыва.

Таким образом, ядерные взрывы, проведенные на испытательных площадках «Опытное поле» и «Сары-Узень», могли привести к формированию радионуклидного загрязнения территории Карагандинской области, как в границах полигона, так и за его пределами с высокой степенью неоднородности.

Помимо близости расположения к СИП, Карагандинская область является самой крупной по территории (428 тыс. кв. км) и промышленному потенциалу областью в Казахстане, следовательно, основное загрязнение атмосферного воздуха поллютантами в городах, так и в целом по области обусловлено выбросами предприятий черной и цветной металлургии, угольной промышленности, теплоэнергетики и автотранспорта. Объем общих промышленных выбросов в атмосферный воздух составил 280,0 тыс. тонн [51].

В Карагандинской области загрязнение земель связано с отходами горнодобывающей и металлургической промышленности. В области находится свыше 350 полигонов хранения промышленных и бытовых отходов. Сверхнормативные выбросы Балхашского горно-металлургического комбината привели к загрязнению почв медью, цинком, кадмием, кобальтом и свинцом [51].

3 Методика и методы анализа

3.1 Исходный материал и методика пробоотбора

Литогеохимические и биогеохимические исследования проводились на территории Карагандинской области, в зоне влияния Семипалатинского испытательного полигона, а именно в п.Егиндыбулак, п.Айнабулак, п.Мыржык и на территории Карагандинской области, в пределах СИП.

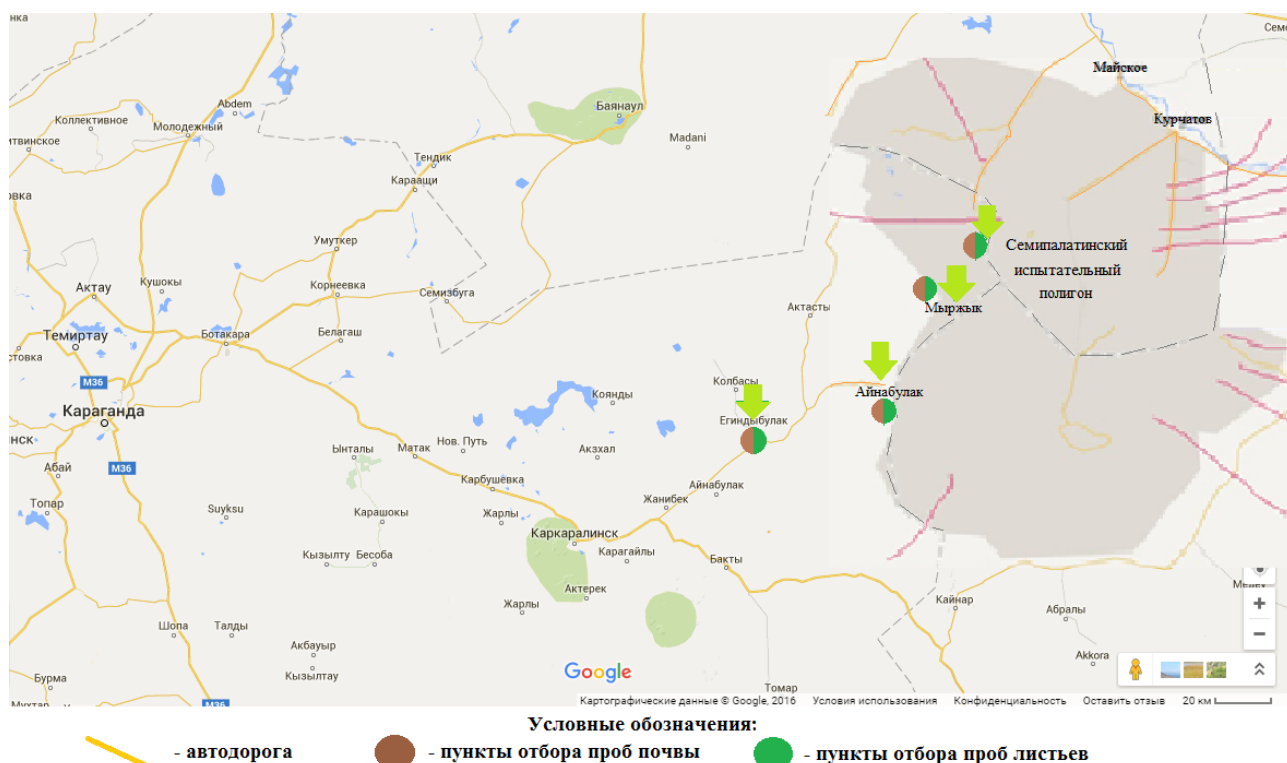


Рисунок 12 – Карта территорий, прилегающих к СИП с точками отбора проб

На рисунке 12 представлена карта северо-восточной части Казахстана с территориями, непосредственно прилегающими к границам полигона и точки отбора проб на территории Карагандинской области.

Для отбора проб было выбрано 3 населенных пункта (Егиндыбулак, Айнабулак, Мыржык) и 3 точки для отбора проб почвы на территории СИП:

- п.Егиндыбулак, точки отбора проб листьев тополя и почвы: +49.787895, +76° 37' 56.12"; +49° 79' 39.35", +76° 38' 69.41"; +49° 78' 53.74", +76° 38' 65.55"; +49° 77' 95.55", +76° 40' 17.90";

- п.Айнабулак, точки отбора проб листьев тополя и почвы: $+49^{\circ} 92' 46.75''$, $+77^{\circ} 00' 06.20''$; $+49^{\circ} 92' 71.20''$, $+77^{\circ} 00' 79.59''$; $+49^{\circ} 92' 31.42''$, $+77^{\circ} 00' 82.38''$;

- п.Мыржык, точки отбора проб листьев тополя и почвы: $+50^{\circ} 08' 66.98''$, $+77^{\circ} 12' 06.55''$; $+50^{\circ} 08' 52.04''$, $+77^{\circ} 12' 23.39''$;

- территория СИП в пределах Карагандинской области точки отбора проб почвы: $+50^{\circ} 19' 42.79''$, $+77^{\circ} 24' 18.15''$; $+50^{\circ} 28' 38.70''$, $+77^{\circ} 37' 09.05''$; $+50^{\circ} 36' 45.32''$, $+77^{\circ} 51' 92.20''$ (см. рис. 13). Всего было отобрано 12 проб почвы, 9 проб листьев тополя чёрного (см. рис.12).



Рисунок 13 – Космоснимки с точками и координатами отбора проб почвы и листьев тополя чёрного

Все работы по отбору и подготовке проб почвы и листьев тополя чёрного выполнялись с учетом методических рекомендаций, ГОСТ 17.4.3.01-83 и справочных материалов [25, 50, 78]. На рисунке 11 представлены отобранные пробы почвы.



Рисунок 14 – Отобранные пробы почвы

Контроль загрязнения почвы радионуклидами проводился на пробных площадках 3×3 м. Пробы почвы отбирались методом «треугольника». Объединенную пробу составляли путем смешивания точечных проб (Рис.12), отобранных на одной пробной площадке [12]. Площадь отбора точечной пробы – 100 см², глубина составляет 5 см. Отобранная проба упаковывается в полиэтиленовый пакет и снабжается паспортом (пояснительной запиской), в котором указываются: присвоенный номер, место отбора, дата и время отбора, географические координаты, результаты полевой радиометрии. Для отбора точечной пробы почвы использовался пробоотборный инструмент, показанный на рисунке 15.

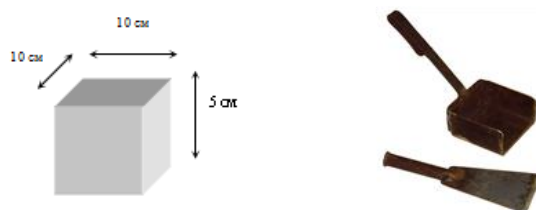


Рисунок 15 – Вид точечной пробы и пробоотборный инструмент

Схема анализа проб почвенного покрова представлена на рисунке 16.

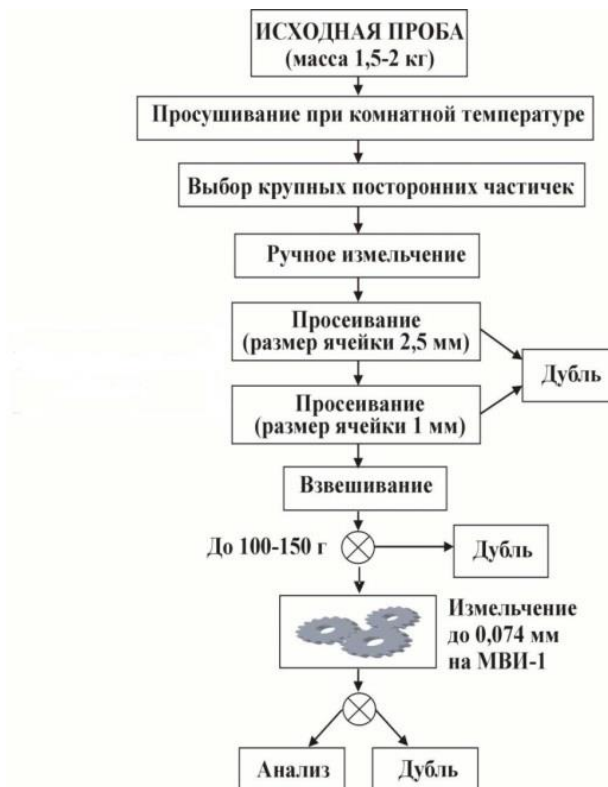


Рисунок 16 – Схема обработки и подготовки проб почвы к анализу

Листья тополя в первичной сырой массе порядка 50-100 грамм (20-30 листьев с одного дерева) отбирались из нижней части кроны, на высоте 1,5-1,8 м (на уровне расположения органов дыхания человека) с максимально возможным количеством ветвей, растущих в разных направлениях [93]. На рисунке 17 представлены отобранные пробы листьев тополя чёрного.



Рисунок 17 – Отобранные пробы листьев тополя

Общая схема пробоподготовки для всех анализов приведена на рисунке 18. Обобщенно подготовку можно представить в виде последовательного измельчения, взвешивания перед озолением, озоления в муфельной печи (в фарфоровых тиглях) при температуре 550°C в течение 2 часов с момента достижения заданной температуры до получения равномерно озоленного материала белого или светло-серого цвета, а также взвешивания после озоления для дальнейшего расчета содержания в сухом веществе [78].



Рисунок 18 – Общая схема пробоподготовки проб растительности [48]

3.2 Пробоподготовка и методы лабораторных исследований

3.2.1 Радиохимическое выделение изотопов плутония ($^{239+240}$, 238) альфа-спектрометрическим методом

Пробоподготовка к альфа-спектрометрическому анализу на содержание изотопов Pu^{238} , $\text{Pu}^{239+240}$ проводится поэтапно, по многоступенчатым положениям установленных стандартов и методик СТП 17.66-92 [73], НСАМ № 406-ЯФ [47]. Высушенная проба измельчается в фарфоровой ступке до относительной однородности частиц, затем просеивается последовательно через сита с размером ячеек 1 и 0,1 мм. Просеянная проба взвешивается (рис.16).



Рисунок 19 – Просеивание проб

Далее следует процедура прокаливания в муфельной печи. Процедура озоления при высоких температурах позволяет частично избавиться от органических примесей. Для озоления проба помещается в фарфоровую чашку и прокаливается в течение 2-х часов при температуре $350-400^{\circ}\text{C}$, после чего температура повышается до $600-650^{\circ}\text{C}$ и проба прокаливается еще 3,5-4 часа, с промежуточным одноразовым перемешиванием (рис.20). По завершении прокаливания проба охлаждается и повторно взвешивается.



Рисунок 20 – Озолье проб в муфельной печи, прокаливание при 600°C

Из прокаленной пробы берётся навеска в 10-20 гр., достаточная для итогового определения содержания плутония на уровне 1,5-2 Бк/кг, что близко к пределу точности высокочувствительного альфа-спектрометра. Проба помещается во фторопластовый стакан и смачивается дистиллированной водой. Затем к ней добавляется 1 мл разбавленной радиоактивной метки ^{242}Pu (активность трассера – 0,19 Бк). Метка наносится путём равномерного капания при помощи пипетки-капилляра на анализируемую навеску пробы.

Следующий этап представляет собой разложение пробы – кислотное выщелачивание радионуклидов плутония из анализируемого образца прокалённой пробы. Выщелачивание производится в стакане или чашке из тефлона, вместимостью 160 см³.

Далее проба проходит цикл тщательного последовательного разложения в концентрированных кислотах. Сначала – добавляется дважды по 25 мл HF (плавиковой кислоты - для удаления кремния и силикатов) – происходит бурная реакция; после выпаривания до сухих солей – 40 мл смеси HF : HNO₃ (плавиковой и азотной кислот) в соотношении 3:1. Затем добавляется 0,5 г. сухой H₃BO₃ (борной кислоты). Каждый раз производится выпаривание досуха. Далее – дважды по 25 мл HCl (соляной кислоты), потом дважды по 25 мл HNO₃ (азотной кислоты), с периодическим добавлением концентрированной H₂O₂ (перекиси водорода), для удаления остатков органических примесей.

После прохождения всех процедур разложения во фторопластовый стакан с пробой добавляется 50 мл 7М HNO_3 (7-молярной азотной кислоты), затем проба подогревается и сливается в стеклянный термостойкий стакан объёмом 250 мл (рисунок 21).

Фторопластовый стакан дополнительно обмывается 7М HNO_3 с добавлением перекиси водорода, остаток сливается в стеклянный стакан с пробой. Производится кипячение содержимого стакана, и при наличии геля (взвеси), добавляется борная кислота. После кипячения проба отстаивается в течение 15 минут, при наличии осадка производится последующая фильтрация (используется фильтр «синяя лента») с троекратным промыванием 5-10 мл горячей HNO_3 .



Рисунок 21 – Разложение – перевод пробы из сухой фракции в раствор

Далее переходим к выделению и радиохимической очистке плутония.

Пустую стеклянную колонку для хроматографии с внутренним диаметром 7,0-8,0 мм и высотой ~110 мм (рабочий объем 4,5-6,0 см^3) заполняют анионитом марки АВ-17В, используя фракцию с размером частиц 0,15-0,30 мм. В нижнюю, суженую часть хроматографической колонки предварительно помещают тампон из стекловаты. Рабочую колонку последовательно промывают раствором аммиака (1:1), дистиллированной водой, и раствором 7,5 моль/л HNO_3 . (по 20 см^3) [73].

Из исходного целевого раствора через несколько часов может выпасть небольшой осадок, не обладающий заметными сорбционными свойствами по отношению к плутонию. В этом случае до проведения ионообменной сорбции

плутония большую часть раствора отделяют от осадка декантацией, а затем оставшуюся часть его - центрифугированием. Осадок отбрасывают.

К целевому раствору добавляют 100-200 мг NaNO_2 (нитрита натрия), быстро перемешивают и выдерживают 30-40 минут для стабилизации плутония в виде Pu (IV). Полученный раствор пропускают через ионообменную колонку со скоростью $\sim 0,4 \text{ см}^3/\text{мин}$ ($0,0065 \text{ см}^3/\text{с}$).

Колонку промывают последовательно 20 см раствора 7,5 моль/л азотной кислоты, 40 см³ раствора 9,0 моль/л соляной кислоты (для селективной десорбции тория), 10-15 см³ раствора азотной кислоты указанной выше концентрации. Затем через колонку пропускают 25 см³ раствора 0,5 моль/л соляной кислоты с добавлением солянокислого гидроксиламина для десорбции плутония (рисунок 22).



Рисунок 22 – Десорбция плутония на ионообменной колонке

Далее полученный элюат с плутонием собирают в стеклянный стакан на 100 см³ и упаривают досуха. К сухому остатку добавляют 2 мл концентрированной соляной кислоты и упаривают досуха трижды [73].

Далее начинается этап электрического осаждения изотопов плутония.

Перед электролизом к пробе по каплям добавляется 10М HCl – до растворения осадка. Затем добавляется 15 мл электролита. Для электроосаждения используется отполированная подложка из коррозионно-стойкой нержавеющей

стали. Проба переносится из стакана на электролитическую ячейку, предварительно протёртую спиртом, с закреплённой металлической подложкой (начищенной стороной кверху), также протёртой спиртом. Электроосаждение производится прибором Gwinstek GPC-3060D (рисунок 23). С помощью кольца и клеммы на электролитической ячейке замыкается цепь. Устанавливаемый уровень тока нагрузки – 1,4 А. Процесс электроосаждения занимает 70-75 минут. На подложке появляется металлический блеск.



Рисунок 23 – Электроосаждение изотопов плутония на подложку

После высушенная подложка готова для анализа в ионизационной импульсной камере альфа-спектрометра ORTEC (рисунок 24). Обработка результатов производится в программе AlphaVision 5.3. Время измерения не менее 78 часов.



Рисунок 24 – Альфа-спектрометрический анализ в лаборатории
МИНОЦ «Урановая геология» ТПУ

Схематично весь анализ на радиохимическое выделение изотопов Pu^{238} , $\text{Pu}^{239+240}$ представлен на рисунке 25.

Спектрометрическое детектирование альфа-частиц выполняется при помощи альфа-спектрометра на основе действия ионизационной импульсной камеры или полупроводникового поверхностно-барьерного детектора, позволяющих преобразовывать энергию излучения в электрический импульс определённой амплитуды, соответствующей этой энергии.

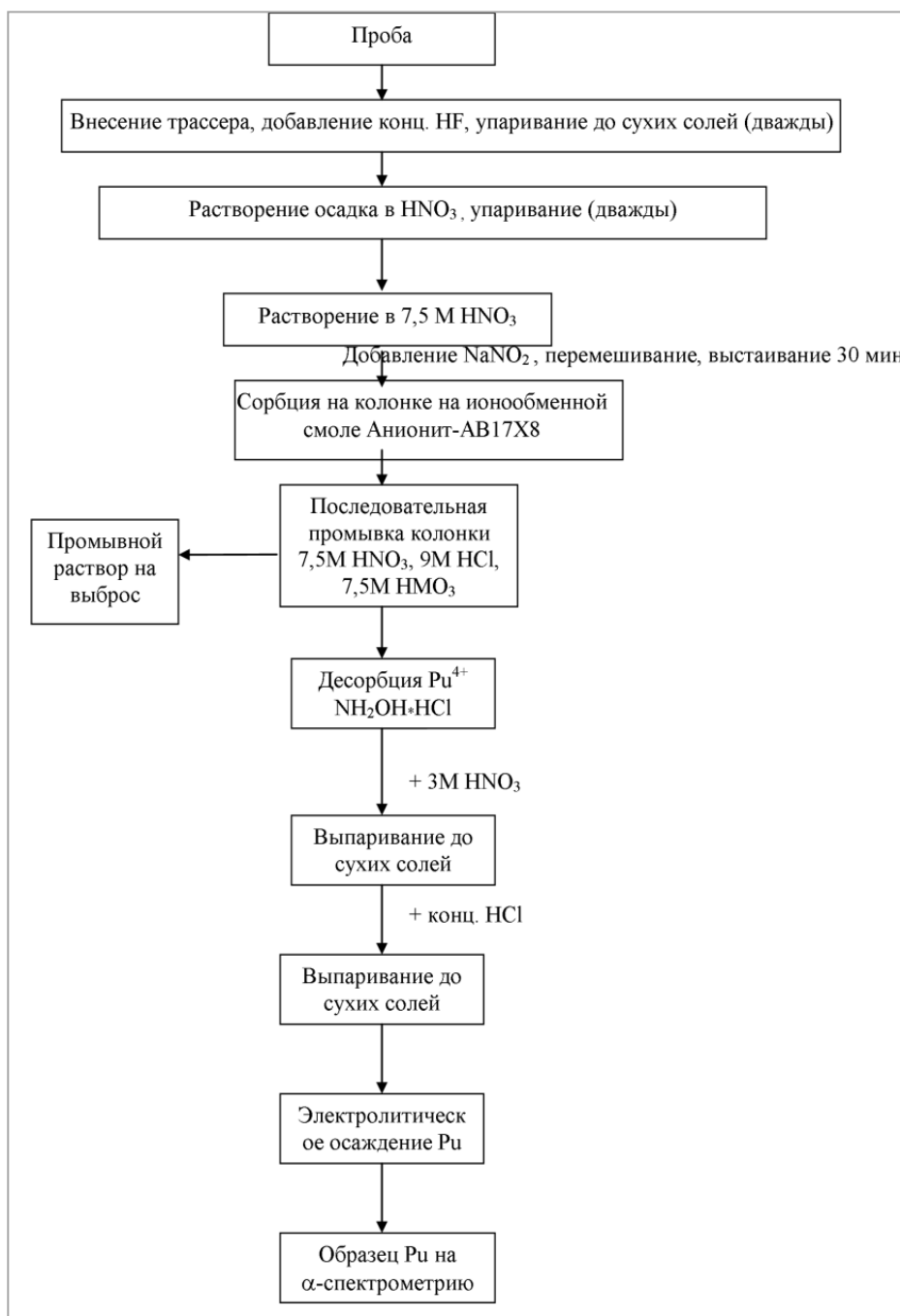


Рисунок 25 – Схема анализа на выделение изотопов Pu^{238} , $Pu^{239+240}$

3.2.1.1 Методика расчёта и обработки результатов измерений изотопов

Pu

Сущность методики заключается в измерениях альфа-спектра, содержащего радиохимически выделенные изотопы плутония, путём подсчёта импульсов анализируемого образца.

