



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа ядерных технологий
Направление подготовки 14.04.02 Ядерные физика и технологии
ООП/ОПОП Ядерная и радиационная безопасность
Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

| Тема работы |
|--|
| Исследования площадного загрязнения техногенными радионуклидами территорий, прилегающих к испытательной площадке «Опытное поле» |

УДК: 504.5:628.4.047:621.039.58

Обучающийся

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|------------------------------|---------|------|
| 0АМ13 | Мустафина Евгения Валерьевна | | |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Профессор ОЯТЦ | В.С. Яковлева | Д.Т.Н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОСГН ШБИП | Спицина Л.Ю. | К.Э.Н. | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОЯТЦ ИЯТШ | Передерин Ю.В. | К.Т.Н. | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП/ОПОП, должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------------------|--------------|------------------------|---------|------|
| ст. преподаватель ОЯТЦ ИЯТШ | Семенов А.О. | К.Т.Н. | | |

Планируемые результаты обучения

| Код компетенции | Наименование компетенции |
|---|--|
| Универсальные компетенции | |
| УК(У)-1 | Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий |
| УК(У)-2 | Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла |
| УК(У)-3 | Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели |
| УК(У)-4 | Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия |
| УК(У)-5 | Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия |
| УК(У)-6 | Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки |
| Общепрофессиональные компетенции | |
| ОПК(У)-1 | Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач |
| ОПК(У)-2 | Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы |
| ОПК(У)-3 | Способен оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ |
| Профессиональные компетенции | |
| ПК(У)-1 | Способность к созданию теоретических и математических моделей в области ядерной физики и технологий |
| ПК(У)-2 | Готовность применять методы исследования и расчета процессов, происходящих в современных физических установках и устройствах в области ядерной физики и технологий |
| ПК(У)-3 | Готовность разрабатывать практические рекомендации по использованию результатов научных исследований |
| ПК(У)-4 | Способность оценивать риск и определять меры безопасности для новых установок и технологий, составлять и анализировать сценарии потенциально возможных аварий, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения |
| ПК(У)-5 | Способность к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов РФ в области ядерной и радиационной безопасности, атомной энергии |
| ПК(У)-6 | Способность объективно оценить предлагаемое решение или проект по отношению к современному мировому уровню, подготовить экспертное заключение |
| ПК(У)-7 | Способность формулировать технические задания, использовать информационные технологии и пакеты прикладных программ при проектировании и расчете физических установок, использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании |
| ПК(У)-8 | Готовность применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, учета неопределенностей при проектировании |

| | |
|-----------------|---|
| ПК(У)-9 | Способность решать задачи в области развития науки, техники и технологии с учетом нормативного правового регулирования в сфере интеллектуальной собственности |
| ПК(У)-10 | Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования и дополнительного профессионального образования (ДПО) |
| ПК(У)-11 | Способность к проектированию и экономическому обоснованию инновационного проекта, содержания, структуры и порядка его разработки |



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки (ООП/ОПОП) 14.04.02 Ядерные физика и технологии (Ядерная и радиационная безопасность)

Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП/ОПОП

_____ Семенов А.О.

(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

| Группа | ФИО |
|--------|------------------------------|
| 0AM13 | Мустафина Евгения Валерьевна |

Тема работы:

| | |
|--|------------------------|
| Исследования площадного загрязнения техногенными радионуклидами территорий, прилегающих к испытательной площадке «Опытное поле» | |
| Утверждена приказом директора | от 02.02.2023 №33-46/с |

| | |
|--|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 23.05.2023 г. |
|--|---------------|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|---|---|
| Исходные данные к работе | <ul style="list-style-type: none"> – литературные источники; – территория, прилегающая к испытательной площадке «Опытное поле» Семипалатинского испытательного полигона. |
| Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке | <ul style="list-style-type: none"> – обзор литературных источников по теме исследования; – обзор ранее проводимых исследований; – оценка удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в почве объекта; – пешеходная гамма-спектрометрическая съемка; – оценка влияния испытаний, проведенных на площадке «Опытное поле», на прилегающую территорию. – сравнение методов исследования. |
| Перечень графического материала | Презентация доклада |

| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы | |
|---|---|
| Раздел | Консультант |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | доцент ОСГН ШБИП, к.э.н. Спицина Л.Ю. |
| Социальная ответственность | доцент ОЯТЦ ИЯТШ, к.т.н. Передерин Ю.В. |
| Иностранный язык | ст. преп. ОИЯ ШБИП Квашнина О.С. |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: | |
| Введение | |
| 1 Литературный обзор по теме исследования | |
| 2 Ранее проводимые исследования на территории, прилегающей к площадке «Опытное поле» | |
| 3 Методы исследований | |

| | |
|---|---------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 13.03.2023 г. |
|---|---------------|

Задание выдал руководитель/консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------------------|-----------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Профессор ОЯТЦ | В.С. Яковлева | д.т.н. | | |
| Директор филиала ИРБЭ НЯЦ РК | А.О. Айдарханов | к.б.н, PhD | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------------|------------------------------|----------------|-------------|
| 0AM13 | Мустафина Евгения Валерьевна | | |



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования

«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа ядерных технологий

Направление подготовки 14.04.02 Ядерные физика и технологии

ООП/ОПОП Ядерная и радиационная безопасность

Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла

Период выполнения (2021 /2023 учебного года)

Форма представления работы:

| |
|--------------------------|
| Магистерская диссертация |
|--------------------------|

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

| | |
|--|------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 23.05.2023 |
|--|------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|--|------------------------------------|
| 13.03.2023 | Выдача задания. | |
| 13.04.2023 | Литературный обзор по теме исследования. | 20 |
| 23.04.2022 | Оценка концентраций гамма-излучающих радионуклидов в образцах почвы, отобранных на территории исследуемого объекта. | 25 |
| 23.04.2023 | Оценка концентраций гамма-излучающих радионуклидов в почве на территории исследуемого объекта при помощи пешеходной гамма-спектрометрической съемки. | 25 |
| 15.05.2023 | Анализ полученных результатов и сравнение используемых методов. | 20 |
| 23.05.2023 | Сдача работы. | 10 |

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------|---------------|------------------------|---------|------|
| Профессор ОЯТЦ | В.С. Яковлева | Д.Т.Н. | | |

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------------|--------------|------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель ОЯТЦ | А.О. Семенов | К.Т.Н. | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа 121 с., 30 рис., 27 табл., 61 источник, 2 прил.