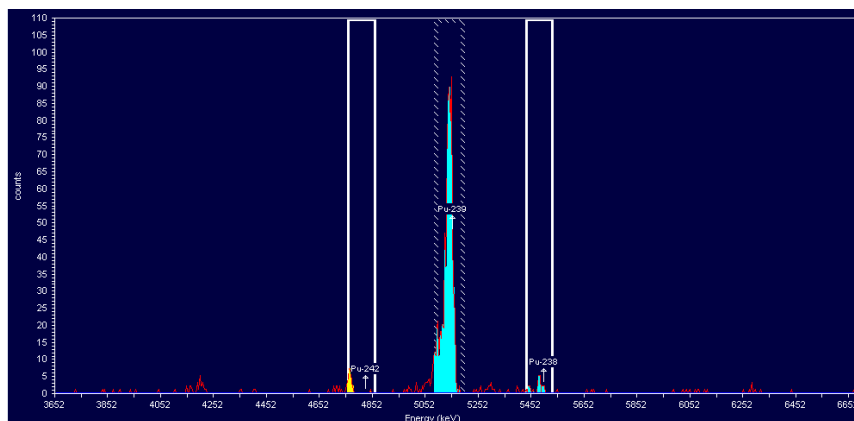


Рисунок 26 – Вид альфа-спектра пробы с пиками ^{238}Pu , ^{239}Pu и ^{242}Pu в программе AlphaVision

При обработке результатов учитываются такие показатели, как активность трассера Pu^{242} (0,19 Бк), время измерения – 280 800 секунд, навеска пробы (10 г), фон подложки (измеряется отдельно для каждой пробы), площади пиков ^{242}Pu , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ (в импульсах).

При радиоактивном распаде атомные ядра изотопов плутония испускают альфа-частицы строго определённых энергий (таблица 5), что позволяет провести идентификацию изотопов и на основе известной активности введённого в пробу на этапе кислотного выщелачивания индикатора Pu^{242} определить активность других изотопов плутония [47].

Таблица 4 – Энергетические линии альфа-излучения изотопов плутония [30]

Изотоп	Энергия, МэВ	Выход, отн.ед.
^{238}Pu	5,499	0,71
	5,456	0,29
^{239}Pu	5,156	0,73
	5,144	0,15
	5,106	0,12
^{240}Pu	5,168	0,73
	5,123	0,27
^{242}Pu	4,900	0,77
	4,856	0,23

Кислотное выщелачивание и разложение пробы позволяет избавиться от радионуклидов с близкими энергиями, таких как ^{228}Th ($E=5,42$ МэВ), ^{241}Am ($E = 5,48$ МэВ), которые в ином случае мешали бы выявлению пиков радиохимически выделенного плутония. В ходе пробоподготовки изотопы плутония выделяются вместе и одновременно.

По результатам измерений определяют удельные активности ^{238}Pu и $^{239+240}\text{Pu}$ с учётом неопределённости измерений.

Удельную активность изотопов плутония (238, 239+240) A^i [Бк/кг] рассчитывают по формуле:

$$A^i = \frac{S^i * A_0}{S_{\text{инд}} * M}, \quad (3.2.1.1)$$

где S^i и $S^{\text{инд}}$ (имп.) – площади аналитических пиков соответственно определяемых изотопов плутония (^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$) и изотопного индикатора (^{242}Pu) после вычитания фоновых импульсов; A_0 (Бк) – исходная активность изотопного индикатора; M (кг) – навеска пробы.

Результат измерений представляют в виде интервалов значений удельных активностей ^{238}Pu и $^{239+240}\text{Pu}$:

$$\{A^i_{\min}; A^i_{\max}\} = \{A^i - (U^-_A)^i; A^i + (U^+_A)^i\}, \quad (3.2.1.2)$$

В которых с вероятностью $P = 0,95$ находятся истинные значения удельных активностей ^{238}Pu и $^{239+240}\text{Pu}$. Здесь $(U^+_A)^i$ и $(U^-_A)^i$ – абсолютные неопределённости измерений в сторону больших и меньших значений соответственно для каждого из изотопов – равны [56]:

$$(U^+_A)^i = (u^+_A)^i * A^i; (U^-_A)^i = (u^-_A)^i * A^i, \quad (3.2.1.3)$$

где $(u^+_A)^i$ и $(u^-_A)^i$ – соответственно относительные неопределённости результата измерений в сторону больших и меньших значений. Последние определяются формулами:

$$u^+_A = \sqrt{u_{\text{ст}}^2 + (u^+_{\delta})^2}, u^-_A = \sqrt{u_{\text{ст}}^2 + (u^-_{\delta})^2}, \quad (3.2.1.4)$$

где $u_{\text{ст}}$ – статистическая неопределённость измерения, а u^+_{δ} , u^-_{δ} – неопределённости, обусловленные погрешностями средства измерения и метода.

$$u^+_{\delta} = \frac{\delta}{1-\delta}, u^-_{\delta} = \frac{\delta}{1+\delta}, \quad (3.2.1.5)$$

где δ – доверительная погрешность применяемых средств измерений и метода.

$$\delta = \sqrt{\delta_{cu}^2 + \delta_{мет}^2}, \quad (3.2.1.6)$$

При соблюдении требований методики:

$$\delta_{мет} = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2 + \delta_3^2}, \quad (3.2.1.7)$$

где δ_1 – погрешность аттестации изотопного индикатора ($\leq 3\%$), δ_2 – погрешность введения изотопного индикатора ($\leq 3\%$), δ_3 – погрешность отбора навески пробы ($< 1\%$). Таким образом, максимальное значение $\delta_{мет}$ в методике – 5% , максимальное значение δ_{cu} при указанной ниже аппаратуры составляет 10% .

Статистическая неопределённость измерения рассчитывается по формуле:

$$\delta_{st} = u_{st} \sqrt{(\delta^1)^2 + (\delta^{инд})^2}, \quad (3.2.1.8)$$

δ^1 , $\delta^{инд}$ – статистические погрешности измерения площадей пиков определяемых изотопов плутония и индикатора соответственно.

В общем случае при равном времени измерения счётного образца и фона значения δ^1 , $\delta^{инд}$ находятся из выражения:

$$\delta^{i,инд} = \frac{2 \sqrt{S^{2i,инд} + 2 * S_{\phi}^{i,инд}}}{S^{i,инд}}, \quad (3.2.1.9)$$

где $S_{\phi}^{i,инд}$ (имп) – количество фоновых импульсов в областях соответствующих аналитических пиков за время измерения.

Так как альфа-спектрометры характеризуются очень низким и достаточно стабильным фоном (единичные импульсы за 1 час набора в аналитических областях спектра), и в большинстве случаев при измерениях в аттестованном диапазоне скорость счёта от образца намного превышает скорость счёта фона (в 20 – 30 и более раз), то формула (3.2.3.9) может быть упрощена:

$$\delta^{i,инд} = \frac{2 \sqrt{S^{i,инд}}}{S^{i,инд}}, \quad (3.2.1.10)$$

Для получения результата с суммарной неопределённостью не более 30% при соблюдении требований методики ($\delta_{мет}^{max} = 5\%$, $\delta_{cu}^{max} = 10\%$) необходимо при измерениях получать статистическую погрешность δ_{st} , не превышающую 25% . Последнюю можно оценить с помощью формул (3.2.1.8) и (3.2.3.10).

Интервалы значений удельных активностей изотопов плутония получают согласно формуле (3.2.3.2) с учётом выражения (3.2.3.3). Если $A^i < 0$, то принимают $A^i = 0$, если $A^i - (U_A^-)^i < 0$, то принимают $A^i - (U_A^-)^i = 0$ [56].

3.2.2 Атомно-абсорбционная спектрометрия

Методика выполнения измерений массовой доли общей ртути в пробах почвы атомно-абсорбционным методом производилась с использованием анализатора ртути РА-915+ с приставкой ПИРО-915- с использованием программного обеспечения RA915P в МИНОЦ «Урановая геология» на базе кафедры «Геоэкологии и геохимии» ТПУ при консультации Осиповой Н.А., Ляпиной Е.Е., Филимоненко Е.А.

Метод измерений массовой доли общей ртути в пробах почвы основан на атомизации содержащейся в пробе ртути в двухсекционном пиролизаторе приставки ПИРО-915+, с последующем ее определением методом беспламенной атомной абсорбции на анализаторе ртути РА-915+.

Анализатор ртути РА-915+ с приставкой ПИРО-915+ применяется для определения содержания ртути в твердых и жидких пробах сложного состава методом пиролиза. В большинстве случаев анализ проводится без предварительной пробоподготовки.

Принцип действия РА-915+ основан на дифференциальном атомно-абсорбционном способе измерения концентрации ртути, который реализуется с помощью зеемановской модуляционной поляризационной спектроскопии с высокочастотной модуляцией (ЗМПСВМ).

Принцип действия приставки ПИРО-915+ основан на восстановлении до атомарного состояния содержащейся в пробе связанной ртути методом пиролиза и последующем переносе образовавшейся атомарной ртути из атомизатора в аналитическую кювету газом-носителем (воздухом). Блок-схема приставки ПИРО-915+ с анализатором ртути РА-915+ представлена на рисунке 27.

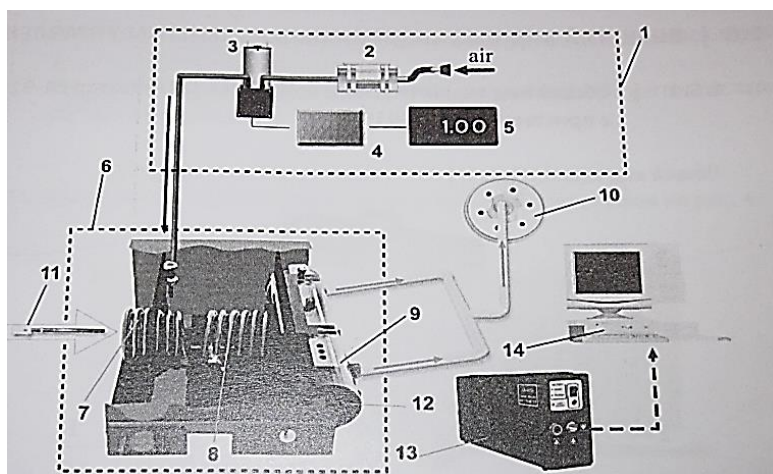


Рисунок 27 – Блок-схема приставки ПИР0-915+ с анализатором ртути РА-915+

Побудитель расхода воздуха (3), входящий в блок питания и прокачки приставки (1), используется для нагнетания воздуха в атомизатор и аналитическую кювету. Входной угольный сорбционный фильтр (2) используется для очистки от паров ртути воздуха, поступающего в термокамеру. Скорость прокачки воздуха задается и поддерживается автоматически в зависимости от выбранного режима работы. Навеску пробы помещают в лодочку дозатора (11), которую вводят в первую секцию (испаритель) атомизатора (7), где происходит нагревание пробы. Температура испарителя может меняться от 200 до 800°C в зависимости от выбранного режима работы. Соединения ртути испаряются и частично диссоциируют с образованием элементарной ртути и вместе с газом-носителем поступают во вторую секцию (дожигатель) атомизатора (8). В дожигателе при температуре 600-700°C происходит полная диссоциация соединений ртути и дожигание органической матрицы пробы. Из атомизатора газовый поток поступает в нагреваемую до 700°C выносную аналитическую кювету (9). Регистрация атомов ртути осуществляется анализатором РА-915+ (13), при этом результат анализа выводится на компьютер (14).

Сигнал с фотодетектора поступает на блок электронной обработки сигнала (13), где происходит выделение сигнала на частоте модуляции, формирование аналитического сигнала и обработка данных. Далее информация выводится на блок индикации и управления (14), либо на персональный компьютер (15).

Массовая доля ртути в пробе определяется по величине интегрального аналитического сигнала с учетом предварительно установленного градуировочного коэффициента, полученного эмпирическим способом на основе измерений проб образца с известным содержанием ртути (290 нг/г). Автором было изучено 12 проб почвы.

Проба весом от 30 мг до 50 мг помещалась в ложечку-дозатор. Включалось интегрирование аналитического сигнала, и ложечка-дозатор вводилась в приставку «ПИРО-915+». После возвращения аналитического сигнала на базовую линию (60–120 с) интегрирование завершается. Перед началом работы на анализаторе, проводится контроль стабильности градуировочного коэффициента.

Диапазон измерений данного метода для массовой доли общей ртути в пробах составляет от 5 до 10000 мкг/кг. Границы относительной погрешности измерений при числе наблюдений $n=2$ (для каждой пробы почвы было проанализировано по 3 навески, в качестве результирующего значения бралось среднеарифметическое по трем измерениям).

Всего изучено 12 проб почвы из районов Карагандинской области, прилегающих к СИП.

3.2.3 Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА)

Метод ИНАА основывается на том, что при бомбардировке мощным потоком нейтронов стабильные изотопы элементов могут превращаться в радиоактивные, которые характеризуются специфическим по характеру и энергии излучением. Энергия, с выделением которой распадаются радиоактивные изотопы, является величиной постоянной. Следовательно, если после облучения нейтронами проба излучает γ -лучи с определенной энергией, то это указывает на наличие в ней того или иного элемента. Количественное определение содержания химических элементов проводится посредством сравнения интенсивности

излучения проб и стандартных образцов в выбранных энергетических интервалах спектрометра [41].

Инструментальный нейтронно-активационный анализ является весьма эффективным и позволяет в различных пробах, в том числе биологических, определять в широком диапазоне (от $n \cdot 1\%$ до $n \cdot 10^{-6}\%$) содержание 28 элементов: Ca, Na, Br, Ba, Rb, Ta, Eu, Cs, Sr, Hf, Nd, Cr, Co, Sb, La, Ce, Fe, As, Sc, Tb, Sm, Zn, Yb, Lu, U, Th, Au, Ag (таблица 3.2.1).

Данным методом было проанализировано 12 проб почвы и 9 проб листьев тополя. К сожалению, из-за остановки ядерного реактора, не представляется возможным представить результаты проведенного исследования, в настоящее время идет анализ данных.

Таблица 5 – Нижние пределы определения содержания элементов в природных средах методом ИНАА [93]

Элемент	Предел, мг/кг	Элемент	Предел, мг/кг	Элемент	Предел, мг/кг
Na	20	Sr	1	Yb	0,05
Ca	300	Ag	0,02	Lu	0,01
Sc	0,002	Cs	0,3	Hf	0,01
Cr	0,1	Sb	0,007	Ta	0,05
Fe	10	Ba	3	Au	0,002
Co	0,1	La	0,007	Th	0,01
Ni	20	Ce	0,01	U	0,01
Zn	2	Sm	0,01	Br	0,3
Rb	0,6	Eu	0,01		
As	1	Tb	0,001		

Основными преимуществами метода являются: отсутствие химической подготовки пробы, что исключает погрешности за счет привноса или удаления элементов вместе с реактивами; возможность проведения анализа очень маленьких по объему и массе проб (в данном случае использовалась навеска массой 100 мг) за счет снятия аналитического сигнала с ядер химических элементов. Эти факторы, а также быстрота анализа делает метод очень удобным для обнаружения примесей, присутствующих в очень низких концентрациях [40].

4 Результаты лабораторных анализов

4.1 Результаты радиохимического анализа проб почвы и листьев тополя чёрного (*Populus nigra* L.)

Пробоподготовка к альфа-спектрометрическому анализу на содержание ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$ проводится поэтапно в соответствии с СТП 17.66-92 [73], НСАМ № 406-ЯФ [47] (см. раздел 3.2.1).

Изучение содержания плутония в почвах показывает значительный разброс уровней активности этого элемента для разных регионов. Каждая территория обладает собственной, локальной картиной накопления плутония и отношения $^{238}\text{Pu} / ^{239,240}\text{Pu}$ (таблица 6).

Таблица 6 – Оценочный уровень удельной активности Pu (Бк/кг) в почвах некоторых регионов Сибири (по материалам ЦГСЭН Красноярского края, 1996) [4, 60, 85]

Регион	среднее <u>min-max</u>	количество проб	
Республика Алтай	$\frac{0,41}{10-1,57}$	10	
Республика Хакассия	$\frac{0,27}{0,10-0,68}$	30	
Иркутская область (только район Прибайкалья)	$\frac{2,77}{0,41-6,47}$	26	
Кемеровская область	$\frac{0,37}{0,11-1,74}$	10	
Красноярский край, в том числе:	$\frac{1,35}{0,10-48,8}$	576	$\frac{^{238}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}}{0,013-0,39}$
В 30-километровой зоне ГХК	$\frac{0,68}{0,10-10,6}$	101	
В пойме р. Енисей до 1500 км от ГХК	$\frac{5,6}{0,10-48,8}$	105	
Томская область (южная часть)	$\frac{1,0}{0,5-7,2}$	37	$\frac{^{238}\text{Pu}/^{239,240}\text{Pu}}{0,12-0,13}$
Республика Саха (Якутия): Районы аварийных выбросов от ПЯВ («Кратон-3», «Кристалл»)	До 300 – 35 500 Бк/кг		

Как видно из таблицы 6, содержание плутония в почве регионов, где отсутствуют предприятия ядерного техногенеза, может изменяться на 2 порядка, а в зонах влияния ядерных полигонов, в местах аварий и ядерных взрывов – и того

больше. При этом средний уровень содержания плутония от глобальных выпадений оценивается в 0,3 Бк/кг [55].

Следует отметить крайнюю сложность и трудоёмкость процесса пробоподготовки для альфа-спектрометрического анализа изотопов плутония, ввиду этого исследования такого рода проводятся фрагментарно и в малых объёмах. Такие локальные загрязнения можно объяснить прохождением дальних выносов радиоактивных облаков с СИП над исследуемой территорией. Плутоний – радиоактивный элемент техногенного происхождения, который не имеет стабильных изотопов, прямо характеризующий уровень загрязнения природной среды радиоактивными продуктами техногенеза.

Картина удельной активности плутония и его распределения в изученных пробах почв и листьях тополя прослеживается по результатам проведения собственных исследований (таблица 7).

Таблица 7 – Активность изотопов плутония в почвах и листьях тополя чёрного (*Populus nigra* L.) на территории Карагандинской области, прилегающей к СИП

№	Место отбора проб	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu, Бк/кг
Почва		
1	Егиндыбулак т.1	<0,21
2	Егиндыбулак т.2	2,1±0,5
3	Егиндыбулак т.3	<0,12
4	Егиндыбулак т.4	<0,05
5	Айнабулак т.3	<0,1
6	Айнабулак т.2	<0,05
7	Айнабулак т.1	<0,06
8	Мыржык т.1	1,8±1,0
9	Мыржык т.2	<0,1
10	Найманжал	<0,12
11	СИП т.1	<0,6
12	СИП т.2	<0,07
Листья тополя		
1	Егиндыбулак т.1	<0,013
2	Егиндыбулак т.2	0,027±0,016
3	Айнабулак т.1	<0,008
4	Айнабулак т.2	<0,011
5	Мыржык т.1	<0,02

По проведённым измерениям проведена оценка активности ²³⁹⁺²⁴⁰Pu с расчётом погрешности, оценка активности ²³⁸Pu нецелесообразна ввиду низких пределов его обнаружения. Большинство проб имеют низкие уровни активности

(менее 0,05 Бк/кг), однако в точке +49°78'78.95" с.ш. и +76°37'56.12" в.д. на территории п.Егиндыбулак и в точке +50°08'66.98" с.ш. и +77°12'06.55" в.д. на территории п.Мыржык обнаружены повышенные активности – более 1,8 Бк/кг. За глобальный уровень содержания Pu в почвах принято значение 0,2 Бк/кг [60].

Активность изотопов плутония в листьях тополя в пересчете на сухую массу низкая – менее 0,008 Бк/кг сухой массы, наиболее значимая удельная активность изотопов $^{239,240}\text{Pu}$ равная $0,027 \pm 0,016$ Бк/кг сухой массы, зафиксирована в точке +49°77'95.55" с.ш. и +76°40'17.90" в.д. также на территории п.Егиндыбулак.

Распределение плутония в почвах имеет «пятнистый» характер. Плутоний относится к числу малоподвижных элементов, его перераспределение по поверхности Земли происходит преимущественно за счет ветрового переноса и эрозии почв, а следовательно повышенная активность плутония в почвах в п.Егиндыбулак и п.Мыржык обусловлена уровнем глобальных выпадений (рисунок 28).



Рисунок 28 – Распределение $^{239+240}\text{Pu}$ в почвах на территории Карагандинской области, прилегающей к СИП

Однако при анализе распределения активности плутония в листьях тополя наблюдается тенденция уменьшения активности по мере удаления от полигона (рисунок 29).



Рисунок 29 – Распределение $^{239+240}\text{Pu}$ в листьях тополя чёрного на территории Карагандинской области, прилегающей к СИП

Плутоний практически не поступает из почвы в растения и относится к радионуклидам с очень низкой биологической подвижностью. Однако основная опасность загрязнения плутонием растений – это поверхностное радиоактивное загрязнение, это указывает, что уменьшение активности плутония в листьях тополя обусловлено ветровым переносом пыли с поверхности почв, загрязненных изотопами плутония.

4.2 Результаты лабораторных анализов проб по определению содержания ртути в почвах

В этой части главы хотелось бы представить данные о содержании ртути в пробах почвы, отобранных на территории п.Егиндыбулак, п.Айнабулак, п.Мыржык и территории Карагандинской области, в пределах СИП, в 2015 году.

В 12 пробах почвы, 4 из которых находятся непосредственно в зоне воздействия полигона (на территории прохождения «радиоактивного» следа – п.Мыржык и территория СИП, в пределах Карагандинской области), а 8 в ближайших населенных пунктах п.Егиндыбулак и п.Айнабулак провели измерение содержания ртути (таблица 8).

Таблица 8 – Содержание ртути в почвах районов Карагандинской области, прилегающих к СИП, мг/кг

№	Место отбора проб	Содержание	
		нг/г	мг/кг
1	Егиндыбулак т.1	34,05	0,034
2	Егиндыбулак т.2	20,35	0,020
3	Егиндыбулак т.3	19,2	0,019
4	Егиндыбулак т.4	42	0,042
5	Айнабулак т.3	22	0,022
6	Айнабулак т.2	172,3	0,172
7	Айнабулак т.1	67,45	0,067
8	Мыржык т.1	58,35	0,058
9	Мыржык т.2	32,8	0,033
10	Найманжал	20,55	0,021
11	СИП т.1	114,3	0,114
12	СИП т.2	28,3	0,028

Данные, полученные в ходе исследования поверхностной составляющей почв районов Карагандинской области, не показали превышение значения ПДК равное 2,1 мг/кг.

Мировой кларк Hg для почв составляет 0,12 мг/кг по подсчетам Добровольского [28], согласно этим данным максимум отмечается в п.Айнабулак, фиксируется превышение в 1,4 раза.

Повышенное содержание ртути в п.Айнабулак, объясняется наличием большого количества малых котельных с печным отоплением, а также влиянием автотранспорта. Источники поступления ртути давно исследуются разными авторами. Ртуть может попадать в воздух в результате сжигания ископаемого топлива [37].

На рисунке 30 представлено содержание ртути в почвах районов Карагандинской области, прилегающих к СИП.

На территории СИП в непосредственной близости от исследуемых площадок расположено угольное месторождение «Каражыра», возможно превышение содержания ртути объясняется пылением с месторождения, так как угли содержат ртуть и другие токсичные элементы.

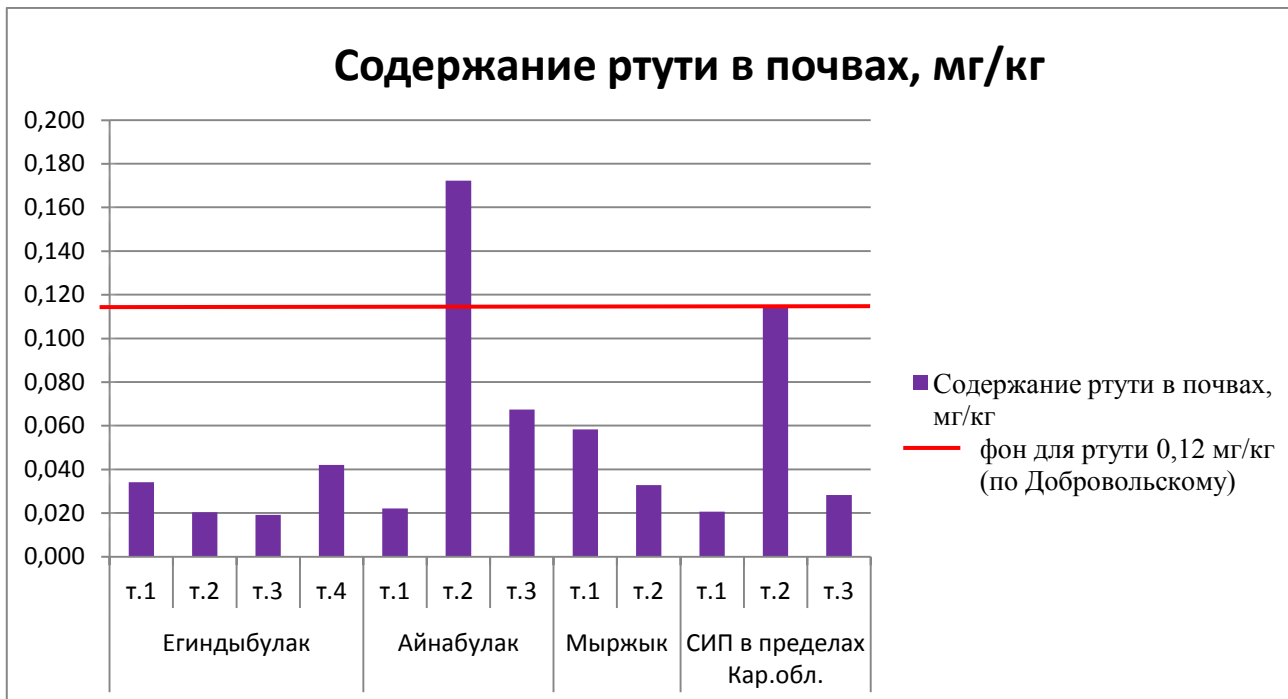


Рисунок 30 – Содержание ртути в почвах районов Карагандинской области, прилегающих к Семипалатинскому испытательному полигону

5 Анализ полученных результатов

5.1 Анализ распределения техногенного радионуклида ($^{239+240}\text{Pu}$) и ртути (Hg) в почве районов Карагандинской области, прилегающих к СИП

Для обеспечения безопасного проживания людей на загрязненной радионуклидами территории и получения нормативно-чистой продукции, используя опыт хозяйствования на радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных угодьях, как в Российской Федерации, так и в Республике Казахстан разрабатываются допустимые нормативы содержания загрязняющих веществ в почве, растениях, воде, продуктах питания. Такими нормативными документами можно считать: Нормы радиационной безопасности (НРБ-99), временные критерии для принятия решений по ограничению облучения населения при передаче в хозяйственное пользование земель, на которых проводились ядерные взрывы (КПРЗ-97), Нормы Республики Казахстан для оценки радиационной обстановки.

Для проведения классификации территории по степени радиоактивного загрязнения нами были выбраны следующие критерии:

– Территория считается незагрязненной (фоновой), если значения содержания радионуклидов в пробах, отобранных на ней, не превышают значение одного среднеквадратического отклонения (σ) от средней арифметической величины (M).

– Территория считается загрязненной, если значения содержания радионуклидов в пробах, отобранных на ней, превышают значение двух среднеквадратических отклонений (2σ) от средней арифметической величины (M).

При использовании территорий подверженных радиоактивному загрязнению проводятся следующие первоочередные организационные мероприятия:

- инвентаризация угодий по плотности и площадям загрязнения и составление карт-схем;
- исключение земель из хозяйственного использования;
- организация радиационного контроля продукции;
- оценка эффективности мероприятий и уровней загрязнения после их проведения.

Основные статистические показатели по содержанию $^{239/240}\text{Pu}$ представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Основные статистические показатели по содержанию $^{239+240}\text{Pu}$

Наименование показателя	$^{239/240}\text{Pu}$
количество проб (n)	12
минимальное значение	0,05 Бк/кг
максимальное значение	2,1 Бк/кг
среднее арифметическое (M)	0,45 Бк/кг
ошибка среднего арифметического	0,2 Бк/кг
среднеквадратичное отклонение (σ)	0,72
дисперсия	0,518
коэффициент вариации (%)	62,25

Расчёт фоновых значений концентраций трансурановых элементов для данного региона не имеет смысла ввиду малого количества проанализированных проб.

В 2002 г. проведены исследования, где в проанализированных пробах почвы на территории Карагандинской области активность изотопов плутония-239,240 превышала уровень фона глобальных выпадений, значения варьировались в диапазоне от 0,55-2,67 Бк/кг [52].

В сравнении с собственными исследованиями, проведенными в 2015 г. диапазон активности в пробах почвы варьируется от 0,05 до 2,1 Бк/кг, т.е. активности плутония-239,240 находятся примерно в одинаковом диапазоне. Это объясняется длительным периодом полураспада ^{239}Pu и ^{240}Pu (240650 и 65370 лет соответственно).

Полученные результаты содержания $^{239/240}\text{Pu}$ в 2-х точках превышают фон глобальных выпадений для почв 0,2 Бк/кг [60]. Столь высокий уровень

загрязнения обусловлен расположением обследованных территорий в зоне ближних выпадений от атмосферных ядерных испытаний, где основным дозообразующим радиоактивным полунуклидом являются трансурановые элементы.

Трансурановые элементы с их низкой миграционной способностью, а также с большим периодом полураспада представляют наибольшую опасность для биоты обследованного региона. Следует так же отметить, что вклад трансурановых элементов в суммарную эффективную дозу со временем будет постоянно расти пока не останется единственно определяющим фактором техногенного радиационного воздействия.

Основные статистические показатели по содержанию Hg представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Основные статистические показатели по содержанию Hg

Наименование показателя	Hg
количество проб (n)	12
минимальное значение	0,019 мг/кг
максимальное значение	0,172 мг/кг
среднее арифметическое (M)	0,053
ошибка среднего арифметического	0,013
среднеквадратичное отклонение (σ)	0,047
дисперсия	0,002
коэффициент вариации (%)	112,76

Анализ статистических показателей позволил установить, что среднее арифметическое содержание ртути по 12 пробам составляет 0,053 мг/кг; стандартная ошибка — 0,013; максимум — 0,172 мг/кг; минимум — 0,019 мг/кг; V – 112,76 %. Превышение значения ПДК равное 2,1 мг/кг в почве не выявлено.

В целом для территорий п.Егиндыбулак, п.Айнабулак, п.Мыржык наблюдается минимальная нагрузка по накоплению изотопов плутония и ртути в почвах.

6. Социальная ответственность при оценке радиозоологического состояния территории Карагандинской области, прилегающей к СИП

Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) – это ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров [17].

При проведении работ осуществлялась деятельность по отбору проб почвы и листьев тополя (*Populus nigra* L.). Пробы отбирались на территории Карагандинской области, в местах прилегания к Семипалатинскому испытательному полигону в летнее время года, поэтому в разделе «Социальная ответственность» также будет рассмотрена производственная безопасность на открытом воздухе (полевой этап) (таблица 20).

Данная выпускная квалификационная работа представлена научно-исследовательской работой, во время выполнения которой осуществлялся отбор проб почвы и листьев тополя; альфа-спектрометрический анализ на содержание изотопов плутония²³⁹⁺²⁴⁰; обработка результатов анализов проб, их систематизация; оформление итоговых данных в виде таблиц, диаграмм, графиков, рисунков, а также набор текста на персональном компьютере. Работа также проводилась в лаборатории изотопного анализа Международного инновационного научно-образовательного центра (МИНОЦ) «Урановая геология» НИ ТПУ с использованием аттестованной методики определения концентрации изотопов плутония, а также в кабинете с электронно-вычислительной машиной и альфа-спектрометром, где основными источниками опасности в ходе пробоподготовки, пробоотбора и анализа проб является работа с альфа-излучающими радиоактивными материалами, а также с различными кислотами.

При работе с альфа-излучающими материалами необходимо обеспечивать защиту органов дыхания. Альфа-излучающие частицы обладают слабой проникающей способностью, но высокой активностью.

Таблица 11 – Основные элементы производственного процесса при геоэкологических работах, формирующие опасные и вредные факторы

Этапы работ	Наименование запроектированных видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-99) [72]		Нормативные документы
		Вредные	Опасные	
Полевой	Отбор проб почвы и листьев тополя чёрного (<i>Populus nigra</i> L.)	1. Отклонение параметров климата на открытом воздухе.	1. Механические травмы при пересечении местности; 2. Пожароопасность.	ГОСТ 12.0.003-99 [17] ГОСТ 12.4.264-2014 [23] ГОСТ 12.4.240-2013 ССБТ [22] ГОСТ 12.1.038-82 [65] Р 2.2.2006-05 [81]
Лабораторный и камеральный	Альфа-спектрометрический анализ с радиохимическим выделением изотопов плутония ²³⁹⁺²⁴⁰ ; 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; 2. Пожароопасность.	ГОСТ 12.1.005-88 [71] СанПиН 2.2.4.548-96 [67] ГОСТ 30494-96 [26] СП 2.6.1.799-99 [64] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278-03 [19] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [72] СНиП 21-01-97 [70] ГОСТ 12.1.003-83 [86] ГОСТ 31336-2006 [66] ГОСТ 12.1.029-80 [65] ГОСТ 12.1.038-82 [18]

6.1 Анализ вредных факторов и мероприятия по их устранению

Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности [17].

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 Карагандинской области 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 [38].

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: спецбелье, носки, комбинезон или костюм (куртка, брюки), спецобувь, 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 [23].

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 [23].

Защитная одежда от радиоактивного загрязнения должна соответствовать основным требованиям, установленным ГОСТ 12.4.240-2013 [86]. 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 [22].

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 12).

Таблица 12 – Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры по ГОСТ 12.1.005-88 [71], СанПиН 2.2.4.548-96 [67]

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный или переходный	Температура воздуха в помещении	22-24 ⁰ С
	Относительная влажность	40-60%
	Скорость движения воздуха	До 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23-25 ⁰ С
	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 м³/чел, с учетом максимального числа одновременно работающих в смену. Нормы подачи свежего воздуха в помещении, где установлены компьютеры, приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Нормы подачи свежего воздуха в помещениях, где расположены компьютеры по ГОСТ 30494-96 [26]

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
Объем до 20 м ³ 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 ПЭВМ 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 14.

Таблица 14 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения в помещении лаборатории и помещении с ПЭВМ согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [64]

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонтальная, В – вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО $e_{н,}$ %		КЕО $e_{н,}$ %		Освещенность, лк		
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении		при общем освещении
						всего	от общего	
Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ	Г-0,8 Экран монитора: В-1,2	3,5 -	1,2 -	2,1 -	0,7 -	500 -	300 -	400 200
Лаборатории	Г-0,8	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500

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 [64].

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 [64].

Согласно положениям радиационной безопасности СП 2.6.1.799-99 [70], применяемым при контроле степени радиационной опасности при работе с радиоактивными материалами, испускающими ионизирующее излучение,

определяется коэффициент качества ионизирующего излучения (K), 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 25.

Таблица 15 – Коэффициенты качества ионизирующих излучений согласно СП 2.6.1.799-99 [70]

Линейная передача энергии $L\sim$ в воде		K_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
≥ 28	≥ 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 K применяются для оценки максимальных значений эквивалентной дозы различных видов ионизирующих излучений [70].

В процессе разложения измельчённых проб в кислотах производится работа с непосредственным использованием плавиковой (HF), азотной (HNO₃), соляной (HCl) и борной кислот (H₃BO₃) – 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 [19].

В таблице 16 представлены предельно допустимые концентрации химических веществ в воздухе.

Таблица 16 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005 [24]

№ п/п	Наименование вещества	№ CAS	Формула	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Азотная кислота ⁺	7697-37-2	HNO ₃	2	а	3	Раздражение дыхательных путей, язвы
2	Борная кислота		H ₃ BO ₃	10		3	Токсичное отравление
3	Плавиковая кислота ⁺		HF	0,1 (с.с) 0,5 (м.р.)	п	2	Токсичное отравление
4	Соляная кислота ⁺		HCl	5	п	2	Раздражение верхних дыхательных путей, ожоги
5	О,О,О-Трибутилфосфат ⁺	126-73-8	C ₁₂ H ₂₇ O ₄ P	0,5	п	2	

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, оказывать наркотический

эффект, приводит к отёку лёгких, изменениям в кровяной 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 [24].

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 [74].

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 [27]. Для рабочих помещений допустимый уровень звукового давления составляет 60 дБА по ГОСТ 12.1.003-83 [18].

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

насаждением, поглощающим звуки. Средства и методы защиты от шума определены в ГОСТ 12.1.029-80 [86].

5. Степень нервно-эмоционального напряжения

Работа на ЭВМ – это воспроизведение визуальной информации на дисплее, которая должна быстро и точно восприниматься пользователем.