Ключевые слова: техногенные радионуклиды; СИП; испытательная площадка «Опытное поле», ядерные испытания, параметры радиоактивного загрязнения, финансовый менеджмент; социальная ответственность.

Объект исследования - радиационное загрязнение гамма-излучающими радионуклидами территории, прилегающей к испытательной площадке «Опытное поле», образовавшееся от проведенных на данной площадке ядерных испытаний.

Цель работы – изучение основных параметров радиационного загрязнения техногенными гамма-излучающими радионуклидами на изучаемой территории.

В процессе выполнения работы проводились исследования радиоактивного загрязнения техногенными гамма-излучающими радионуклидами поверхностного слоя почвы, обусловленного выпадениями из радиоактивного облака от атмосферных ядерных испытаний на испытательной площадке «Опытное поле». Исследования проводились, как полевыми (In situ) методами – пешеходная гамма-спектрометрическая съемка (определялась площадная активность гамма-излучающих радионуклидов, которая пересчитывалась в удельную активность в соответствии с результатами калибровки используемых средств измерений), так и с применением лабораторных исследований, в результате которых определялась удельная активность техногенных радионуклидов в отобранных образцах почвы.

В результате исследований были получены исходные данные для построения карт пространственного распределения исследуемых радионуклидов. Это позволило определить все основные параметры радиационного загрязнения, образовавшегося вследствие проведения атмосферных ядерных испытаний на испытательной площадке «Опытное поле». Дополнительным результатом представленной работы, является возможность сравнить разные методы получения первичной информации и оценить эффективность их использования для проведения аналогичных исследований.

Данные исследования вносят вклад не только в изученность основных параметров радиационного загрязнения от ядерных испытаний, проведенных на испытательной площадке «Опытное поле», но и позволяют выбрать оптимальные (как с технической, так и с экономической точки зрения) методы других подобных исследований на территории бывшего СИП.

Обозначения и сокращения

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

СИП – Семипалатинский испытательный полигон;

МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии;

Филиал ИРБЭ НЯЦ РК – филиал Институт радиационной безопасности и экологии
Национального ядерного центра Республики Казахстан;

АЭС – атомные электростанции;

НИР – научно-исследовательская работа;

ВКР – выпускная квалификационная работа;

МЭД – мощность экспозиционной дозы;

мкЗв/ч – микрозиверт в час;

мЗв/ч – миллизиверт в час;

мкЗв – микрозиверт;

мЗв – миллизиверт;

част/(мин·см²) – частиц в минуту на квадратный сантиметр.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 11 |
| 1 Литературный обзор по теме исследования | 13 |
| 1.1 Описание площадки «Опытное поле» | 13 |
| 1.2 Ядерные испытания | 17 |
| 1.3 Гидроядерные и гидродинамические эксперименты | 18 |
| 1.4 Радиоэкологические обследования площадки «Опытное поле» | 19 |
| 2 Ранее проводимые исследования на территории, прилегающей к площадке «Опытное поле» | 21 |
| 3 Методы исследований | 24 |
| 3.1 Методика отбора образцов почвы | 24 |
| 3.2 Методика подготовки образцов почвы | 25 |
| 3.3 Методика выполнения гамма-спектрометрических измерений | 26 |
| 3.4 Методика выполнения пешеходной гамма-спектрометрической съемки | 29 |
| 3.5 Методика выполнения построения картографического материала | 32 |
| 4 Экспериментальные исследования | 36 |
| 4.1 Результаты исследований методом определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в отобранных образцах почвы | 36 |
| 4.2 Результаты исследований методом пешеходной гамма-спектрометрической съемки .. | 40 |
| 4.3 Сравнительный анализ результатов исследований методами определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в отобранных образцах почвы и пешеходной гамма-спектрометрической съемки | 44 |
| 4.4 Оценка результативности | 45 |
| 4.5 Оценка стоимости работ | 47 |
| 4.6 Рекомендации применимости рассматриваемых методик | 48 |
| 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 51 |
| 5.1 Предпроектный анализ | 51 |
| 5.1.1 Потенциальные потребители | 51 |
| 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений | 53 |
| 5.1.3 Аналитическая схема Портера | 54 |
| 5.1.4 SWOT-анализ | 57 |
| 5.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации | 60 |
| 5.2 Инициация проекта | 61 |
| 5.3 Планирование управления научно-исследовательской работы | 63 |

| | |
|---|------------|
| 5.3.1 План проекта | 63 |
| 5.3.2 Бюджет научного исследования..... | 65 |
| 5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..... | 70 |
| 5.5 Выводы по разделу | 72 |
| 6. Социальная ответственность | 75 |
| 6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности | 75 |
| 6.1.1. Правовые нормы трудового законодательства..... | 75 |
| 6.1.2. Организационно-технические мероприятия | 77 |
| 6.1.3 Эргономика | 77 |
| 6.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований..... | 78 |
| 6.2.1 Уровень шума | 79 |
| 6.2.2 Освещение | 80 |
| 6.2.3 Микроклимат | 82 |
| 6.2.4 Электробезопасность | 83 |
| 6.2.5 Электромагнитное излучение..... | 84 |
| 6.2.6 Психофизиологические нагрузки | 85 |
| 6.2.7 Пожарная и взрывная безопасность | 86 |
| 6.3 Аварийные и чрезвычайные ситуации (АС и ЧС)..... | 86 |
| 6.4 Выводы по разделу | 88 |
| Заключение | 89 |
| Список публикаций студента | 91 |
| Список использованных источников..... | 92 |
| Приложение А | 98 |
| Приложение Б..... | 120 |

Введение

Проводимые на Семипалатинском испытательном полигоне (СИП) испытания, в первую очередь привели к загрязнению территорий испытательных площадок. Однако радиоактивные выпадения образовавшие так называемые «следы» привели к масштабному загрязнению окружающей среды не только территорий испытательных площадок, но и за их пределами. Наибольшее влияние (по масштабам радиоактивного загрязнения) оказали испытания, которые проводились на площадке «Опытное поле» (116 ядерных воздушных и наземных испытаний).