Деятельность оператора, работающего на ПК, требует напряжения воли для обеспечения необходимого уровня внимания, что заставляет прилагать большие усилия и сопровождается последующим истощением энергетических ресурсов организма. Труд оператора характеризуется высоким уровнем психической нагрузки, так как на оператора возлагаются функции контролера, координатора. Нервно-психические нагрузки возникают в результате нерационального построения отношений между пользователем и ПЭВМ; ожидания информации на экране; исправления ошибок; поиска оптимальных решений; умственного перенапряжения, которое обусловлено характером решаемых сложных задач при составлении и отладке программы. Комплекс нервно-психических, нервно-эмоциональных и физиологических вредных факторов приводят к синдрому стресса пользователя ПЭВМ, который приводит к раздражительности, вялости, внутреннему дискомфорту, головной боли, воспалению органов зрения, аллергии, нарушению нормального функционального состояния сердечно-сосудистой системы человека.

Рациональная система взаимодействия (интерфейс) пользователя с ПЭВМ снижает нервно-психические нагрузки, повышает качество труда и производительность, что позволяет снизить время действия вредных факторов (нахождение в постоянном статическом положении, нагрузка на органы зрения, различные виды излучения) [86].

Во время регламентированных перерывов целесообразно выполнять комплекс упражнений, изложенный в Приложениях СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [83] других нормативных документах. Продолжительность непрерывной работы с ПЭВМ без регламентированного перерыва не должна превышать 1 часа.

Также в помещениях с ПЭВМ ежедневно должна проводиться влажная уборка. Помещения с ПЭВМ должны быть оснащены аптечкой первой помощи и углекислотными огнетушителями [65].

6.2 Анализ опасных факторов и мероприятия по их устранению

Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья [17].

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.).

2. 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» [84], 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...» [84].

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 [84].

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 и 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 17.

Таблица 17 – Нормирование напряжения прикосновения и тока ГОСТ 12.1.038-82 [21]

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 ПЭВМ 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) [20].

Защита от электрического тока подразделяется:

- защита от прикосновения к токоведущим частям электроустановок (изоляция проводов, блокировка, пониженные напряжения, знаки безопасности и плакаты);

- защиты от поражения электрическим током на электроустановке (защитное заземление, защитное отключение, молниезащита).

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

2. Пожароопасность

По пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории:

- 1) повышенная взрывопожароопасность (А);
- 2) взрывопожароопасность (Б);
- 3) пожароопасность (В1 - В4);
- 4) умеренная пожароопасность (Г);
- 5) пониженная пожароопасность (Д).

Категории помещений по пожарной и взрывопожарной опасности определяются исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, а также исходя из объемно-планировочных решений помещений и характеристик проводимых в них технологических процессов [84].

В рабочих кабинетах и в лабораториях нельзя пользоваться электроплитками с открытой спиралью или другими обогревательными приборами с открытым огнем, т.к. проведение лабораторных работ нередко связано с выделением пожаровзрывоопасных паров, газов, горячих жидкостей и веществ. Работы ведутся при строгом соблюдении правил пожарной безопасности. По окончании работ в лаборатории необходимо проверить газовые краны и отключить электроэнергию на общем рубильнике.

В процессе прокаливания проб в муфельной печи при температуре 600°C необходимо соблюдать правила безопасности во избежание получения термических ожогов. Муфельная печь должна соответствовать нормам пожаровзрывобезопасности веществ и материалов в электроприборах в соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 [21].

После окончания работы все производственные помещения должны тщательно осматриваться лицом, ответственным за пожарную безопасность.

К основным огнегасительным веществам относятся вода, химическая и воздушно-механическая пена, водяной пар, сухие порошки, инертные газы, галоидированные составы. Для первичных средств пожаротушения применяется песок, войлочные покрывала [84]. В здании для лабораторных исследований и камеральных работ имеются только порошковые огнетушители типа ОП-03.

6.3 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 [43].

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 [84].

В настоящее время на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона действует 3 ядерных реактора, которые используются в научно-исследовательских целях [89].

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 и 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 [84].

6.4 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 (до 1992 г. РСФСР) 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» [32, 79, 82, 83].

Порядок действия в чрезвычайных ситуациях отражен также и в ст. 56 и ст.88 Конституции РФ [63].

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 [80].

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 [76, 81]

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.

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Технико-экономическое обоснование научно-исследовательской работы проводится с целью определения и анализа трудовых и денежных затрат, направленных на их реализацию, а также уровня их научно-технической результативности [43].

Для выполнения этого нужно произвести следующие виды работ, которые выполняются последовательно: геоэкологические, лабораторные и камеральные. На основании технического плана рассчитываются затраты времени и труда.

С целью выявления денежных затрат, связанных с выполнением технического задания, необходимо определить прежде всего время на выполнение отдельных видов работ по проекту, спланировать их последовательное выполнение и определить продолжительность выполнения всего комплекса работ по проекту.

Геоэкологические работы био- и литогеохимическим методами проводились на территории Карагандинской области, в местах прилегания к Семипалатинскому испытательному полигону, а именно в п.Егиндыбулак, п.Айнабулак, п.Мыржик, на территории испытательной площадки «Опытное поле». Расстояние между точками пробоотбора на каждой площадке составляет 500-1000 м. Расстояние между площадками отбора составляет 40 км, а общая длина маршрута пробоотбора – 200 км.

7.1 Планирование, организация и менеджмент при проведении работ

Планирование работ

Организационный период. На стадии организационной подготовки ставится задача на проведение геоэкологических 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 период. Во время полевого периода производится отбор проб почвы и листьев тополя чёрного (*Populus nigra* L.). Опробование проводится в соответствии с линейно-календарным графиком.

Камеральный период. Камеральные работы заключаются в подготовке проб к лабораторным анализам, интерпретации результатов и обработке полученных материалов. Вся полученная информация представляется в виде отчета в соответствии с геоэкологическим заданием и требованиям к геоэкологическим исследованиям.

Выполнение геоэкологических работ происходит с помощью специалистов и рабочих. Снабжение полевых работ происходит путем выдачи необходимых материалов, приборов, а также выплачиваются деньги на питание.

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 18).

Таблица 18 – Календарный план

Виды работ	Планирование проектной работы	Транспортировка грузов и персонала	Отбор проб почвы и листьев тополя (<i>Populus nigra</i> L.)	Ликвидация полевых работ	Лабораторные работы	Камеральные работы
Единицы измерения	дни	ежедневно	проба	дни	месяц	месяц
Объем			12 (почва) 9 (листья)		Проводится по мере поступления проб в лабораторию	
2015	Июнь	+				
	Июль					
	Август		+	+		
	Сентябрь				+	+
	Октябрь				+	+
	Ноябрь				+	+
	Декабрь				+	+

Финансовый план позволяет планировать бюджет проекта. Финансирование геоэкологических работ осуществляется поквартально, это удобно и инвестору, и исполнителям, так как первые могут следить за промежуточными результатами, а вторые могут создать необходимые запасы и

планировать выполнение работ и доходы. Итоги финансового и календарного плана включаются в договор с инвестором, который имеет юридическую силу.

Финансовый план включает в себя расчет основных расходов физических единиц работ, общую сметную стоимость геоэкологических работ (форма СМ-1), расчет стоимости, с учетом амортизационных отчислений, основных фондов.

Геоэкологические работы. Содержание работ: выбор пунктов отбора проб, отбор проб почвенного покрова и листьев тополя черного вручную, маркировка пакетов для проб, этикетирование и упаковка проб, изучение и описание материалов проб, отражение и закрепление на маршрутной карте пунктов наблюдения, обжиг в муфельной печи материала проб, регистрация проб в журнале.

Отбор проб почвы и листьев тополя черного проводился в августе 2015 года. Пробы почвы отбирались точно в юго-западном направлении от Семипалатинского испытательного полигона по преобладающему направлению ветра (северо-восточные). Площадь отбора точечной пробы почвы – 100 см², глубина составляет 5 см. Листья тополя в первичной сырой массе порядка 50-100 грамм (20-30 листьев с одного дерева) отбирались из нижней части кроны, на высоте 1,5-1,8 м (на уровне расположения органов дыхания человека) с максимально возможного количества ветвей, растущих в разных направлениях [93].

Лабораторные работы. Данный этап работ включает радиохимический анализ проб в лаборатории изотопного анализа МИНОЦ «Урановая геология» НИ ТПУ и альфа-спектрометрические измерения. А также инструментальный нейтронно-активационный анализ, который выполняется подрядчиками в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии на базе исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета. Выполнялась подготовка пакетиков из фольги размером 30*30 мм, упаковка 100 мг вещества в пакетики.

Камеральные работы. Камеральная обработка материалов включает: сбор и систематизацию информации об исследуемой территории; сбор исходных

данных и их систематизацию в послеполевой период; собственно камеральную обработку материалов; выведение специализированных карт; машинописные и графические работы.

7.2 Бюджет научного исследования

Виды работ, которые необходимо провести для геоэкологических исследований, указаны в геоэкологическом задании. Виды, условия и объёмы работ представлены в таблице 19 (технический план). На основании технического плана рассчитываются затраты времени и труда.

Таблица 19 – Виды и объёмы проектируемых работ (технический план)

№ п/п	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм.	Кол -во		
1	Эколого-геохимические работы литогеохимическим методом	проба	12	Географическая привязка пунктов наблюдения. Отбор проб, этикетирование и упаковка, сушка проб. Регистрация проб в журнале. Просеивание материала проб. Упаковка проб в капсулы.	лопата, нож почвенный, пакеты полиэтиленовые, этикетки
2	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	проба	9	Привязка пунктов наблюдения. Отбор проб с помощью ножниц. Сушка проб - до воздушно-сухого состояния. Обозначение проб, и их регистрация - на бланках этикеток и журналов.	Ножницы, пакеты
3	Проведение маршрутов при эколого-геохимических работах био- и литогеохимическим методами	км	21	Выбор площадок отбора проб. Привязка пунктов наблюдения. Отбор проб почвы и объектов биосферы. Изучение и описание материалов проб. Этикетирование и упаковка проб. Корректировка записей в полевой книжке. Регистрация проб в журнале.	Сумка полевая кирзовая; Карандаш простой.
4	Полевая камеральная обработка материалов	проба	21	Систематизация проб. Составление сопроводительных ведомостей и оформление заказов на сторонние лабораторные работы. Написание соответствующего раздела в полевой отчет.	Блокнот малого размера Ручка шариковая (без стержня).
5	Камеральные работы, обработка материалов эколого-геохимических работ (без использования ЭВМ)	проба	44	Выявление источников загрязнения и путей транспортировки веществ-загрязнителей в окружающую среду. Разработка рекомендаций проведения природоохранных мероприятий. Дополнение новыми данными	Блокнот малого размера Ручка шариковая (без стержня)

				полевых книжек, журналов, каталогов.	
6	Камеральные работы, обработка материалов эколого- геохимических работ (с использованием ЭВМ)	проба	44	Аналитические и расчетные работы (табл. 60, строки 29-32): изучение результатов анализов проб и их систематизация; расчет геохимических показателей; оформление полученных данных в виде таблиц, графиков, диаграмм.	Электронно-вычислительная машина

Контроль процесса обработки проб

Для выявления уровней случайных погрешностей и получения надежных данных, подтверждающих отсутствие систематических погрешностей, все основные операции по опробованию подвергаются обязательному контролю. Достоверность результатов опробования устанавливается по отсутствию систематических погрешностей, а их точность – по уровню средних случайных погрешностей.

Для каждого периода контроля количество проб в каждом классе должно быть не менее 25-30, а общее количество проб – не менее 5-8% от всего числа проанализированных проб. В нашем случае на контроль процесса опробования от числа проб возьмем 8% [48].

Таблица 20 – Виды и объемы работ лабораторных исследований

№	Метод анализа	Количество проб	Внешний контроль 5%	Внутренний контроль 3%	Всего проб
1	Альфа-спектрометрический анализ на определение изотопов плутония	17	2	1	20
2	Инструментальный нейтронно-активационный анализ	21	2	1	24
Итого:		44			

7.3 Расчет затрат времени и труда по видам работ

Расчет затрат времени на геоэкологические работы определен в соответствии с «Инструкцией по составлению проектов и смет на

геологоразведочные работы» [35] и ССН-93 выпуск 2 «Геоэкологические работы» [72]. Из справочника использованы следующие данные:

- норма времени, выраженная на единицу продукции;
- коэффициент к норме.

Расчет затрат времени на геоэкологические работы выполняется по формуле:

$$t=Q*H_g*K,$$

где Q - объем работ; H_g - 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. Для этого заполняется таблица 21.

Таблица 21 – Расчет затрат времени на геоэкологические исследования с учетом отбора проб для контроля

№ п/п	Виды работ	Объем		Норма длительности, Н	Коэффициент, К	Нормативный документ	Итого чел./смена, N
		Ед. изм.	Кол-во				
1	Эколого-геохимические работы литогеохимическим методом	Шт	12	0,1083	1	ССН, вып. 2. Табл.27, строка 1, стб.10	1,3
2	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	Шт	9	0,1289	1	ССН, вып. 2. п.81	1,16
3	Проведение маршрутов при эколого-геохимических работах биогеохимическим методом	км	12	0,217	1	ССН, вып. 2. п.84; Табл.31, строка 41, стб.4	2,604
4	Проведение маршрутов при эколого-геохимических работах литогеохимическим методом	км	9	0,256	1	ССН, вып. 2. п.84; Табл.45, строка 8, стб.7	2,385
5	Камеральная работа обработка материалов эколого-геохимических работ (без использования ЭВМ)	шт ук	44	0,0034	1	ССН, вып. 2. Табл. 60, стр. 29, стб. 7	0,01496
6	Камеральные работы, обработка материалов эколого-геохимических работ (с использования ЭВМ),	шт ук	44	0,0533	1	ССН. Вып 2. Табл 61, стр.3, стб.3	2,3452

7	Полевая камеральная обработка материалов	шт ук	44	0,0041	1	ССН, вып. 2 Табл.54, строка 1, стб.3	0,1804
Итого:							9,99

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

7.4 Расчет производительности труда, расчет продолжительности выполнения всего объема проектируемых работ

Основным показателем для планируемых работ во времени считается производительность труда за месяц.

Основным показателем для планирования, организации и управления проектируемыми работами является производительность труда. 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.

После проведения расчетов по представленным выше формулам получаем требуемое количество бригад.

Все работы начинаются с 1 июня 2015 г. и завершаются в декабре 2015 г. Полевые работы будут осуществляться в течении 1 месяца, а камеральные - 6 месяцев. Транспортировка персонала будет осуществляться: на место работ и после окончания работ.

Таблица 22 – Расчет затрат труда

№	Виды работ	Т	Геоэколог	Рабочий 2 категории
			Н, чел/смена	Н, чел/смена

1	Эколого-геохимические работы литогеохимическим методом	1,3	0,65	0,65
2	Эколого-геохимические работы биогеохимическим методом	1,16	0,58	0,58
3	Проведение маршрутов при эколого-геохимических работах биогеохимическим методом	2,604	1,302	1,302
4	Проведение маршрутов при эколого-геохимических работах литогеохимическим методом	2,385	1,1925	1,1925
7	Камеральная работа обработка материалов эколого-геохимических работ (без использования ЭВМ)	0,014 96	0,01496	
8	Камеральные работы, обработка материалов эколого-геохимических работ (с использования ЭВМ),	2,345 2	2,3452	
9	Полевая камеральная обработка материалов	0,180 4	0,1804	
Итого:		9,9	6,27	3,72

7.5 Нормы расходов материалов

В соответствии со справочником сметных норм на геологоразведочные работы в таблице 23 представлено наименование материалов необходимых для проведения литогеохимических и биогеохимических работ. В таблице 24 расчет затрат на ГСМ.

Таблица 23 – Нормы расхода материалов на проведение геохимических работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Все полевые геохимические работы				
Лопата	шт.	500	1	500
Нож почвенный	шт.	400	1	400
Пакет полиэтиленовый	упак	300	5	1500
Журнал полевой	шт	100	2	200
Ножницы	шт.	300	0,5	150
Карандаш простой	шт	30	3	90
Блокнот малого размера	шт.	70	2	140
Итого:				2980

Таблица 24 – Расчет затрат на ГСМ

№	Наименование автотранспортного средства	Общая протяжённость маршрута	Расход,(л/км)	Стоимость за литр (р).
---	---	------------------------------	---------------	------------------------

1	Уаз	1000 км	0,12	33,1
		итого		3972

7.6 Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ (СМ 1)

Общий расчет сметной стоимости геоэкологического проекта оформляется по типовой форме.

Базой для всех расчетов в этой 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 1,2% от суммы расходов на полевые работы.

Расходы на ликвидацию полевых работ – 0,8% от суммы полевых работ.

Расходы на транспортировку грузов и персонала – 5% полевых работ.

Накладные расходы составляют 15% основных расходов.

Сумма плановых накоплений составляет 10% суммы основных и накладных расходов.

Сумма доплат рабочим равняется 2% от суммы основных и накладных расходов.

Резерв на непредвидимые работы и затраты колеблется от 3-6 %.

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 (7,9% от основной заработной платы);
отчисления на социальное страхование (26% 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 стоимости на проектно-сметные работы выполняется на основании
данных организации, составляющей проектно-сметную документацию. Оклад
берется условно [53].

Расчет осуществляется в соответствии с формулами:

$$ЗП = \text{Окл} * Т * К,$$

где ЗП – заработная плата (условно), Окл – оклад по тарифу (р), Т –
отработано дней (дни, часы), К – коэффициент районный.

$$\text{ДЗП} = ЗП * 7,9\%,$$

где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$\text{ФЗП} = ЗП + \text{ДЗП},$$

где ФЗП – фонд заработной платы (р).

$$\text{СВ} = \text{ФЗП} * 30\%,$$

где СВ – страховые взносы.

$$\text{ФОТ} = \text{ФЗП} + \text{СВ},$$

где ФОТ – фонд оплаты труда (р).

$$\text{СПР} = \text{ФОТ} + М + А + R,$$

где СПР – стоимость проектно-сметных работ [63].

Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные работы представлен в
таблице 33, а расчет затрат на подрядные работы – в таблице 34.

Таблица 25 – Сметно-финансовый расчет на выполнение проектно-сметных работ
(данные окладов ППС и НС согласно приложению 1 к приказу ректора ТПУ от
1.10.2013 г.)

Наименование расходов		Един. измер.	Затраты труда	Дневная ставка, руб	Индекс удорожания	Сумма основных расходов
Основная заработная плата:						
Ведущий специалист	1	чел-см	5,00	1 045	1,022	5340
Специалист I кат.	1	чел-см	3,00	818	1,022	2508
И Т О Г О:	2		8,00			7848
Дополнительная зарплата	7,9%					620
И Т О Г О:						8468
И Т О Г О: с р.к.=	1,3					11008
Страховые взносы	30,0%					3302
И Т О Г О:						14310
Материалы, $K_{ТЗР}=1,0$	5,0%					423
Амортизация	1	смена	8,00	66,22		397
И Т О Г О основных расходов:						15472

Таким образом, сметно-финансовый расчет на выполнение полевых работ на период (1 месяц) составляет 15 472 рублей.

Таблица 26 – Расчет затрат на подрядные работы

№	Метод анализа	Количество проб	Стоимость, руб	Итого
1	Альфа-спектрометрический анализ	17	8 500	144 500
2	Нейтронно-активационный анализ (ИНАА)	21	2 000	42 000
	Итого			186 500

7.7 Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ

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

Общий расчет сметной стоимости геоэкологических работ отображен в таблице 27.

Таблица 27 - Общий расчет сметной стоимости геоэкологических работ (СМ 1)

№ п/п	Наименование работ и затрат	Объём		Полная сметная стоимость, руб.
		Ед. изм	Количество	
I	Основные расходы на геоэкологические работы			
1	Проектно-сметные работы	% пр	100	15 472

	Полевые работы			15 472
	Организация полевых работ	% от ПР	1,50	232
2	Ликвидация полевых работ	% от ПР	0,80	124
	Камеральные работы	% от ПР	100	15 472
	Транспортные расходы			3 972
Итого основных расходов (ОР):				50 744
II	Накладные расходы	% от ОР	15	7 612
Итого: основные и накладные расходы (ОР+НР)				58 356
III	Плановые накопления	% от НР+ОР	20	11 671
IV	Компенслируемые затраты			
1	Полевое довольствие	% от ОР	3	1 522
2	Доплаты и компенсации	% от ОР	8	4 060
Итого компенсируемых затрат:				5 582
V	Подрядные работы			
Лабораторные работы				186 500
V	Резерв	% от ОР	3	1 522
Итого сметная стоимость				262 109
VI	НДС	%	18	47 180
Итого с учётом НДС:				309 289

Таким образом, затраты на реализацию научно-исследовательского геоэкологического проекта на установленный период составляет **309289** рублей с учетом НДС.

Заключение

В результате проведенной работы можно сделать следующие выводы:

Выполненное радиоэкологическое обследование территории районов Карагандинской области, прилегающих к Семипалатинскому испытательному полигону, позволило собрать объем необходимой информации, характеризующей радиоэкологическую обстановку в п.Егиндыбулак, п.Айнабулак, п.Мыржык.

По результатам исследований проведена оценка активности $^{239+240}\text{Pu}$, оценка активности ^{238}Pu нецелесообразна ввиду низких пределов его обнаружения. Большинство проб имеют низкие уровни активности (менее 0,05 Бк/кг), однако в точке $+49^{\circ}78'78.95''$ с.ш. и $+76^{\circ}37'56.12''$ в.д. на территории п.Егиндыбулак и в точке $+50^{\circ}08'66.98''$ с.ш. и $+77^{\circ}12'06.55''$ в.д. на территории п.Мыржык обнаружены повышенные активности, выше глобального уровня, более 1,8 Бк/кг, равного 0,2 Бк/кг [60].

Распределение плутония в почвах имеет «пятнистый» характер. Плутоний относится к числу малоподвижных элементов, его перераспределение по поверхности Земли происходит преимущественно за счет ветрового переноса и эрозии почв, а следовательно повышенная активность плутония в почвах в п.Егиндыбулак и п.Мыржык обусловлена уровнем глобальных выпадений. Хотя район вокруг с. Муржик, несомненно, был подвержен и воздействию региональных выпадений, так как расположен на пути следа выпадений от атмосферного испытания (24.09.1951), облако от которого проследовало в южном направлении.

Активность изотопов плутония в листьях тополя на в пересчете на сухую массу низкая – менее 0,008 Бк/кг сухой массы, наиболее значимая удельная активность изотопов $^{239,240}\text{Pu}$ равная $0,027\pm 0,016$ Бк/кг сухой массы, зафиксирована в точке $+49^{\circ}77'95.55''$ с.ш. и $+76^{\circ}40'17.90''$ в.д. также на территории п.Егиндыбулак.

В сравнении с исследованиями, проводимыми в 2002г. ИРБЭ НЯЦ РК, где активность изотопов плутония-239,240 превышала уровень фона глобальных выпадений, значения варьировались в диапазоне от 0,55 до 2,67 Бк/кг с

собственными исследованиями, проведенными в 2015 г., где диапазон активности в пробах почвы варьируется от 0,05 до 2,1 Бк/кг, установлено, что диапазон активности плутония-239,240 примерно одинаковый. Это объясняется длительным периодом полураспада ^{239}Pu и ^{240}Pu (240650 и 65370 лет соответственно).

Однако при анализе распределения активности плутония в листьях тополя наблюдается тенденция уменьшения активности по мере удаления от полигона. Плутоний практически не поступает из почвы в растения и относится к радионуклидам с очень низкой биологической подвижностью. Однако основная опасность загрязнения плутонием растений – это поверхностное радиоактивное загрязнение, это указывает, что уменьшение активности плутония в листьях тополя обусловлено ветровым переносом пыли с поверхности почв, загрязненных изотопами плутония.

Данные, полученные в ходе исследования поверхностной составляющей почв районов Карагандинской области на нахождение ртути, не показали превышение значения ПДК равное 2,1 мг/кг.

Мировой кларк Hg для почв составляет 0,12 мг/кг по подсчетам Добровольского [28], согласно этим данным максимум отмечается в п.Айнабулак, фиксируется превышение в 1,4 раза

Повышенное содержание ртути в п.Айнабулак, объясняется наличием большого количества малых котельных с печным отоплением, а также влиянием автотранспорта. Источники поступления ртути давно исследуются разными авторами. Ртуть может попадать в воздух в результате сжигания ископаемого топлива. На территории СИП в непосредственной близости от боевых площадок расположено угольное месторождение «Каражыра», возможно превышение содержания ртути объясняется пылением с месторождения, так как угли содержат ртуть и другие токсичные элементы.

На основании проведенного исследования можно заключить, что радиоактивное загрязнение исследуемой территории около п.Егиндыбулак, п.Айнабулак, п.Муржик (на западной границе СИП) очень неоднородное.

Значительная часть региона, включая территорию самого СИП, характеризуется близкими к фоновым уровнями радиационного загрязнения. Однако некоторые районы показывают уровни загрязнения, соответствующие гораздо более высоким уровням удельной активности плутония, одного из самых опасных техногенных радионуклидов, что может привести к радиологическим последствиям. Повышенные активности трансурановых элементов в почвах территорий представляют реальную опасность для хозяйственного использования территории.

В частности:

- не рекомендуется производить пахотные работы в целях предотвращения вторичного радиационного загрязнения территории;

- учитывая мозаичный характер распределения радионуклидов на данной территории, необходимо ограничить использование данных земель под пастбища и сенокосные угодья;

- при проведении сельскохозяйственных работ необходимо проводить контроль радиационного загрязнения получаемой продукции;

- все работы по недропользованию проводить после предварительного детального радиоэкологического обследования территории и при последующем радиоэкологическом сопровождении работ.

В целом для территорий п.Егиндыбулак, п.Айнабулак, п.Мыржык выявлено техногенное влияние СИП, полученные данные исследований представляют практическую и научную значимость для проведения радиоэкологического мониторинга территорий в зоне влияния СИП.

Список использованной литературы:

1. «Завершение 1 этапа радио-эколого-геохимического обследования территории Карагандинской области, возвращаемой Семипалатинским ядерным полигоном» / Отчет по договору № 8 от 29.07. 2002 г. - Курчатов, ИРБЭ НЯЦ РК, 2002. – 48 с.
2. Актуальные вопросы радиозологии Казахстана. Вып.4, т.1: Сборник трудов Национального ядерного центра Республики Казахстан за 2011-2012 гг. - Павлодар; Курчатов: Дом печати, 2013. – 395 с.
3. Архангельская Т. А. Ретроспективная оценка радиозологической ситуации по результатам исследования годовых колец срезов деревьев: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. - Томск, 2004.
4. Атурова В.П. Плутоний в почвах Красноярского края: автореф. дис ... канд. биол. наук. - Красноярск, 2001.
5. Атчабаров Б. Семипалатинский полигон – факты и размышления. Алматы. 1995 г.
6. Ахметов М.А., Птицкая Л.Д., Стрильчук Ю.Г., Осинцев А.Ю. Оценка радионуклидного загрязнения территории Актогайского района Карагандинской области // Вестник НЯЦ РК «Радиозология. Охрана окружающей среды» выпуск 3, сентябрь 2002. – с.30-36.
7. Батырбеков Г.А. Оценка современного состояния радиационной обстановки на территории Семипалатинского испытательного ядерного полигона. Доклад на казахстано-американо-российском Совещании по итогам выполнения контракта №DNA 001-94-С-0122.
8. Бахур А. Е., Дубинчук В. Т., Березина Л. А. и др. Радиоактивные частицы в почвах Семипалатинского полигона // Радиация и риск, Выпуск № 9, 1997. – с.71-84.
9. Безопасность жизнедеятельности: Учебник / Василий Юрьевич Микрюков. – Москва : Издательство "ФОРУМ", 2008. – 464 с.

10. Бекман И.Н. Плутоний. МГУ им. М.В.Ломоносова, кафедра радиохимии: Москва, 2010. – 165 с.
11. Воит Г., Семиошкина Н., Додд Б., Говард Б.Дж., и др. Современная радиозэкологическая обстановка на Семипалатинском испытательном полигоне в Казахстане в отношении плутониевого загрязнения // Вестник НЯЦ РК «Радиозэкология. Охрана окружающей среды» Выпуск 3, сентябрь 2000. – с.164-170.
12. Волкова В. Г., Давыдова Н. Д. Техногенез и трансформация ландшафтов. – Новосибирск: Наука 1987г.
13. Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. Физическая география СССР. Азиатская часть. Учебник для университетов. – М.: Государственное издательство географической литературы, 1963. – 572 с.
14. Географическая информация о СИП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://poligon.org.kz/geography.shtml>
15. Глазовская М.А. Теория геохимических ландшафтов в приложении к изучению техногенных потоков рассеяния и анализу способности природных систем к самоочищению // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. – М.: Наука, 1981, 7-41 с.
16. Горин В.В., Матущенко А.М., Смагулов С.Г. и др. Семипалатинский полигон: хронология подземных ядерных взрывов и их первичные радиационные эффекты. // Бюллетень центра общественной информации по атомной энергии -1993 N9-21-32.
17. ГОСТ 12.0.003–99. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
18. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности
19. ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества.
20. ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда. Средства и методы защиты от шума. Классификация

21. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
22. ГОСТ 12.4.240-2013 ССБТ. Костюмы изолирующие. Общие технические требования и методы испытаний
23. 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
24. ГОСТ 12Л.005. Высокoопасные вещества.
25. ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб»
26. ГОСТ 30494-96. Межгосударственный стандарт //Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях от 1999-03-01
27. ГОСТ 31336-2006 Шум машин. Технические методы измерения шума компрессоров и вакуумных насосов
28. Добровольский В. В. Основы биогеохимии. М. АСADEMIA. 2003. -398с.
29. Дубасов Ю.В. и др. Хронология ядерных испытаний в атмосфере на Семипалатинском полигоне и их радиационная характеристика. //Вестник научной программы «Семипалатинский полигон-Алтай». – 1994. - №4.
30. Дуглас Райли, Норберт Энслин, Хэйстингс Смит, Сара Крайнер. Пассивный неразрушающий анализ ядерных материалов. М.: Бином, 2000. – 720 с.
31. Ергалиев Г.Х., Мясников А.К., Никитина О.И., Сергеева Л.В. геологическое строение Семипалатинского испытательного полигона // «Геофизика и проблемы нераспространения» выпуск 2. – Курчатов: Вестник НЯЦ РК, 2000.
32. Закон РФ от 5 марта 1992 г. N 2446-1 «О безопасности»
33. Израэль Ю.А. Радиоактивное загрязнение природных сред при подземных ядерных взрывах и методы его прогнозирования. Ленинград. Гидрометеорологическое издательство. – 1970.

34. Инструкции и методические указания по оценке радиационной обстановки на загрязнённой территории. Под редакцией Ю.А. Израэля, 1989 г.
35. Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы М.: Роскомнедра, 1993. – 61 с.
36. История СИП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://old.nnc.kz/index.php?id=history&lang=ftp%3A%2F%2Fadhost02%3Asnh2301%40ftp.whl0084.whservidor.com%2Fpublic_html%2Ftesting.php
37. Источники загрязнения ртутью. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://chemistryandchemists.narod.ru>
38. Кайрамбаев С.К. Миграция радионуклидов в системе «почва – растение» на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Курчатов, 2006.
39. Канке В.А. Основы философии / В.А. Канке. М.: Логос; Высшая школа, 2001. – 288 с.
40. Кист, А. А. Применение нейтронно-активационного анализа в биологии : автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Ташкент, 1964б. – 24 с.
41. Колесник, В. В. Инструментальный нейтронно-активационный анализ биоматериалов и аэрозольных частиц / В. В. Колесник, Н. П. Росляков, А. М. Самонов и др. // Ядерно-физические методы анализа в контроле окружающей среды: Труды 3 Всесоюзного совещания. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1987. – С. 68–73.
42. Конституция Российской Федерации. Принята всенародным голосованием 12.12.1993
43. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Методы поиска новых идей и решений «Методы менеджмента качества» №1 2003 г.
44. Логачев В.А. Семипалатинский полигон: Обеспечение общей радиационной безопасности ядерных испытаний. Москва. 1997 г.
45. Логачев В.А. Ядерные испытания на Семипалатинском полигоне и их влияние на окружающую среду / В.А. Логачев // Вестник НЯЦ РК. 2000. - вып. 3. – с. 9-14.

46. Межибор А.М. Экогеохимия элементов-примесей в верховых торфах Томской области: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. - Томск, 2009.
47. Методика выполнения измерений удельной активности изотопов плутония ($^{239+240}$, 238) в пробах почв, грунтов, донных отложений альфа-спектрометрическим методом с радиохимической подготовкой (Инструкция НСАМ №406-ЯФ, Свидетельство №49090.3Н619).
48. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов, утверждено Министерство экономики РФ, Министерство финансов РФ № ВК 477 от 21.06.1999 г
49. Молчанова И.В., Михайловская Л.Н., Позолоти-на В.Н. и др. Техногенные радионуклиды в почвах восточно-уральского радиоактивного следа и их накопление растениями различных таксономических групп // Радиационная биология. Радиоэкология. - 2014. - т. 54, № 1. -С. 77-84.
50. МР 2.6.1.27-2003. Зона наблюдения радиационного объекта. Организация и проведение радиационного контроля окружающей среды. Методические рекомендации.
51. Национальный доклад о состоянии окружающей среды и использования природных ресурсов РК за 2011-2014 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://energo.gov.kz/assets/old/uploads/files/2016/04/ndsos_2011_2014.pdf
52. Осинцев А.Ю., Стрильчук Ю.Г., Митяев А.В. Радиологическое исследование территории Карагандинской области в пределах Семипалатинского испытательного полигона // Вестник НЯЦ РК выпуск 1, март 2004. – с.24-28.
53. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
54. Паницкий А. В., Лукашенко С. Н., Магашева Р. Ю. Особенности вертикального распределения радионуклидов в почвах бывшего Семипалатинского испытательного полигона // Фундаментальные исследования, Выпуск № 10-10, 2013. – С.2231-2236.

55. Поляков В.А., Мельников Е.С. Оценка радиозоологической обстановки на территории северной части Западной Сибири. // Криосфера Земли, 1998, т. 11, №1 – с. 36-43.
56. Последствия ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном полигоне. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://poligon.org.kz/result.shtml>
57. Природно-климатические условия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://karaganda-region.gov.kz/rus/region_1_3/
58. Прохоров В.М. Миграция радиоактивных загрязнений в почвах. М.: Энергоиздат, 1981. – 98 с.
59. Рихванов Л. П. Общие и региональные проблемы радиозоологии. - Томск: Изд-во ТПУ, 1997. – 384 с.
60. Рихванов Л.П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозоологии: учебное пособие.- Томск: STT, 2009.- 430 с.
61. Рихванов Л.П., Робертус Ю.В. Некоторые особенности радиоактивного загрязнения территории Горного Алтая // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: матер. IV Межд. конфер. - Томск: «Тандем-Арт», 2004. - С.769-771.
62. Робертус Ю.В. Радиозоологическая обстановка на территории Республики Алтай // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: матер. IV Межд. конфер. - Томск, 2013. - С. 456-460.
63. Руководство к своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК), 4-е издание, 2008 г.
64. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
65. СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»
66. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»

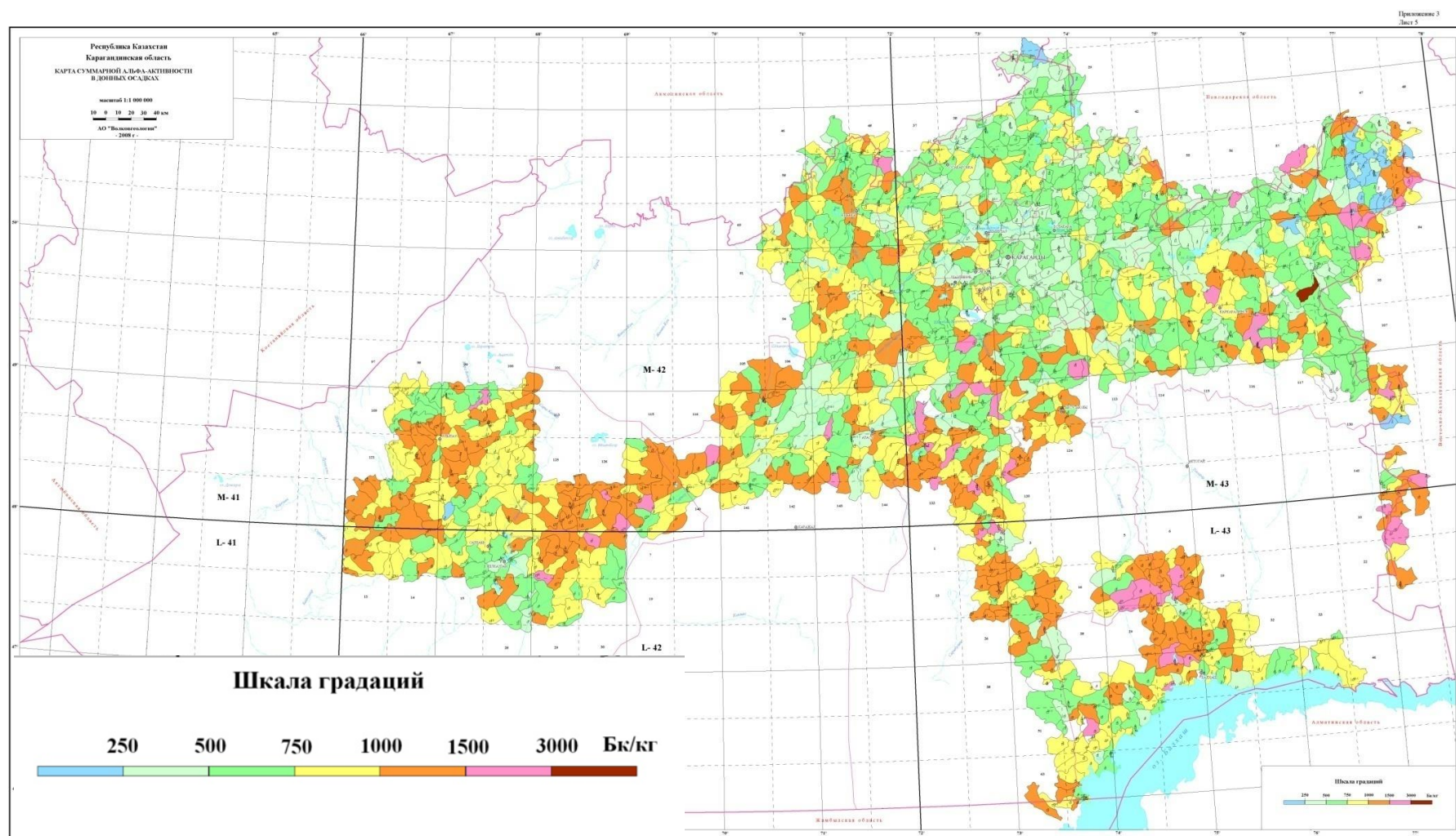
67. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
68. Семиошкина Н.А. Оценка радиологических последствий радиоактивного загрязнения территории Семипалатинского испытательного полигона: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Обнинск, 2002.
69. Соломатин В.М. Оценка радиозэкологических рисков для населения и биоты на территории Семипалатинского испытательного полигона: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Обнинск, 2010.
70. СП 2.6.1.799-99 Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности
71. ССБТ ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»
72. ССН Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. Выпуск 2. Геолого-экологические работы / Комитет по геологии и использованию недр при Правительстве РФ. - М., 1993.
73. СТП 17.66-92 плутоний-238, 239, 240 Радиохимическая методика выделения почвы и приготовления препаратов для альфа-спектрометрических измерений. Стандарт предприятия. Комплексная система управления качеством разработок. - Введ. 1993-01-02. – СПб.: НПО «Радиевый институт им.В.Г.Хлопина», 1993. – 10 с.
74. Технический регламент о безопасности средств индивидуальной защиты - постановление N 1213 от 24 декабря 2009
75. Трансурановые элементы в окружающей среде: пер. с англ. / под ред. У.С. Хэнсона. - М.: Энергоатомиздат, 1985. – 344 с.
76. 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.)
77. Тухватулин Ш.Т., Жотабаев Ж.Р., Кадыржанов К.К. и др. // Сб. матер. II Междунар. Конф. «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде», Семипалатинск, 16-18 ноября 2002 г. Т. 2. Семипалатинск, 2002. – с. 128-140.