С 1994 года Институтом радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК проводится комплекс различных радиоэкологических исследований территории Семипалатинского испытательного полигона. Эти исследования включают в себя изучение характера пространственного распределения техногенных радионуклидов. В настоящее время накоплен уже достаточно большой массив данных по исследованиям территорий испытательных площадок. Это обусловлено тем, что после закрытия полигона, при проведении оценки радиоактивного загрязнения и его последствий, в основном, внимание исследователей привлекала территория испытательных площадок, как наиболее загрязненная. Следующим большим этапом исследований являются исследования прилегающих к площадкам территорий, которые по площади многократно превышают площади самих площадок. Как уже было отмечено выше, атмосферные испытания на испытательной площадке «Опытное поле» стали причиной наиболее масштабного радиоактивного загрязнения территории полигона (и за его пределами). Исходя из вышесказанного, получение детальной информации о характере радиоактивного загрязнения на прилегающих к площадке «Опытное поле» территориях, а также в разрезе применимости результатов представляемых исследований в других исследованиях на полигоне, актуальность представляемой работы является крайне высокой.

Цель работы – изучение основных параметров радиационного загрязнения техногенными гамма-излучающими радионуклидами на изучаемой территории. Основными задачами, которые ставились в данной работе, являются изучение имеющегося опыта исследовательских работ, как ранее проводимых на территории полигона, непосредственное проведение экспериментальных исследований, анализ и обсуждение полученных результатов и, безусловно, основные выводы, характеризующие радиоактивное загрязнение на изучаемой территории.

Объектом исследования в данной работе является радиационное загрязнение гамма-излучающими радионуклидами территории, прилегающей к испытательной площадке «Опытное поле», образовавшееся от проведенных на данной площадке ядерных испытаний. Исследования проводились, как полевыми (In situ) методами – пешеходная гамма-спектрометрическая съемка (определялась площадная активность гамма-излучающих радионуклидов, которая пересчитывалась в удельную активность в соответствии с результатами калибровки используемых средств измерений), так и с применением лабораторных исследований, в результате которых определялась удельная активность техногенных радионуклидов в отобранных образцах почвы.

Исследования радиационного загрязнения гамма-излучающими радионуклидами территории, прилегающей к испытательной площадке «Опытное поле», образовавшееся от проведенных на данной площадке ядерных испытаний позволили получить исходные данные для построения карт пространственного распределения исследуемых радионуклидов. В свою очередь, это позволило определить все основные параметры радиационного загрязнения, образовавшегося вследствие проведения атмосферных ядерных испытаний на испытательной площадке «Опытное поле» а именно - места локализации радиоактивного загрязнения, оси следов радиоактивных выпадений, а также характер пространственного распределения радиоактивного загрязнения. Данные научные результаты позволят понять характер радиоактивного загрязнения на изучаемой территории и спланировать дальнейшую деятельность по обращению с данной территорией (послужит основой для разработки реабилитационных мероприятий различного характера – от сельскохозяйственных контрмер, до изъятия и захоронения радиоактивно-загрязнённого грунта).

Дополнительным практическим результатом представленной работы, является возможность сравнить разные методы получения первичной информации и оценить эффективность их использования при проведении аналогичных исследований.

Таким образом, данные исследований вносят свой вклад не только в изученность основных параметров радиационного загрязнения от ядерных испытаний, проведенных на испытательной площадке «Опытное поле», но и позволяют выбрать оптимальные (как с технической, так и с экономической точки зрения) методы других подобных исследований на территории бывшего СИП.

В основе данной работы лежат научно-исследовательские работы филиала Института радиационной безопасности и экологии Национального ядерного центра Республики Казахстан в рамках бюджетных и коммерческих проектов.

1 Литературный обзор по теме исследования

1.1 Описание площадки «Опытное поле»

При выборе места для строительства испытательного полигона руководствовались поиском малозаселенной обширной территории, но имеющей необходимые транспортные артерии, а также возможность возведения на ней местной взлетно-посадочной полосы для приема транспортных самолетов. В мае 1947 года на заседании Специального комитета под председательством Л.П. Берия представлена докладная записка, подписанная А.П. Завенягиным, М.П. Воробьевым, М.А. Садовским, А.П. Александровым и П.М. Рожановичем о рассмотрении потенциальных вариантов размещения полигона. В представленной записке говорилось *«...Из всех перечисленных площадок наиболее удовлетворяет требованиям для организации Горной станции площадка № 1 в районе р. Иртыш в 170 км западнее г. Семипалатинск. Эта площадка совершенно пустынна, центр площадки диаметром 20 км, окружен грядой холмов до 40 м и выше. Площадка имеет хорошие естественные грунтовые дороги и вполне обеспечена водой. На самой площадке имеется естественный аэродром, пригодный для эксплуатации транспортной авиации и средних бомбардировщиков. Для эксплуатации тяжелых бомбардировщиков возможно использование существующего аэродрома гражданского воздушного флота, удаленного от г. Семипалатинск на 6 км. К недостаткам этой площадки относятся удаленность ее на 170 км от железной дороги и наличие в г. Семипалатинск китайского консульства, которое, по нашему мнению, должно быть оттуда удалено. Просим утвердить для строительства Горной станции площадку № 1 в районе Иртыша.»* [1, 2, 3, 4].

В представленной докладной записке полигон называется Горной сейсмической станцией до момента закрытия 29.08.1991 г. полигон несколько раз менял свое название [1, 2, 3, 5]. В настоящее время во всем мире широко распространилось другое название полигона – Семипалатинский испытательный полигон.

Первой испытательной площадкой Семипалатинского испытательного полигона являлась площадка «Опытное поле» [1, 2, 6]. Площадка использовалась для проведения атмосферных (воздушных и наземных) ядерных испытаний. В основном ядерные испытания проводились в рамках совершенствования ядерного оружия, исследований аварийных режимов работы ядерного оружия, а также исследований поражающих факторов ядерного оружия.

Площадка «Опытное поле» располагается в левобережье р. Иртыш на территории Павлодарской области (Рисунок 1). «Опытное поле» представляет собой равнину

диаметром ~ 20 км, окруженную на востоке, юге и западе небольшими холмами (сопками) [1, 2, 7, 8, 9, 10, 11].

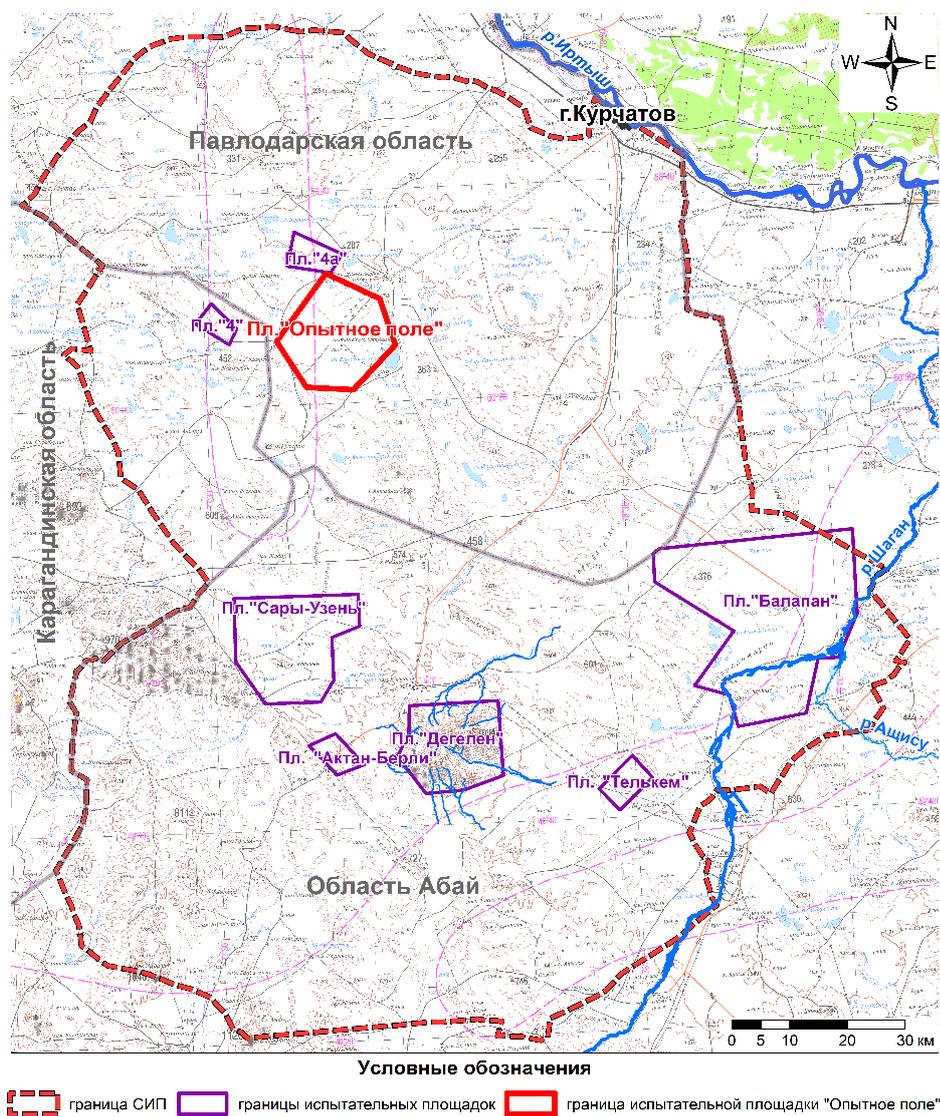


Рисунок 1 - Карта-схема Семипалатинского испытательного полигона

На территории площадки было построено три вида приборных сооружений («гуси»), которые располагались по двум взаимно перпендикулярным радиусам и обозначались буквами «А» («аннушки»), «Б» («букашки»), «В» («верочки») [1, 2, 6, 11] (Рисунок 2, Рисунок 3, Рисунок 4, Рисунок 5).



Рисунок 2 - Современное состояние приборных сооружений «аннушка»



Рисунок 3 - Современное состояние приборного сооружения «букашка»



Рисунок 4 - Современное состояние приборных сооружений «верочка»



Рисунок 5 - Современное состояние приборных сооружений юго-восточного направления

Первая испытательная площадка в центральной части «Опытного поля» носила название площадки П-1 [1, 2, 6]. Позже на территории площадки «Опытное поле» были построены дополнительные испытательные площадки (Рисунок 6) [11, 12].

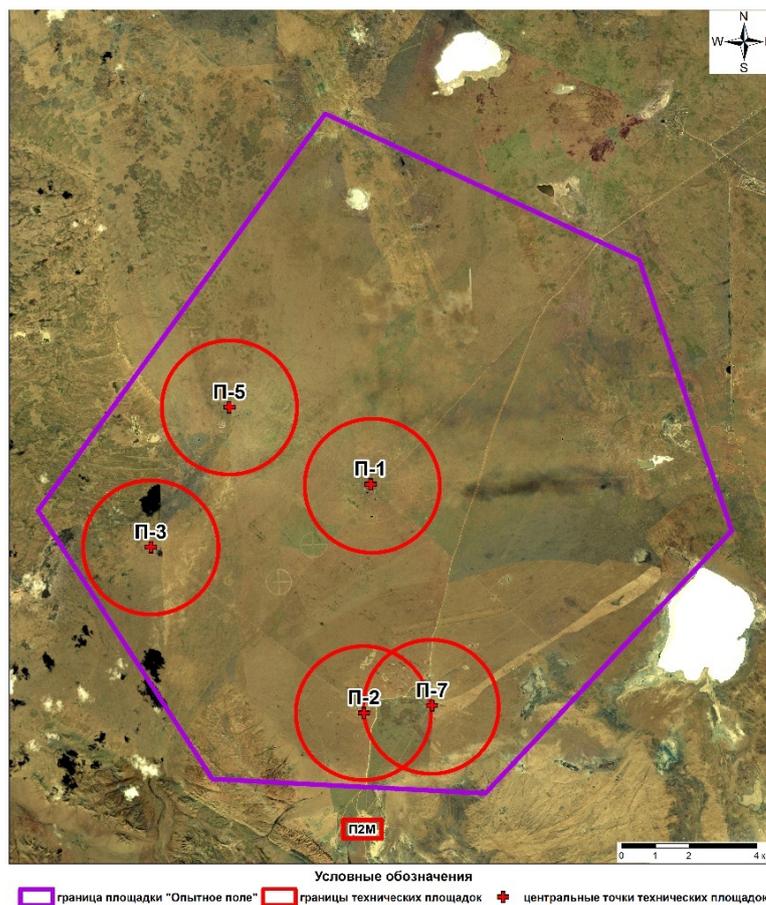


Рисунок 6 - Расположение технических площадок на территории «Опытного поля»

Техническая площадка П-2М была обнаружена в 2012 г. (предположительно это площадка П-2Г, официальной информации о ее местоположении нет) и располагается на расстоянии ~ 1 км от южной границы площадки «Опытное поле».