78. Уфимцева, М. Д. Фитоиндикация экологического состояния урбоэкосистем Санкт-Петербурга / М. Д. Уфимцева, Н. В. Терехина. – СПб. : Наука, 2005. – 339 с.
79. Федеральный закон от 09.01.1996 N 3-ФЗ (ред. от 19.07.2011) "О радиационной безопасности населения" (09 января 1996 г.)
80. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 24.11.2014, с изм. от 29.12.2014) "Об охране окружающей среды" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2015) (10 января 2002 г.)
81. 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.)
82. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 31.12.2014) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (21 июля 1997 г.)
83. 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.)
84. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. От 02.07.2013) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
85. Чомчоев А. И. Радиационные проблемы на территории республики САХА (Якутия) // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: мат. междунар. конф., Томск, 22-24 мая 1996 г. - Томск: Изд-во ТПУ, 1996. - С.227-280.
86. Экология и безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для вузов/ Под ред. Л.А. Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА. – 2000.
87. Эмсли Дж. Элементы: пер. с англ. - М.: Мир, 1993. – 256 с.
88. Ядерные испытания на СИП. Архивные материалы в/ч №52605.
89. Ядерные испытания СССР. Семипалатинский полигон /под ред. В.А. Логачева. - М.: Изд АТ, 1997. – 319 с.

90. Ядерные испытания СССР. Семипалатинский полигон: обеспечение общей и радиационной безопасности ядерных испытаний. / Кол. авторов под рук. В.А. Логачева. М.: Вторая типография ФУ "Медбиоэкстрем" при Минздраве России, 1997 г.
91. Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю. Геоэкологический мониторинг. Учебное пособие для вузов.- Томск: Изд-во 2003. – 336 с.
92. Язиков, Е. Г. Геоэкологический мониторинг: Учебное пособие // Е. Г. Язиков, А. Ю. Шатилов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2004. – 276 с.
93. Ялалтдинова А.Р. Элементный состав растительности как индикатор техногенного воздействия на территории г.Усть-Каменогорска: дис. ... канд. г.-м.. наук. Томск, Труа, 2015.

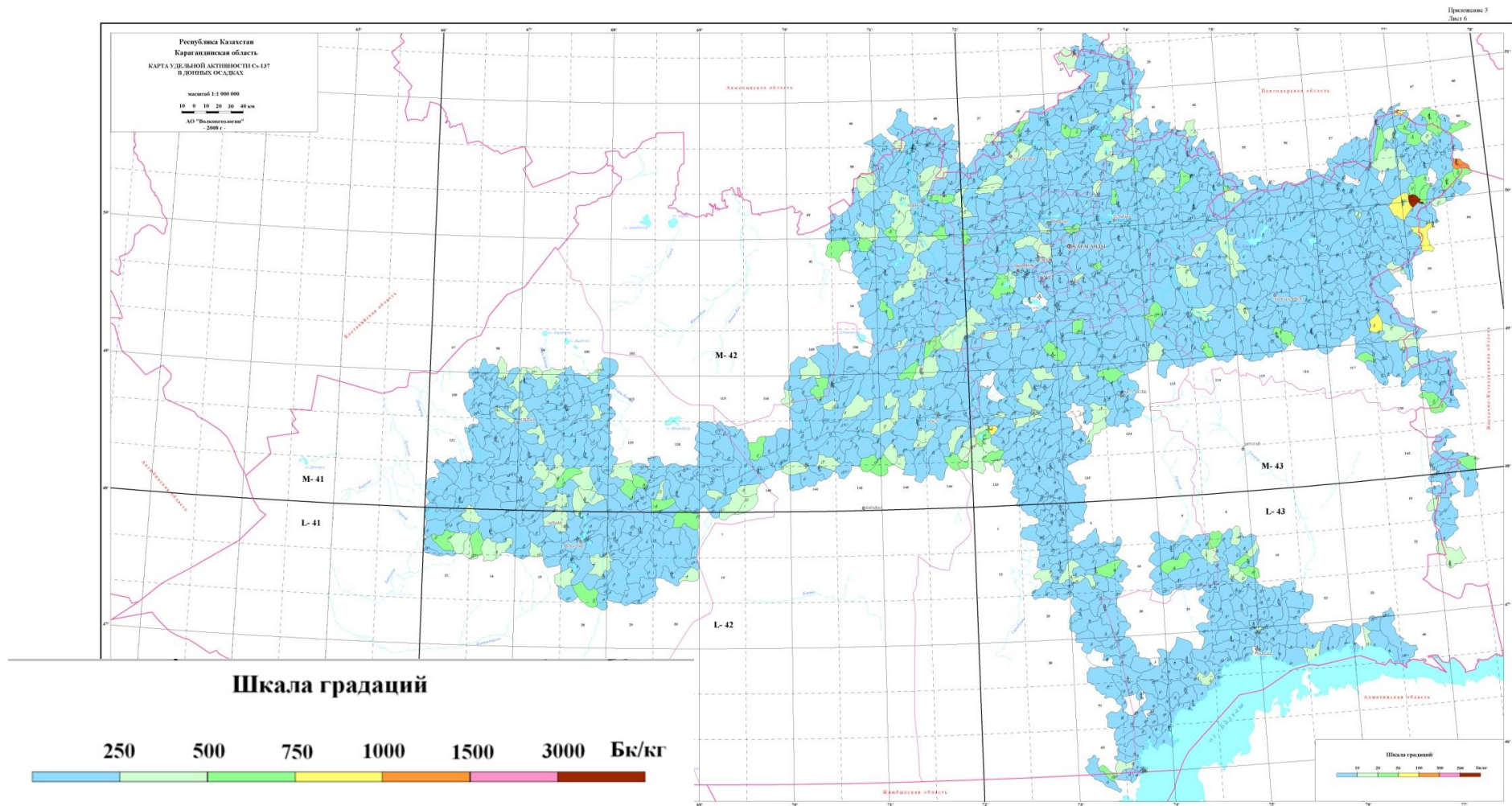
Приложение А

Карта суммарной альфа-активности в донных осадках Карагандинской области, ОАО «Волковгеология», 2008г.



Приложение Б

Карта удельной активности Cs-137 в донных осадках Карагандинской области, ОАО «Волковгеология», 2008 г.



Influence of the Semipalatinsk test site on the Environment

The Semipalatinsk nuclear test site (STS) in Kazakhstan was the main site for testing nuclear weapons in the former Soviet Union. Between 1949 and 1989, 459 nuclear tests were conducted at the STS [24]. Among them, 116 explosions were aboveground. The approximate cumulative explosive yield of these tests, 6.4 MT, is about 6 times greater than the explosive yield of the above ground tests at the Nevada Test Site [35]. This comprises nearly 65% of the overall number of nuclear explosions conducted by the USSR. For its entire existence, the Semipalatinsk Test Site was the primary location for conducting nuclear testing. The last nuclear test at the Semipalatinsk Test Site was conducted at the Balapan site on 19, October 1989. As a result, large-scale, heterogeneous radioactive contamination occurred on the STS and its adjacent territories. High levels of radioactive contamination still exist within some areas of the STS [43].

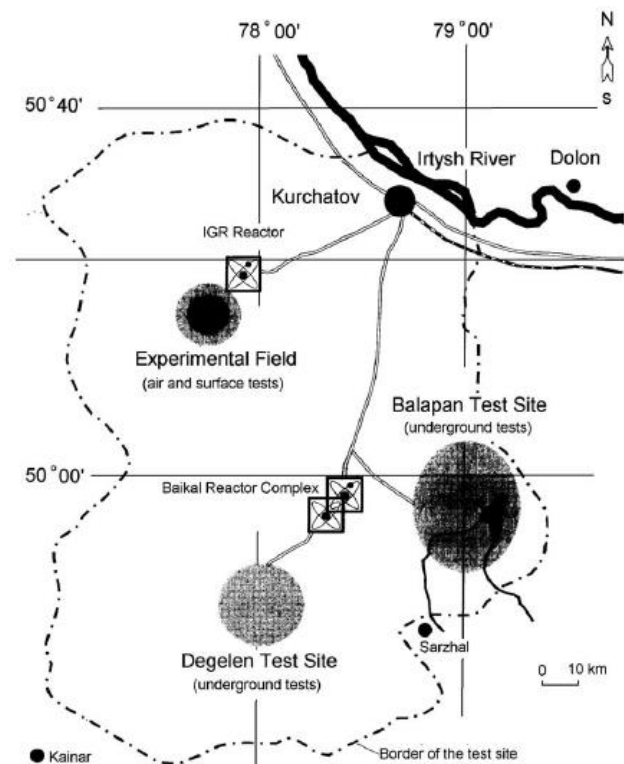


Fig. B. 1 – Semipalatinsk test site in Kazakhstan

The STS is interesting because the primary dose-contributing radionuclides are different from those studied by radioecologists in the area of the South Ural radioactive trace, territories contaminated after the Chernobyl accident, and areas with enhanced background radiation. Thus, research conducted at the STS represents a unique class of radioecological studies that offers additional opportunities to understand the effects of radiation exposure [14].

The STS is located within a steppe geographical zone, where there is sharply continental climate with low humidity and rare rainfall. The climatic conditions of the Kazakh steppe result in a community of biological species that are different from those more often studied by radioecologists. This also emphasizes the importance of radiobiological studies at the STS [14].

Soil cover is an important component of the environment and the main repository of radionuclides. Radionuclides may accumulate to such an extent that they affect soil functions, migrate into ground- and surface water, and thus can affect ecosystem health. Local contamination is one of the main threats to soil identified by the EU Soil Communication [10]. This is why, the data on radionuclide distribution in the soil cover is a fundamental prerequisite for the contaminated land management.

The transuranium elements such as neptunium, plutonium and americium are present world-wide in the form of global fallout from the nuclear weapons tests. These elements have no stable counterparts, and can exist simultaneously in several valence states in the environment. Therefore, it is rather difficult to predict the environmental behavior and characteristics of these elements, unlike most of the fission products, on the basis of their known chemical properties. The environmental behavior of plutonium and americium have been studied in various locations using plutonium isotopes ^{239}Pu and ^{240}Pu and americium isotope ^{241}Am derived not only from the global fallout but also from the low-level waste from reprocessing plants [44].

The basic sources of environmental radioactive contamination with plutonium isotopes (^{239}Pu , ^{240}Pu and ^{238}Pu) are nuclear weapons tests, nuclear fuel reprocessing plants, accidents in nuclear power plants, etc. It was estimated that about 13 TBq of

$^{239, 240}\text{Pu}$ and 360 TBq of ^{241}Pu was discharged to the atmosphere as a result of nuclear weapons tests in the Novaya Zemlya test site in the period from 1945 to 1976 [26].

The most part of plutonium is concentrated in the surface layers of the soil and bottom sediments of seas, lakes, and oceans. It is known that oceanic and lake sediments accumulate and store information on the anthropogenic environmental contamination. In recent years, the researchers' interest mainly concerned the Pu content in marine, oceanic, and river sediments [29].

At present, the possibility of economic use of the STS territory (18 500km²) is discussed [34]. However, in spite of the long history of the research, radioactive contamination of the SNTS has not been adequately [7]. It is well known [2] that radionuclide contamination of the STS territory occurs as «hot spots», making fine scale characterization very important. Detailed cartographic investigations is an initial step in the assessment of the risks posed by contaminated sites at regional scale and can provide important information on a landscape distribution of radionuclides, heterogeneity of soil contamination, and a portion of heavily contaminated plots within the whole area. In particular, there were no such studies on the most contaminated locations of the STS, i.e. technical areas.

So far, there is no common international standard for protection of the environment from the effects of ionising radiation and regulatory regime that covers all aspects of the management of radioactively contaminated lands. Some guidelines and recommendations may, however, be useful. ICRP recommendations on radiological protection are presented in [20] which are a primary basis for radiation protection legislation and/or regulation in a number of countries. However, there are some situations, including many radioactively contaminated lands, when it is difficult to predict all possible irradiation scenarios as are the case when the territory is devoid of inhabitants and economic activity like the most part of the STS areas.

We have supposed that preliminary estimation of soil contamination is important for such situations for following management the area. The IAEA has recommended the clearance levels for a number of key radionuclides in solid materials [18] designed to assist national regulatory agencies in their deliberations.

These rules relate to the regulations for keeping and use of radioactive materials and the disposal of radioactive waste, and, therefore, are not directly applicable for radioactively contaminated soils. However, if level of residual contamination is higher than the clearance levels, any soil samples subsequently dug up from the site might be considered as radioactive waste [40]. National guidelines of Russia and Kazakhstan on restricting radionuclide activity concentrations in solid wastes differ from the ones recommended by the IAEA. Therefore, possibility and ways of economic use of the STS territory could vary strongly depending on the standards applied.

The instrumental method of plutonium determination

In the studies of radionuclide composition of nuclear test sites the central issue concedes the analysis of plutonium content. Together with the estimation of such radionuclides, as ^{137}Cs , ^{60}Co , europium isotopes, ^{241}Am and ^{90}Sr , the determination of plutonium contents in soil samples allows comprehensive information on the character and time of carrying out of the tests. Most of the radionuclides mentioned above will traditionally be analyzed by the instrumental T spectrometric method with sensitivity, sufficient for radioecological research. ^{90}Sr and plutonium isotopes ($^{239+240}\text{Pu}$, ^{238}Pu) are an exception, the concentrations of which are usually determined after a preliminary radiochemical separation using the analysis of α - and β -spectra of the thus obtained samples [22].

However, the complexity and low yields of the radiochemical method practically exclude its use in the assignments with large number of analytical determinations. On the other hand, the considerable advance in the development of γ -detectors with a big active surface and good energy resolution has been made in recent years. The new instrumentation possibilities have drawn the attention of the researchers to the instrumental methods of plutonium and americium determination [6].

The radiochemical method was used for a detailed study of the «Telkem-2» object and some sites of the object «Opytnoe pole» in STS. The objects under study differed in the character of nuclear tests. Lake «Telkem-2» is the result of excavation explosion of three one-type charges of little power. The object «Opytnoe Pole» is a territory in which different test of various powers were made in different times. The features of these objects are visually expressed by the correlation dependencies of americium and plutonium contents [22].

Figure 2 shows the dependence of plutonium contents on americium contents according to the results of the samples, taken on some sites of «Opytnoe Pole». Such dependence for the «Telkem-2» object is shown in Figure 3.

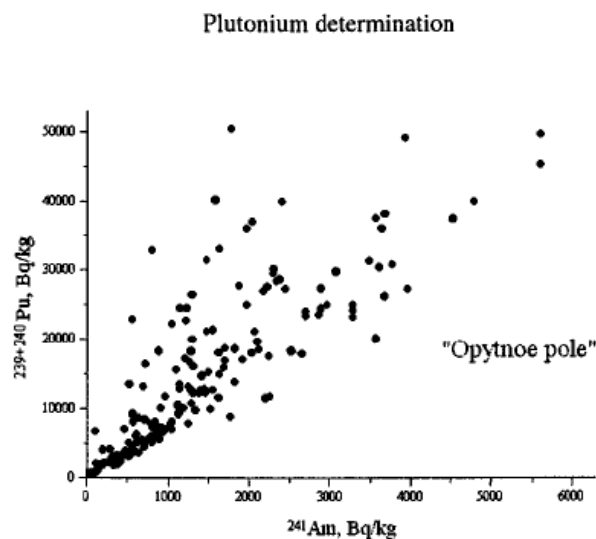


Fig. B.2 – Plutonium versus americium concentration on «Opytnoe Pole» site

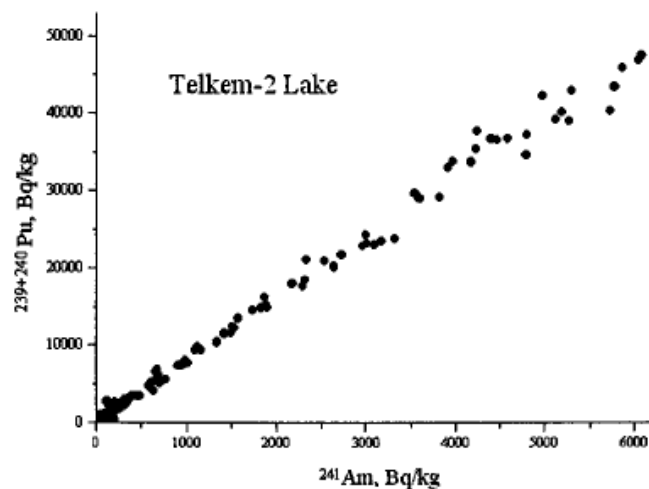


Fig.B.3 - Plutonium versus americium concentration on «Telkem-2» lake

These figures show that the correlation degree between americium and plutonium is very different. Less strong correlation for the object «Opytnoe Pole» is explained by more complicated and long-term history of its contamination with radionuclides.

Pu isotopes and ^{137}Cs in the surrounding areas of the STS

By the Japanese scientists the $^{239,240}\text{Pu}$ levels were studied at some sites, including some settlements such as Mostik, Dolon and Chagan, forest and pasture areas, along the roads from Semipalatinsk City to Kurchatov City and to Korosteli settlement in the direction of the Altai District, were several to a few ten times higher than the domestic level (40-120 Bq/m²). The atomic ratios of $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ in the soil were in the range of 0.024-0.125, which were significantly lower than the value of 0,18 commonly accepted for global fallout Pu. [45].

Figure 4 compares inventories of $^{239,240}\text{Pu}$ at the areas within and outside STS territory, including the levels of global fallout $^{239,240}\text{Pu}$ in Japan. 15 As seen in this figure, inventories of $^{239,240}\text{Pu}$ of most of the sites within STS territory and Sarzhai settlement are several – a few hundred times higher than those observed in Japan (40-120Bq/m²).