Радиоактивное загрязнение почвенного покрова на территории площадки «Опытное поле» в пространственном отношении подразделяется на несколько типов [13]:

- эпицентральные зоны (эпицентры) – локальные участки радиоактивного загрязнения в форме круга, диаметр варьирует от нескольких десятков метров до нескольких километров (в зависимости от мощности ядерного взрыва и высоты подрыва);
- следы радиоактивных выпадений от атмосферных (наземных и воздушных) ядерных испытаний;
- места проведения неядерно-взрывных испытаний (гидроядерные и гидродинамические эксперименты) – локальные участки радиоактивного загрязнения, не имеющие четкой пространственной формы;

- следы радиоактивных выпадений от неядерно-взрывных испытаний (гидроядерных и гидродинамических экспериментов).

1.2 Ядерные испытания

Согласно литературным данным, в период с 1949 г. по 1963 г. на «Опытном поле» было проведено 116 ядерных испытаний, из которых 86 являлись воздушными испытаниями, 30 – наземными испытаниями, проведенными на малой или нулевой высоте, при этом в 5 случаях ядерное устройство не сработало [12, 13, 14, 15, 16]. Данные испытания стали основным источником поверхностного радиоактивного загрязнения почвы на СИП. Первое ядерное испытание советской атомной бомбы было проведено 29 августа 1949 г. Мощность первого ядерного заряда, сконструированного СССР, составила 20 килотонн в тротиловом эквиваленте (Рисунок 7).



Рисунок 7 - Испытание РДС-1 и современное состояние эпицентра площадки П-1 с видом на юго-восточную линию приборных сооружений

Количество ядерных испытаний, проведенных на территории испытательной площадки по годам, приведено в таблице (Таблица 1). Общее энергосодержание атмосферных ядерных испытаний в пересчете на эквивалент обычного взрывчатого вещества (тринитротолуола) составляла 6,6 мегатонн в тротиловом эквиваленте.

Таблица 1 - Распределение количества ядерных испытаний на «Опытном поле» по годам

| Год | 1949 | 1950 | 1951 | 1952 | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Наземные | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 12 |
| Воздушные | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 6 | 2 | 5 | 11 | 8 | 0 | 0 | 22 | 27 |
| Всего | 1 | 0 | 2 | 0 | 5 | 9 | 5 | 8 | 11 | 8 | 0 | 0 | 28 | 39 |

В 1950 г. и 1952 г. были перерывы в проведении ядерных испытаний СССР, связанные со спецификой начальной стадии работ над программой ядерных вооружений. СССР не проводил ядерных испытаний в период 1959-1960 гг. и до 1 августа 1961 года, участвуя в моратории на ядерные испытания вместе с США и Великобританией. Начиная с

1963 г. прекращены испытания в атмосфере, обусловленные подготовкой заключения договора о запрещении ядерных испытаний в трёх средах и переходом на реализацию программы подземных ядерных испытаний, после подписания которого все испытания ядерного оружия в атмосфере запрещены [17].

Ядерные испытания разделяли на [9, 18]:

- наземный взрыв – ядерное испытание на поверхности земли, на испытательной башне, а также с подрывом на небольшой высоте (авиабомба);
- воздушный взрыв – ядерное испытание в атмосфере, при проведении которого расширяющийся огненный шар, образующийся в результате взрыва, не касается поверхности земли.

1.3 Гидроядерные и гидродинамические эксперименты

В период с 1958 г. по 1965 г. на территории испытательной площадки «Опытное поле» проводились серии модельных неядерно-взрывных экспериментов. Всего было проведено 42 наземных гидроядерных эксперимента, которые отличались друг от друга количеством выброшенной в атмосферу активности и высотой подъема верхней кромки облака взрыва (Таблица 2) [1, 2, 19]. Гидроядерные эксперименты не являлись испытаниями ядерного оружия или промышленных ядерных зарядов и проводились в целях научных исследований некоторых вопросов физики работы ядерных взрывных устройств [19, 20, 21]. Результаты гидроядерных экспериментов имели важное значение для анализа вопросов обеспечения надежности и безопасности хранения и эксплуатации ядерного оружия [1, 2].

Таблица 2 - Распределение количества гидроядерных экспериментов, проведённых в СССР, на площадке «Опытное поле» в 1958 – 1965 гг.

| № п/п | Год проведения экспериментов | Количество экспериментов |
|-------|------------------------------|--------------------------|
| 1. | 1958 г. | 2 |
| 2. | 1960 г. | 12 |
| 3. | 1961 г. | 13 |
| 4. | 1963 г. | 13 |
| 5. | 1965 г. | 2 |

При проведении гидроядерных экспериментов значимое ядерное энерговыделение практически отсутствовало, что способствовало образованию малого количества осколков деления материалов ядерного заряда. Вследствие этого, радиационное воздействие на окружающую среду происходило за счет диспергирования ядерных материалов, входящих в состав ядерного заряда. При проведении модельных экспериментов диспергированию подвергался плутоний [19]. Количество делящегося материала или его аналога,

участвующего в гидроядерных экспериментах испытаниях различно и для изотопов плутония может составлять – от 0,06 до 1,8 кг [22].

В конце 1940-х годов для изучения и оценки характеристик и надежности основных ядерных вооружений использовали гидродинамические эксперименты в сочетании с ядерными испытаниями для изучения и оценки характеристик и надежности основных ядерных вооружений [1]. При проведении гидродинамических экспериментов испытательные элементы реального ядерного оружия или модели взрываются с использованием бризантных взрывчатых веществ, призванных имитировать первые стадии ядерного взрыва. При гидродинамических испытаниях изотопы урана, плутония или их имитирующих аналогов подвергаются достаточному давлению и ударам так, что они начинают вести себя как жидкости [23]. Полученные при проведении испытаний рентгенограммы использовались для получения информации о возникшей имплозии; расчеты, основанные на результатах этих испытаний, используются для предсказания того, как будет работать ядерное оружие.

При проведении гидродинамических испытаний характер радиоактивного загрязнения окружающей среды аналогично загрязнению при проведении гидроядерных экспериментов, и также сопровождается диспергированием плутония. Достоверной информации о количестве и месте проведения гидродинамических экспериментов не найдено.

1.4 Радиозоологические обследования площадки «Опытное поле»

Актуальная информация о радиозоологической обстановке окружающей среды испытательной площадки «Опытное поле» получена в результате проведения комплексного экологического обследования земель Семипалатинского испытательного полигона в рамках выполнения работ по республиканской бюджетной программе и в рамках реализации международных договоров между Соединёнными Штатами Америки и Республикой Казахстан по обеспечению ядерной безопасности [24, 25].

Обследование осуществлялось в несколько этапов. На первом этапе было проведено дешифрирование местности (это позволило установить все имеющиеся техногенные объекты на территории площадки) далее проводилась радиометрическая съемка и отбор поверхностных проб почвы по сети 1×1 км. Проведенные работы дали информацию о характере поверхностного загрязнения почвы, участках, подвергшихся загрязнению искусственными радионуклидами вследствие проведенных испытаний, а также позволили идентифицировать имеющиеся водные объекты.

На втором этапе изучался растительный покров, воздушная и водная среда, фауна. Для оценки характера радиоактивного загрязнения по глубине почвенного профиля отбирались послойные пробы почвы. По результатам проведенных исследований были определены возможные дозовые нагрузки на человека.

На следующем этапе для детализации картины поверхностного загрязнения почвы была проведена пешеходная гамма-спектрометрическая съемка с расстоянием между профилями 20 м (Рисунок 8).

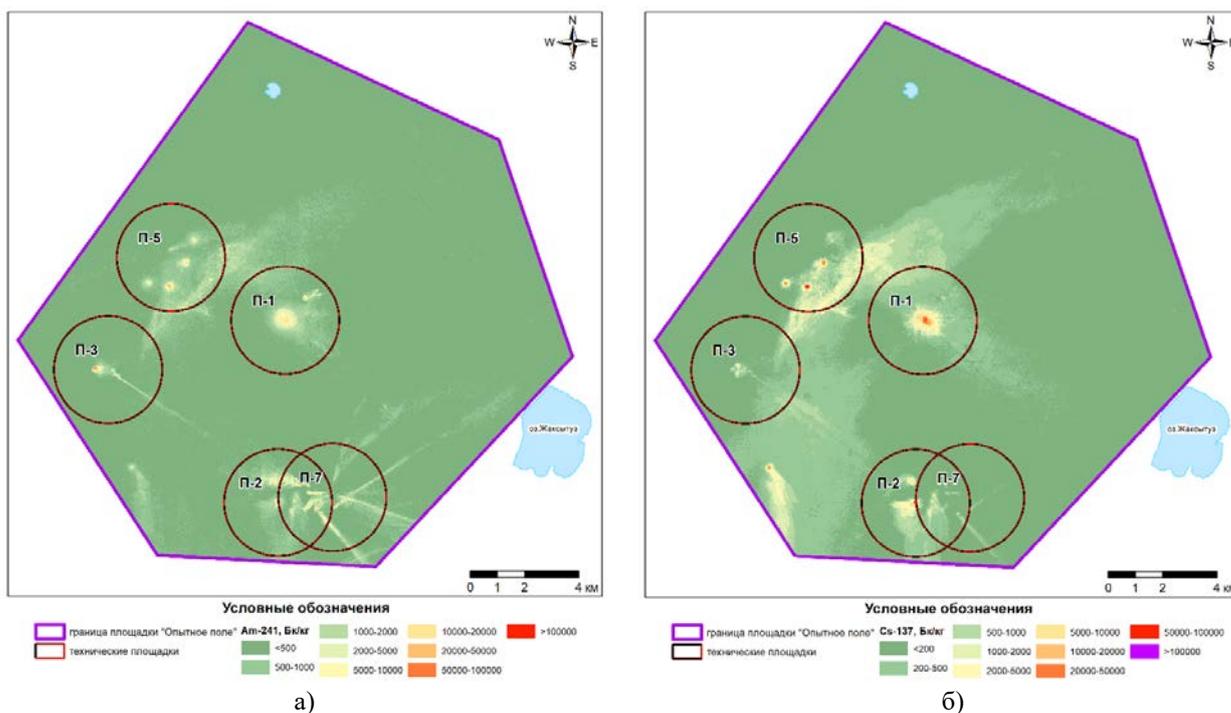


Рисунок 8 - Карты поверхностного загрязнения почвы на территории площадки «Опытное поле»: а) ^{241}Am ; б) ^{137}Cs

В результате проведения радиоэкологического обследования территории «Опытного поля» установлено, что поверхностное загрязнение почвы на данной площадке в пространственном отношении неоднородно – оно характерно непосредственно для мест проведения наземных и некоторых воздушных ядерных взрывов. Так, наземные ядерные испытания малой и сверхмалой мощности обусловили радиоактивное загрязнение местности в пределах испытательной площадки, а некоторые ядерные испытания средней и большой мощности привели к радиоактивному загрязнению территории полигона и территорий за его пределами. В настоящее время радиоактивное загрязнение территории площадки «Опытное поле» характеризуется остатками делящегося вещества ядерного заряда (изотопы плутония) и дочерним продуктом оружейного плутония – ^{241}Am , долгоживущими продуктами деления (^{90}Sr , ^{137}Cs) и продуктами нейтронной активации (^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{155}Eu , ^{60}Co) [13, 17, 24, 25, 26].

2 Ранее проводимые исследования на территории, прилегающей к площадке «Опытное поле»

Испытания, проводимые на территории СИП, привели к радиоактивному загрязнению не только территорий испытательных площадок, но и прилегающих к ним территорий. В некоторых случаях испытания оказали влияния даже на территории, находящиеся за пределами полигона. Основной вклад в загрязнение окружающей среды внесли атмосферные ядерные испытания. Образовавшиеся в результате испытаний радиоактивные облака выходили за пределы площадки «Опытное поле» и в виде осадков выпадали на земную поверхность.

Первое обследование СИП было проведено военными специалистами полигона в 1956 г. совместно с сотрудниками Института прикладной геофизики Академии наук СССР. Оно включало в себя дозиметрические и радиометрические измерения, а также аэрогаммасъемку местности (Рисунок 9) [3].

Обследование показало, как испытания повлияли на радиационную обстановку местности. Так, первое советское атмосферное ядерное испытание (29.08.1949 г.) проводилось при неблагоприятных погодных условиях (дождливая погода с резкими порывами ветра). Пренебрежительное отношение к погодным условиям стало следствием политической напряженности общества и военно-политической важностью предстоящего события. В результате испытания образовался радиоактивный след в северо-восточном направлении от испытательной площадки «Опытное поле», который привел к обширному радиоактивному загрязнению территории полигона [27].

С 1956 г. по 1989 г. было организовано 6 комплексных медицинских научных экспедиций, которые проводили обследования радиационной и санитарно-гигиенической обстановки. Постоянно работали 2 специально созданных диспансера для оценки состояния здоровья жителей населенных пунктов части Восточно-Казахстанской, Семипалатинской, Павлодарской и Карагандинской областей [3, 6].