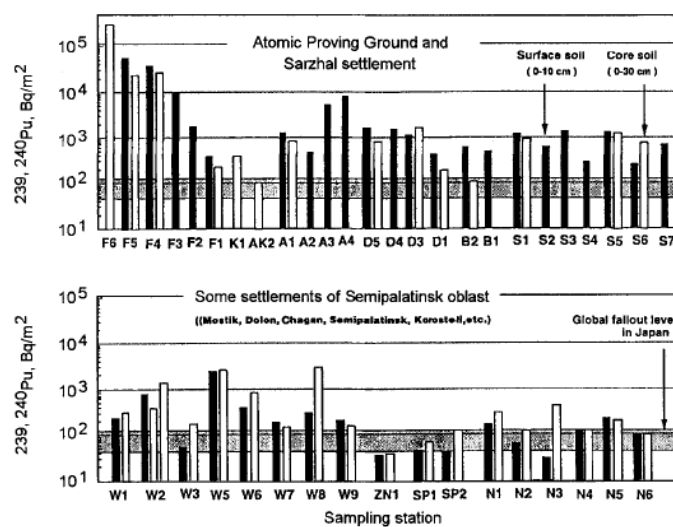


Fig.B.4 – Comparison of $^{239,240}\text{Pu}$ inventories in soil from the areas within and outside the territory of the Semipalatinsk nuclear test site

Mechanisms for surface contamination of soils and bottom sediments in the Shagan River zone within former Semipalatinsk Nuclear Test Site

The Shagan River is the only surface watercourse within the former STS. It flows along the eastern boundary of the STS and is the left-bank tributary of Irtysh River. The nuclear tests at STS caused some radioactive contamination in the Shagan River valley. Thus, there is a possibility of transporting radionuclides with waters of the Shagan River resulting in radioactive contamination of the Irtysh River.

The following factors might affect the formation of radionuclide contamination in the valley of the Shagan River: deposition from global atmospheric contamination, atmospheric fallout from nuclear explosions at the “Experimental Field” site, atmospheric fallout and outburst of contaminated rock caused by the excavational explosion in Borehole 1004, wind-driven transfer and transfer of radionuclides with surface waters from the zone of soil piles around “Atomic” Lake, and inflow of groundwater contaminated with radionuclides from the area of the “warfare” boreholes. The most considerable contamination of the area was caused by the underground nuclear explosion with outburst of soil called “Chagan”, done in Borehole 1004 in 1965, which resulted in a crater later to be named “Atomic” Lake. This is at the confluence of Shagan and Aschisu Rivers within the “Balapan” site. It was the first experimental industrial nuclear explosion, which was done to obtain information about the possibilities of using nuclear explosions to build water reservoirs in arid regions of the former Soviet Union, particularly in Kazakhstan [1].

Figs. 5-7 show the distribution of ^{137}Cs and ^{241}Am in the soil transects. The orientation of transects was taken from south to north. The results show that ^{137}Cs activity concentrations had a wide range from 1 to 500 Bq/kg, and activity concentrations of ^{241}Am ranged from 1 to 48 Bq/kg. The peaks of these radionuclides, almost everywhere, changed synchronously, which may indicate a common source. By indicating where the plumes of atmospheric nuclear tests intersected the transects (the green solid bars), it is apparent that these blasts may explain the origin of ^{137}Cs

and ^{241}Am activity peaks. In a number of cases, using the data obtained made it possible to correct the axes (green dotted line) of these plumes [1].

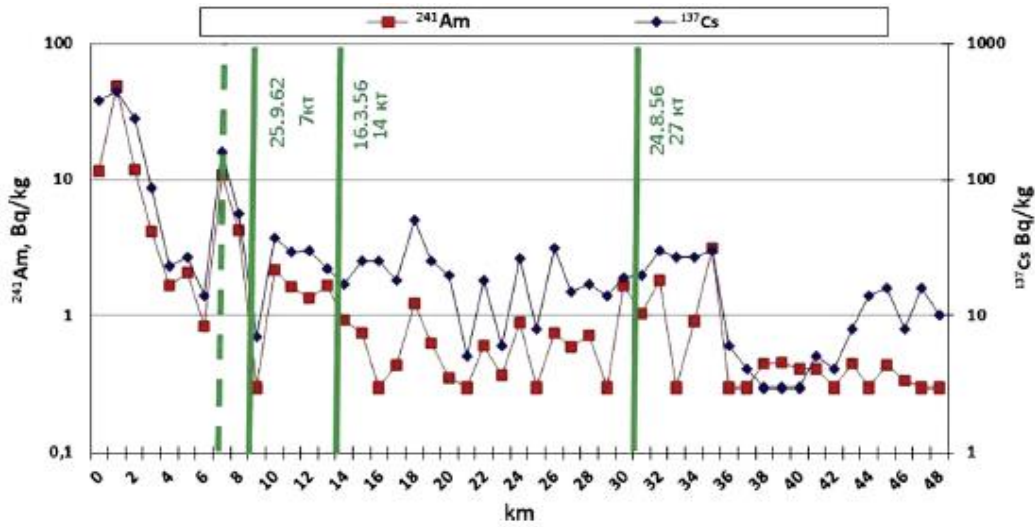


Fig.B.5 – Distribution of ^{137}Cs and ^{241}Am on transect 2

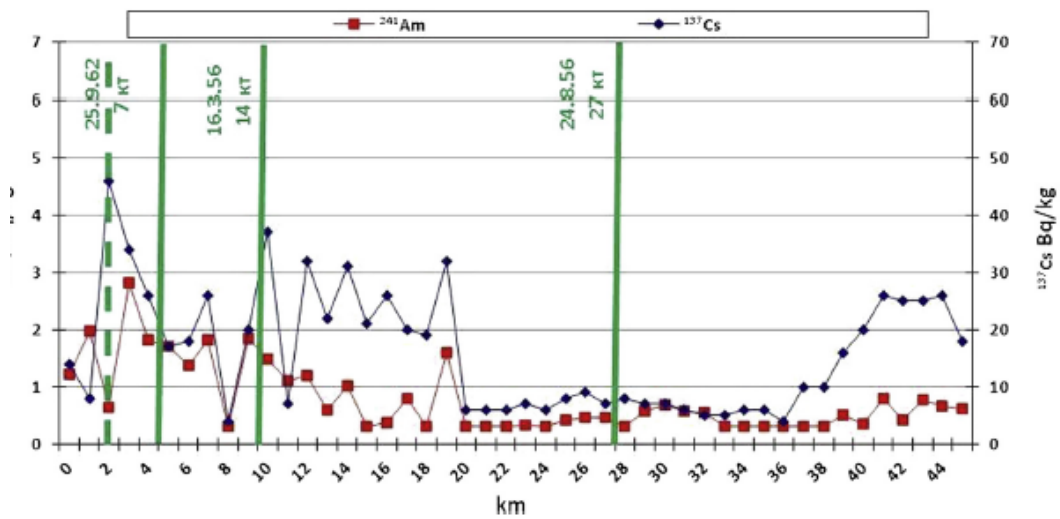


Fig.B.6 – Distribution of ^{137}Cs and ^{241}Am on transect 3

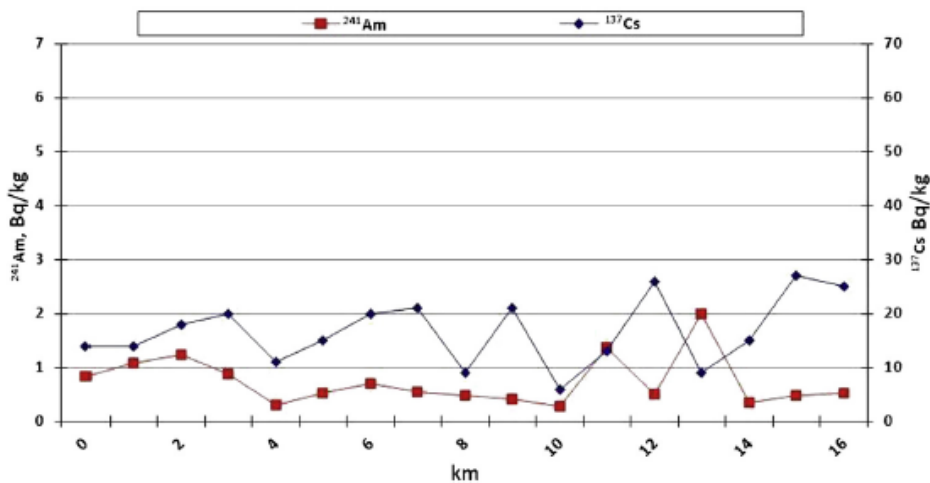


Fig.B.7 – Distribution of ^{137}Cs and ^{241}Am on transect 5

Given the considerable complexity of the traditional methods for determining $^{239+240}\text{Pu}$ (a-spectrometry with preliminary radiochemical separation), we focused on determining the correlation between ^{241}Am and plutonium. Such an approach is quite common and fully justified, especially if there is one source of contamination. The situation in the “Atomic” Lake vicinity is somewhat more complicated, since there are several sources of contamination [1].

The data on plutonium isotopes were divided into two groups. The first group results from laboratory analysis of samples taken from the “Atomic Lake” affected zone (Table 1) and the second was all the other samples (Table 2).

Table B.1 – Pu to Am isotope ratios in samples taken near the crater

$^{239+240}\text{Pu}$, Bq/kg	0.6	1.1	0.94	12.9	14.2	5.1	0.8	0.8	0.2	7500	1300
^{241}Am , Bq/kg	0.7	1.8	0.95	11.5	10.1	4.2	1.9	0.9	0.4	3000	600

Table B.2 – Pu to Am isotope ratios in samples taken in the rest of the area

$^{239+240}\text{Pu}$, Bq/kg	34.4	4.5	9.1	5.1	27.8	5.1	3.7	4.5	16.2	18.1	20.0
^{241}Am , Bq/kg	6.7	1.9	1.6	1.3	1.6	0.9	1.8	0.6	1.8	2.8	3.0

Thus, we managed to get two ratios of $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$ in order to confirm the theory about the two sources of contamination. Another parameter that allows identifying the origin of artificial radionuclides is the ratio of $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$. For the same source this ratio should be approximately the same.

As a result, for the zone of “Atomic” Lake, we have ratios of $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ equal to 0.4, which is confirmed by analyses of samples taken from the epicenter of the crater, wherein the ratio is 0,39. For the rest of the territory, the ratio of $^{238}\text{Pu}/^{239+240}\text{Pu}$ is equal to 0,04, which is approximately equal to the ratio obtained during the examination of the “northern” part of the STS, where this ratio was 0,02-0,03 [25].

Thus, in the conservative estimation of plutonium contamination in the studied area based on the correlative relationship with ^{241}Am the following input data may be used. For the territory bounded by a radius of 12 km, i.e. influence zone of the “Atomic” Lake the ratio of $^{239+240}\text{Pu}/^{241}\text{Am}$ can be taken as 2.5, and for the rest of the territory it will be equal to 5.7.

Long-range tropospheric transport of uranium and plutonium weapons fallout from Semipalatinsk nuclear test site to Norway

The primary sources of anthropogenic radionuclides in the environment are the atmospheric nuclear tests that were carried out during the period from 1945 to 1980. A total of 543 atmospheric detonations were conducted worldwide, with a total yield of 440 Mt (megatons TNT equivalents) distributed as local (~15%), tropospheric (~8.5%) and stratospheric (~76%) fallout [42]. The apportionment of debris into the different atmospheric compartments depended primarily on the yield of the detonation, the detonation height and the latitude at which the tests took place. Debris from low-yield detonations remained almost completely in the troposphere and deposited downwind of the detonations, while high-yield detonations injected most of the debris into the lower or upper stratosphere. Debris injected into the stratosphere was removed by atmospheric exchange processes and deposited essentially uniformly on the surface of the hemisphere on which the detonation took place [8].

The most intensive period was 1951-1962 which was interrupted by a moratorium between the United States, the Soviet Union and the United Kingdom banning testing between November 1958 and September 1961. During the period 1951–1958, 252 tests were conducted, with a total yield of 152 Mt and a calculated distribution of 35%, 9% and 56% between local, tropospheric and stratospheric compartments, respectively. From 1960 to 1962, 180 tests were conducted with a total yield of 257Mt and the distribution of 0.1%, 7% and 93% among the abovementioned compartments [42].

Four factors impact on the Pu and U fallout signal from a nuclear weapon: the fissile material, the type of device, the tamper, and the fission yield. Nuclear weapon material is assumed to consist in general of high purity ^{235}U and/or ^{239}Pu [5, 9]. The $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ atom ratio is primarily affected by the yield of the detonation, where a higher yield gives higher atom ratios. There is an important difference between nuclear weapons and reactors in the way heavier isotopes are formed. In UO_2 reactors

Pu isotopes are formed from neutron irradiation of ^{238}U yielding ^{239}U followed by double beta decay to ^{239}Pu . Heavier isotopes are formed from continued neutron capture in the ^{239}Pu , and the proportion of heavier Pu isotopes formed increases with irradiation time and neutron flux (burn up). Since the half-life of ^{243}Pu (4.956 h) is short, the production of ^{244}Pu is insignificant in reactors [4]. In thermonuclear devices on the other hand, irradiation times are short and neutron fluxes are high, and U-isotopes up to ^{255}U are generated before beta decay [12].

During the period 1957–1982 the Norwegian Defense Research Establishment (FFI) measured gross beta activities in ground level air on a daily basis. There were 2–11 air filter stations in operation nationwide. While the collected gross beta data show clear indications of influences from nuclear weapons tests, they do not provide information on the specific source of the fallout. Tropospherically transported debris from atmospheric nuclear detonations has been assumed to follow the prevailing wind directions at the test site latitude, and air concentrations and deposition to be the strongest downwind of the test site. Deposition of debris at areas distant from the test sites is thus assumed to be dominated by stratospheric fallout. The prevailing wind direction at the Semipalatinsk test site in Kazakhstan is westerly carrying debris westwards over Asia and USA before reaching Western Europe. In addition it is known that Former Soviet Union atmospheric nuclear tests were carried out under wind directions that would lead the debris cloud over Former Soviet Union territories [8].

The long transit caused by the eastward route would cause dilution of the debris, and substantial sedimentation of large refractory particles. However, particles from detonations at both Semipalatinsk, Novaya Zemlya and the Chinese test site Lop Nor have been detected in Sweden, e.g. [36-38]. We here hypothesize that tropospheric direct transport of debris from Former Soviet Union test sites Novaya Zemlya and Semipalatinsk to Western Europe and Norway has occurred on several occasions. Such transport would be recognized by characteristic perturbations in the $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ atom ratios reflecting the yield of the detonations carried out at the respective test sites. The aim of this study has been to determine $^{240}\text{Pu}/^{239}\text{Pu}$ and

$^{236}\text{U}/^{239}\text{Pu}$ atom ratios in debris from atmospheric nuclear detonations captured in surveillance air filters from the period 1957–1963 by accelerator mass spectrometry (AMS).

The mean gross beta activities (3–9 stations) obtained in air filters collected in the period 1956–1964 are illustrated in Fig. 8.

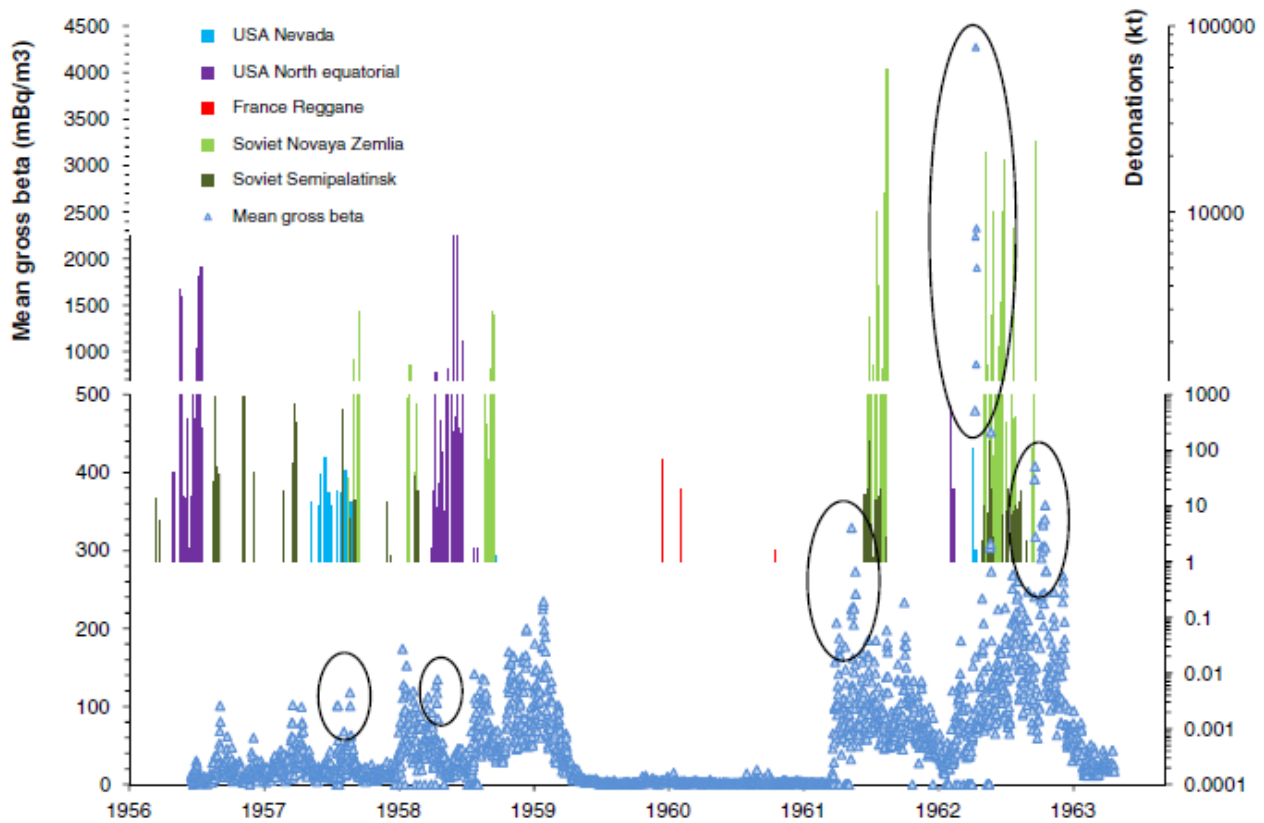


Fig. B.8 – Mean gross beta activities (N = 3–11 stations) and northern hemisphere detonations larger than 1 kt in the period 1956–1964. Gross beta activities from FFI and T. Bergan (personal communication), detonation data from Björklund and Goliath [3]. Sampling periods are indicated by black ellipses. North equatorial test sites are US test sites Bikini, Eniwetok, Johnston Island and Christmas Island.

Furthermore, atmospheric detonations larger than 1 kt performed within the northern hemisphere are shown. The most important test sites in the northern hemisphere during the sampling period were the former Soviet Union test sites Novaya Zemlya and Semipalatinsk and the US test sites in the Pacific (Bikini, Eniwetok, Johnston Island and Christmas island), and Nevada. In addition, four small

atmospheric nuclear detonations took place in the Reggane desert in Algeria (France). The largest detonations took place at Novaya Zemlya with a total yield of 255 Mt between 1957 and 1962. The total yield at Semipalatinsk was 6.6 Mt between 1949 and 1962. US testing sites in the Pacific had a total yield of 149 Mt between 1946 and 1962 in 94 underwater, surface and atmospheric bursts. Finally there were 101 detonations with a total yield of 1.1 Mt at the Nevada test site in the period 1951-1962 [3, 42].