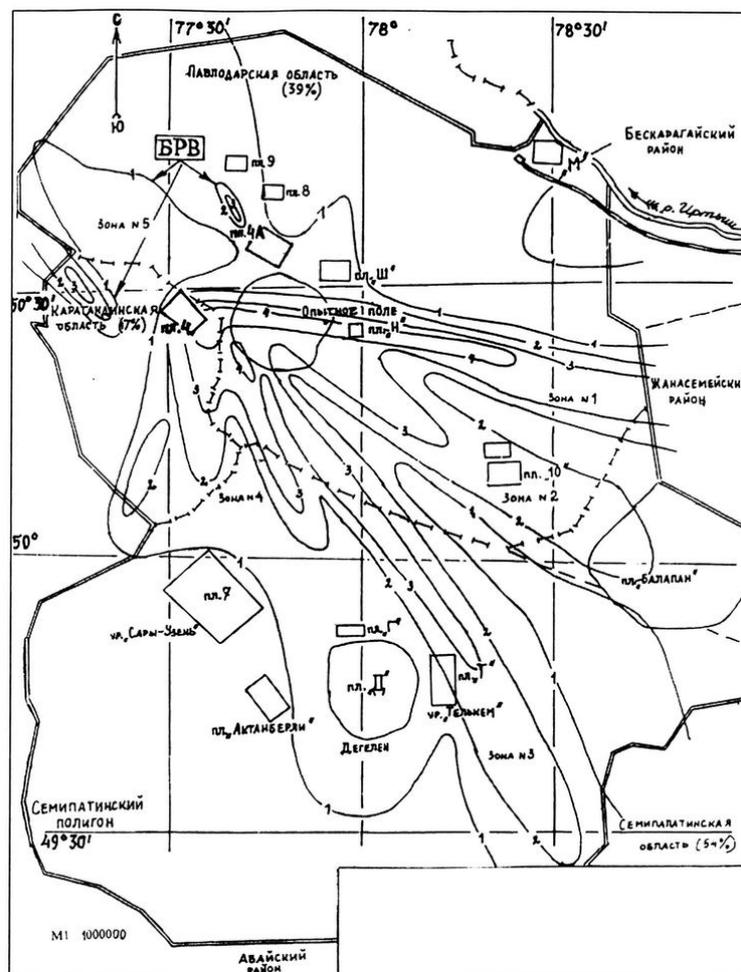


Рисунок 9 - Схема радиоактивного загрязнения территории СИП по состоянию на декабрь 1956 г. Положение изолиний мощностей доз гамма-излучения, мкР/ч: 1) 12-40, 2) 40-100, 3) 100-1000, 4) >1000

Основной целью радиационного контроля в период проведения ядерных испытаний являлось определение характеристик каждого радиоактивного следа и, в первую очередь, доз внешнего облучения населения, проживавшего вблизи полигона [6, 28]. Так, согласно литературным данным, на прилегающих к СИП территориях, находившихся в зоне следов радиоактивных выпадений от атмосферных испытаний, средняя доза облучения для населения колебалась в пределах 0,03-0,50 Р (0,26-4,40 Зв) [3].

Институт радиационной безопасности и экологии Национального ядерного центра РК был создан на базе воинской части № 52605 в октябре 1993 года [24]. На момент создания института подавляющее большинство научных сотрудников воинской части № 52605 уехали в Россию. Все оборудование и архив по проведенным исследованиям были вывезены. Данных о радиологической ситуации на полигоне и карт загрязненных участков не было. Основной задачей стало получение данных об актуальной радиационной обстановке на территории СИП.

В период с 1994-1999 гг. в рамках различных проектов была проведена оценка радиологической обстановки на территории СИП и прилегающих к нему регионов [29, 30, 31]. Большое внимание было уделено составлению списков растений и животных СИП и оценке биологических последствий ядерных испытаний [32]. Были построены карты загрязнения части территории СИП в масштабе 1:50000 [33].

С 1998 г. по 1999 г. были проведены первые работы по дифференциации территории бывшего СИП с точки зрения ее хозяйственного использования [34]. Впервые были собраны и обобщены материалы о проведенных радиологических исследованиях на территории СИП, созданы первые электронные карты, показывающие места расположения основных источников радиоактивного загрязнения.

В 2000 и 2002 году выполнялось обследование отдельных участков СИП на территориях испытательных площадок [35]. С 2004 по 2006 годы проведена площадная мелко- и среднемасштабная радиологическая съемка (масштабы 1:1 000 000 и 1:200 000) части территории СИП [36, 37].

Все эти исследования в конечном итоге привели к пониманию что обследование отдельных участков СИП, не дает полной картины радиационной обстановки на полигоне. Большая часть исследований касалась территорий испытательных площадок. На территориях, на которых формально не проводились ядерные испытания, но которые подверглись загрязнению радиоактивными выпадениями детальные исследования радиационной обстановки не проводились.

3 Методы исследований

3.1 Методика отбора образцов почвы

Отбор поверхностных проб почвы выполнялся точечным методом. Суть метода заключается в следующем: предварительно в точке отбора выкапывался приямок и затем при помощи специализированного пробоотборного инструмента (с фиксированными геометрическими размерами 10x10x5 см) на одной из вертикальных сторон приямка производился отбор слоя почвы толщиной 5 см (Рисунок 10).



Рисунок 10 - Точечный отбор проб почвы

Пробы отбирались на глубину 5 см с площади 100-200 см². После отбора каждого слоя производилась дезактивация пробоотборного инструмента.

Для исключения перекрестного загрязнения проб, пробы упаковывались в двойные полиэтиленовые пакеты, транспортировка осуществлялась в специальных пластиковых ящиках для перевозки проб окружающей среды.

Непосредственно перед отбором пробы проводилось измерение радиационных параметров (МЭД, плотности потока β -частиц) с помощью радиометра-дозиметра МКС АТ 6130 и определение географических координат с помощью GPS приемника. На все пробы оформлялись паспорта.

Пробы отбирались по сети 1x1 км, на территории 10 км от границы испытательной площадки «Опытное поле».

Средства измерений, используемы в отборе проб:

1. Дозиметр-радиометр МКС-АТ6130 (Рисунок 11). Основные характеристики:

- диапазон измерения мощности амбиентного эквивалента дозы рентгеновского и гамма-излучения: 0,1 мкЗв/ч - 10 мЗв/ч;

- диапазон измерения амбиентного эквивалента дозы рентгеновского и гамма-излучения: 0,1 мкЗв - 100 мЗв;
- диапазон измерения плотности потока бета-частиц: 10 част/(мин·см²) – 10⁴ част/(мин·см²).