Plutonium in the air in Kurchatov in Kazakhstan

The former Semipalatinsk nuclear test site (STS) in Kazakhstan is highly contaminated with radioactive elements from the 456 nuclear explosions carried out in 1949–1989 [19]. Of these tests, 26% were surface and air explosions which are the major source of radioactive contamination on the ground. The surface and air test site, the Experimental Field 70 km southwest of Kurchatov, has very high radioactivity levels. Several radioactive plumes accompanied the explosions, creating heavy radioactive fallout to distances up to 300 km. Four of the plumes, directed south, southeast, east and northeast, were responsible for major radioactive contamination outside the actual test area. In addition to nuclear weapons explosions, plutonium was released into the environment from nuclear excavations, most notably the Atomic Lake in the Balapan area and the Telkem 1 and 2 craters near the Degelen mountains. As well, radioactivity dispersion devices, “dirty bombs”, were exploded at the STS, causing, for example, about 12 kg of weapons plutonium to be distributed at the site. Plutonium in the air is a potential health hazard for humans living in the STS area and surroundings. Plutonium is known to accumulate into humans mainly by inhalation of plutonium bearing aerosols, which are expected to come from the soil by resuspension [23].

The $^{239,240}\text{Pu}$ and ^{238}Pu air concentrations in the weekly samples from Kurchatov varied over a wide range (Figs. 9-10). The median air concentration of

$^{239,240}\text{Pu}$ was 100 nBq/m^3 , while that of ^{238}Pu was 34 nBq/m^3 . Both values varied by up to two orders of magnitude.

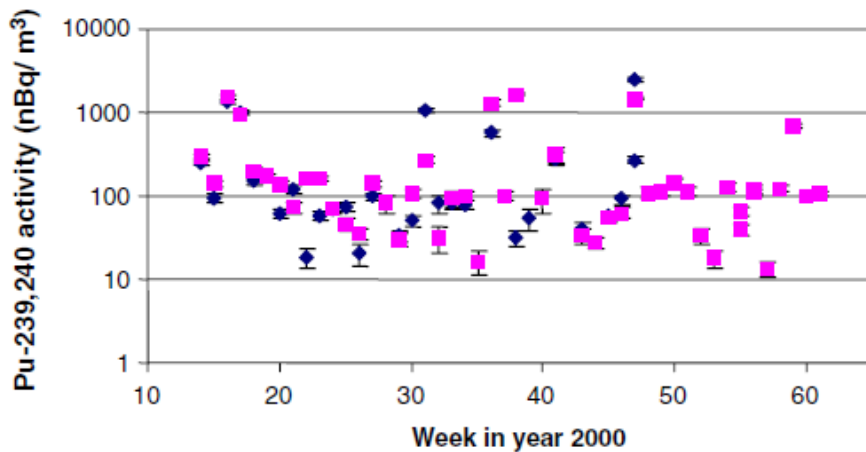


Fig.B.9 – $^{239,240}\text{Pu}$ activity concentration (nBq/m^3) of the air in Kurchatov, Kazakhstan, in the years 2000–2001. Square symbols refer to the air sampler with preseparation unit. Week 60 in the figure refers to week 8 in year 2001

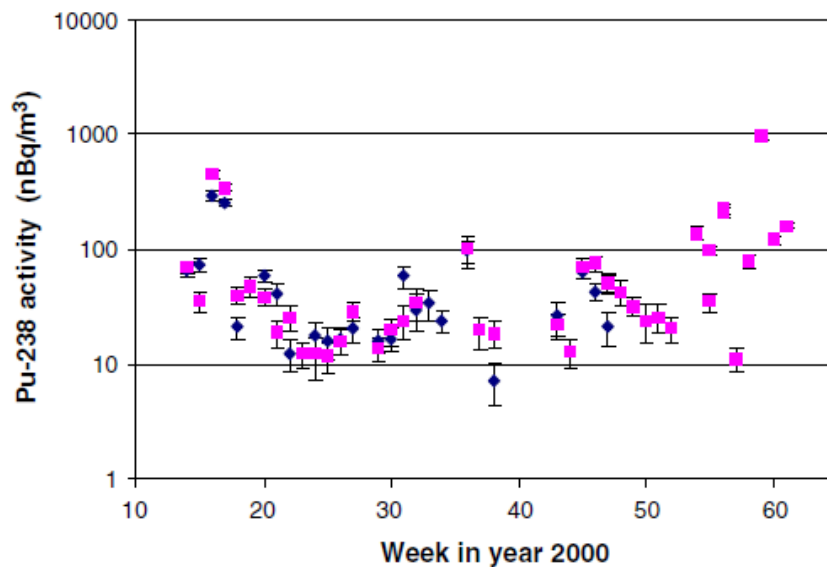


Fig.B.10 – ^{238}Pu activity concentration (nBq/m^3) of the air in Kurchatov, Kazakhstan, in 2000–2001. Square symbols refer to the air sampler with preseparation unit. Week 60 in the figure refers to week 8 in year 2001

The distribution of the activities followed a log normal trend (Fig. 11), which is typical for naturally occurring radionuclides as well [16]. Although there was no clear seasonal variation in the plutonium concentration, somewhat elevated levels were evident from February to April. This is in accordance with [15]. who report

maximum plutonium values in the early spring in Japan. Virtually no difference was observed between the activities recorded by the two samplers, indicating that the plutonium activity is more or less completely attached to aerosol particles with an aerodynamic diameter below 13 μm . Total dissolution of the filters showed that in two out of the four samples no additional plutonium was found in the residue after ashing and nitric acid leaching. In the two other samples, the concentrations of plutonium found in the residue following total dissolution were 55% and 14% of those measured in the corresponding aqua regia leachate. Thus, on average the total plutonium activities in the filters can be estimated to be 17% higher than the values reported in this study.

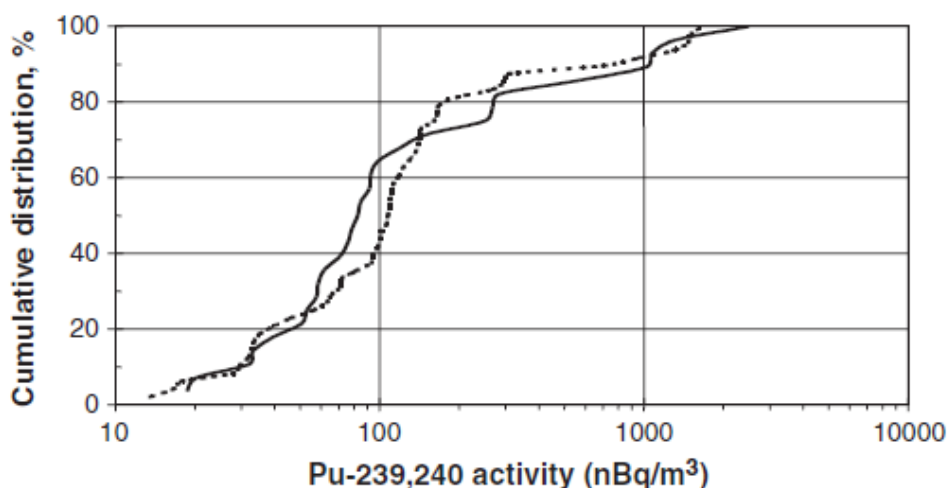


Fig. 2.11 – Cumulative distribution of weekly $^{239,240}\text{Pu}$ activity concentrations in the air of Kurchatov in 2000–2001. Solid line: air sampler without prefiltration.
Dashed line: air sampler with prefiltration

Dubasov determined in the years 1991–1992 the $^{239,240}\text{Pu}$ concentrations in the air of Kurchatov and of several villages just outside the STS [13]. The sampling height was 1 m. For Kurchatov they give a single approximate value of 370 nBq/m^3 , which is about the same value as obtained in this study as an average of all filters. They report much higher values for some villages, for example from 7400 to 37 000 nBq/m^3 for Dolon. This village was heavily affected by regional fallout from the first 22 kT fission explosion in August 1949.

Plutonium as a tracer for soil erosion assessment

Soil erosion is one of the most serious environmental and agricultural problems faced by human society. Soil erosion causes degradation of soil quality and downstream deposition in fields and floodplains, thereby affecting water quality and consequently reducing the productivity of natural, agricultural, forest, and aquatic ecosystems. To efficiently control and alleviate the loss of soil by erosion and reduce its environmental impact, comprehensive data that integrate the magnitude of soil erosion spatially and temporally are necessary.

Based on its close association with soil particles (mainly minerals), global fallout ^{137}Cs that originated from nuclear weapons testing (NWT), mainly conducted in the 1950s to 1960s, has been validated as a powerful and extensively used tracer for soil erosion assessment in the past few decades. However, given a relatively short half-life (30,17 years), about 70% of the global fallout ^{137}Cs deposited in the environment has already disappeared through radioactive decay. This property makes ^{137}Cs less sensitive for investigating soil erosion, a situation that will worsen in the near future. In recent years, Pu isotopes have been suggested as new tracers to replace ^{137}Cs in soil erosion investigation [47].

Pu isotopes have the same dominant global fallout source as ^{137}Cs , but have much longer half-lives (24,110 years for ^{239}Pu and 6561 years for ^{240}Pu), and have higher radioactive intensity and low mobility in soils, and are relatively easy to determine using highly sensitive mass spectrometric measurement techniques [17, 43]. However, few efforts have been devoted to the application of Pu in soil erosion assessment; limited applications have been performed only in Australia [17, 41] and in areas affected by the Chernobyl nuclear accident [33]. No such applications regarding Chinese soil erosion have been performed [43].

References

1. Aidarkhanov A.O. Mechanisms for surface contamination of soils and bottom sediments in the Shagan River zone within former Semipalatinsk Nuclear Test Site. / S.N. Lukashenko, O.N. Lyakhova, S.B. Subbotin, Yu. Yu. Yakovenko, S.V. Genova, A.K. Aidarkhanova // *Journal of Environmental Radioactivit.* – №124. – 2013. – P.163-170.
2. Artemev, O.I. Radioactive contamination of former Semipalatinsk test site area. / Akhmetov, M.A., Ptitskaya, L.D. // *NNC RK Bulletin. Radioecol. Environ. Prot.* 3. – 2001. – p.12-19 (in Russian).
3. Björklund L, Kärnladdningars skadeverkningar. Totalförsvarets forskningsinstitut / Goliath M. // *Swedish Defence Research Agency*, 2009.
4. Bodansky D. Nuclear energy: principles, practices, and prospects // *Springer*, 2004.
5. Bukharin O. Securing Russia's HEU stocks // *Sci Glob Secur.* – 1998. – 7:311. –p.31.
6. Bushuev A. V. and al.: // *International Conference on Non-Proliferation Problems*, 4-12 September 1997, Almaty-Kurchatov, Kazakhstan, Abstracts.
7. Carlsen, T.M. Radionuclide Contamination at Kazakhstan's Semipalatinsk Test Site: Implications on Human and Ecological Health / Peterson, L.E., Ulsh, B.A., Werner, C.A., Purvis, K.L., Sharber, A.C. // *UCRL-JC-143920.* – 2001.
8. Cato Christian Wendel Oughton, and other. Long-range tropospheric transport of uranium and plutonium weapons fallout from Semipalatinsk nuclear test site to Norway / L. Keith Fifield, Deborah H. // *Environment International.* – 59. – 2013. –p.92-102.
9. Choppin GR. Radiochemistry and nuclear chemistry / Liljenzin JO, Rydberg J. // *Butterworth-Heinemann.* – 2002.
- 10.COM, 16.4.2002. Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. In: *Towards a Thematic Strategy for Soil Protection Brussels.*

11. Delaney M.S. The relative uptake of Pu (IV) and Pu (VI) oxidation states from water by bushbeans / Francis C.W. // Health Phys. – 1978. – 34. – P.492-494.
12. Diamond H. Heavy isotope abundances in Mike thermonuclear device / , Fields PR, Stevens CS, Studier MH, Fried SM, Inghram MG, et al. // Phys Rev. – 1960. – 119: 2000.
13. Dubasov UV. Radioactive contamination of the Semipalatinsk province ground and adjacent territories of the region after atmospheric nuclear test in 1949–1962. Remediation and restoration of radioactively-contaminated sites in Europe, Document XI-5027/94 / Krivohatskij AS, Kharitonov KV, Gorin VV. // Brussels7 European Commission. – 1994.
14. Geras'kina S.A. Effects of chronic exposure in populations of *Koeleria gracilis* Pers. from the Semipalatinsk nuclear test site, Kazakhstan / A.A. Oudalova, V.G. Dikarev, N.S. Dikareva, E.M. Mozolin, T. Hinton, S.I. Spiridonov, D. Coplestone, J. Garnier-Laplace // Journal of Environmental Radioactivity. – 104. – 2012. –p.55-63.
15. Hirose K. Long-term trends of plutonium fallout observed in Japan / Igarashi Y., Aoyama M. // Plutonium in the environment. Elsevier. – p.251.
16. Hotzl H. Activity concentrations of ^{226}Ra , ^{228}Ra , ^{210}Pb , ^{40}K and ^7Be and their temporal variations in surface air / Winkler R. // J. Environ. Radioact. – 1987. –p.5:445.
17. Hoo, W.T. Using fallout plutonium as a probe for erosion assessment / Fifield, L.K., Tims, S.G., Fujioka, T., Mueller, N. // J. Environ. Radioact. – 102. – 2011. –p.937-942.
18. IAEA. Application of the Concepts of Exclusion, Exemption and Clearance: Safety Guide. Safety standards series No. Rs-g-1.7. – 2004.
19. IAEA. Radiological conditions at the Semipalatinsk test site, Kazakhstan. Preliminary assessment and recommendations for further study // Vienna7 International Atomic Energy Agency. – 1998.
20. ICRP. The 1990 recommendations of the international Commission on radiological protection. Ann. ICRP 21, 1e3. Publication 60. – 1991.

21. Khalturin V. A review of nuclear testing by the Soviet Union at Novaya Zemlya, 1955–1990 / Rautian TG, Richards PG, Leith WS. // *Sci Glob Secur.* – 2005. – p.13:1-42.
22. Knyazev B. B. The instrumental method of plutonium determination / I.V.Kazachevskiy and others // *Czechoslovak Journal of Physics.* – Vol. 53. – 2003. – p.325-330.
23. Lehto J. Plutonium in the air in Kurchatov, Kazakhstan / S. Salminen, T. Jaakkola, I. Outola, and other // *Science of the Total Environment.* – 366. – 2006. – p.206-217.
24. Logachev, V.A. Nuclear Tests in USSR / Voloshin, N.P., Danilenko, K.N., Dubasov, Yu.V., Logacheva, L.A., Matushenko, A.M., Murin, M.B., Takibaev, J.S., Tukhvatulin, S.T., Chernishev, A.K., Shamov, O.I. // *Current Radioecological Status of Nuclear Test Sites.* M: (in Russian) 2002.
25. Lukashenko, S.N. Semipalatinsk Test Site: Radioecological Situation in the “Northern” Lands / Artemyev, O.I., Kashirskiy, V.V., Strilchuk, Yu. G., Subbotin, S.B., Ossintsev, A. Yu., Panitskiy, A.V., Larionova, N.V., Magasheva, R. Yu., Yakovenko, Yu. Yu., Korovina, O. Yu., Bakirov, R.M., Tonevitskaya, O.V., Toporova, A.V., Cheredov, O.I. // *Topical Issues in Radioecology of Kazakhstan.* – 1. – 2010. – p.234.
26. Mikhailov, V.N. (Ed.) Nuclear Weapon Tests and Industrial Nuclear Explosions. 1949-1990 Years // RFNC-VNIIEF, Sarov, Russia (in Russian). – 1996.
27. Njølstad O. Atomic intelligence in Norway during the Cold War // *J Strateg Stud,* 2006. – 29. – p.73.
28. Outola L. Effect of industrial pollution on the behaviour of $^{239,240}\text{Pu}$, ^{241}Am and ^{137}Cs in forest ecosystems: academic dissertation. – Helsinki, 2002. – 46p.
29. Makhon'ko, K.P. Radiatsionnaya obstanovka na territorii Rossii i sopredel'nykh gosudarstv v 1995 g. (Radiation Situation in the Territories of Russia and Contiguous Countries in 1995) – Obninsk: NPO Taifun, 1996.

30. Radionuclide contamination at Kazakhstan's Semipalatinsk Test Site: implications on human and ecological health // *Hum. Ecol. Risk Asses.* – 7. – p.943-955.
31. Reimann C. Comparison of the element composition in several plant species and their substrate from a 1 500 000-km² area in Northern Europe / Koller F., Frengstad B // *The Science of the Total Environment.* – 278. – 2001. – p.87-112.
32. Sæbø A. Måling av radioaktive stoffer i nedfall over Norge 1982–1997 / Høibråten S, Engøy T. // Kjeller: Norwegian Defence Research Establishment, (FFI). – 1998.
33. Schimmack, W. Estimation of soil erosion and deposition rates at an agricultural site in Bavaria, Germany, as derived from fallout radiocesium and plutonium as tracers / Auerswald, K., Bunzl, K. // *Naturwissenschaften.* – 89. – 2002. –p.43–46.
34. Schkol'nik, V.S. (Ed.) Semipalatinsk Nuclear Test Site // (Foundation, Activities, Conversion). NNC RK, Alma-Aty, Kazakhstan (in Russian). – 2003.
35. Simon, S.L. A summary of evidence on radiation exposures received near to the Semipalatinsk nuclear weapons test site in Kazakhstan / Baverstock, K.F., Lindholm, C. // *Health. Phys.* – 84. – 2003. –p.718-725.
36. Sisefsky J. Debris from tests of nuclear weapons – activities roughly proportional to volume are found in particles examined by autoradiography and microscopy // *Science.* – 1961. – 133. – 735p. –p.40.
37. Sisefsky J. Investigation of nuclear weapon debris with X-ray microanalyser // *Nature.* – 1964. – 203 – 708p. –p.10.
38. Sisefsky J. Studies of debris particles from the fourth and fifth Chinese nuclear tests. – Stockholm: Totalförsvarets forskningsinstitut (Swedish Defence Research Agency), 1967.

39. Skwarzec B. Accumulation of Uranium (^{234}U and ^{238}U) and Plutonium ($^{239+240}\text{Pu}$) in Cervid Tissues and Organs / Borylo A., Prucnal M. // Polish J. of Environ. Stud. – 2010. – Vol. 19, № 4. – p.771-778.
40. Smith, G. Safeground. Review and Commentary on Site End-points and Radioactively Contaminated Land Management // CIRIA, London, UK, 2005.
41. Tims, S.G. Plutonium as a tracer of soil and sediment movement in the Herbert River, Australia / Everett, S.E., Fifield, L.K., Hancock, G.J., Bartley, R. // Nucl. Inst. Methods Phys. Res. B. – 268. – 2010. – p.1150–1154.
42. UNSCEAR. Annex C, sources and effects of ionizing radiation / Vienna: United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, 2000a.
43. Xu, Y.H. Plutonium isotopes in soils from Northeast China and its potential application for evaluation of soil erosion / Qiao, J.X., Hou, X.L., Pan, S.M. // Sci. Rep. 3. – 3506. – 2013. <http://dx.doi.org/10.1038/SREP03506>.
44. Yamamoto, M. U.a. Distribution of global fallout ^{237}Np , Pu isotopes, and ^{241}Am in lake and sea sediments // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles. – Vol. 147. – №. 1. – 1991. –p.165-176
45. Yamamoto, M. Pu isotopes and ^{137}Cs in the surrounding areas of the former Soviet Union's Semipalatinsk nuclear test site / M. Hoshi, J. Takada, A. Kh. Sekerbaev, B. I. Gusev // Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. – Vol. 242. – №.1. – 1999. –p.63-74.
46. Yamamoto, M. Residual radioactivity in the soil of the Semipalatinsk nuclear test site in the former USSR / Tsucatani, T., Katayama, Yu. //Health. Phys. – 71. – 1996. –p.142-148.
47. Yihong Xu. Plutonium as a tracer for soil erosion assessment in northeast China / Jixin Qiao, Shaoming Pan, Xiaolin Hou, Per Roos, Liguao Cao // Science of the Total Environment. – 511. – 2015. – p.176-185.