2. GARMIN rino 530 (Рисунок 12):

- определение высоты над уровнем моря, скорости и направления, времени в пути и других параметров вашего движения;
- отслеживание и запоминание трассы движения с возможностью вернуться назад по ранее пройденному пути;
- запоминание до 1000 точек-ориентиров либо путем маркировки их на местности, либо вводом координат с топографической карты;
- определение курса (азимута) и вычисление расстояния до выбранного ориентира, а также прокладка маршрута, проходящего через несколько фиксированных точек (до 20 маршрутов по 30 точек);
- отслеживание и указание с помощью стрелки нужного направления движения с индикацией отклонения от выбранного курса (азимута);
- поддержка EGNOS, WAAS.



Рисунок 11 - Измерение МЭД дозиметром-радиометром МКС-АТ6130



Рисунок 12 - GARMIN rino 530

3.2 Методика подготовки образцов почвы

До проведения гамма-спектрометрических измерений образцы почвы проходят подготовку в соответствии с рабочей инструкции «Подготовка проб к лабораторным анализам в отделе аналитических исследований» [38]. Подготовка счетного образца пробы почвы включает следующие этапы:

- отобранные пробы почвы были просушены до воздушно-сухого состояния при температуре 105°C;

- из высушенного образца почвы удалялись крупные камни и растительные включения, после чего проба просеивалась через сито с размером ячеек 2 мм. Крупная фракция размером >2 мм исключалась из дальнейших исследований;
- из фракции размером <2 мм методом квадратирования отбиралась навеска массой ~ 500 г.

Подготовленный счетный образец переносится в измерительную тару. В качестве измерительных контейнеров использовались пластиковые емкости в форме прямого цилиндра диаметром 92 мм и высотой 65 мм, которые передавались на гамма-спектрометрический анализ [38].

3.3 Методика выполнения гамма-спектрометрических измерений

Для определения содержания гамма-излучающих радионуклидов в пробах почвы использовалась гамма-спектрометрическая установка фирмы «Canberra» (Рисунок 13), следующей комплектации:

- полупроводниковый детектор гамма-излучения BE5030 на основе кристалла из сверхчистого германия с относительной эффективностью регистрации 48%;
- анализатор импульсов DSA-1000;
- персональный компьютер с пакетом программного обеспечения Genie-2000 для гамма-спектрометров.



Рисунок 13 - Полупроводниковый спектрометр «Canberra» детектором гамма-излучения BE5030 и анализатор импульсов DSA-1000

Диапазон измеряемых энергий – от 3 до 3000 кэВ.

Для уменьшения естественного фона детектор помещен в свинцовую защиту.

Перед проведением измерений проводилась калибровка детектора гамма-излучения по энергии и эффективности с использованием насыпных источников RgU 1 и RgTh-1 (ИАЕА) с известной активностью.

Измерения проводились согласно методике выполнения измерений «Активность радионуклидов в счетных образцах. Методика измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения «Spectra Line» и действующей в ИРБЭ НЯЦ РК рабочей инструкции [39, 40]. Типичное время экспозиции – 7200 с.

Контроль качества

В целях контроля качества измерений каждая десятая проба подготавливалась в двух параллелях. Каждая партия из десяти подготовленных счетных образцов сопровождалась холостой пробой. Результаты измерений активностей некоторых параллельных образцов представлены в таблице (Таблица 3). Результаты измерения некоторых холостых проб представлены в таблице (Таблица 4).

Таблица 3 - Результаты измерений параллельных образцов

| П./н. | Удельная активность ^{241}Am , Бк/кг | Среднее, Бк/кг | Отклонение от среднего, % |
|-------|---|----------------|---------------------------|
| 1 | $6,2 \cdot 10^3 \pm 1,2 \cdot 10^3$ | 6000 | 3,3 |
| 2 | $5,8 \cdot 10^3 \pm 1,2 \cdot 10^3$ | | -3,3 |
| 3 | $7,4 \cdot 10^3 \pm 1,5 \cdot 10^3$ | 6650 | 11 |
| 4 | $5,9 \cdot 10^3 \pm 1,2 \cdot 10^3$ | | -11 |
| 5 | $7,4 \cdot 10^3 \pm 1,5 \cdot 10^3$ | 7400 | 0 |
| 6 | $7,4 \cdot 10^3 \pm 1,5 \cdot 10^3$ | | 0 |
| 7 | $6,2 \cdot 10^2 \pm 1,2 \cdot 10^2$ | 585 | 6,0 |
| 8 | $5,5 \cdot 10^2 \pm 1,1 \cdot 10^2$ | | -6,0 |
| 9 | 32 ± 6 | 37,5 | -15 |
| 10 | 43 ± 9 | | 15 |

Таблица 4 - Результаты измерений холостых проб

| П./н. | Номер пробы | Удельная активность, Бк/кг | |
|-------|-------------|----------------------------|-------------------|
| | | ^{241}Am | ^{137}Cs |
| 1 | ХП 7 | < 3 | < 4 |
| 2 | ХП 8 | < 3 | < 3 |
| 3 | Х.П.10 | < 2 | < 2 |
| 4 | Х.П.9 | < 2 | < 2 |
| 5 | Х.П.6 | < 2 | < 2 |
| 6 | Х.П.5 | < 4 | < 3 |
| 7 | Х.П.4 | < 2 | < 3 |
| 8 | Х.П.2 | < 3 | < 3 |
| 9 | Х.П.1 | < 2 | < 2 |
| 10 | Х.П.3 | < 2 | < 3 |
| 11 | Х.П.11 | < 3 | < 3 |
| 12 | Х.П.1 | < 2 | < 2 |

Максимальное расхождение в значениях активностей параллельных образцов составило 30 %. Значения активностей ^{241}Am и ^{137}Cs в холостых пробах лежат ниже предела обнаружения, что указывает на отсутствие загрязнения посуды и используемых инструментов.

Дополнительно были проведены сличения с лабораторией Института ядерной физики РК (г. Алматы). Данные испытания проводились в соответствии с требованиями ГОСТ ISO/IEC 17043-2013 [41]. Контрольные образцы на определение ^{241}Am представляли собой гомогенизированные сухие образцы в количестве 9 штук.

В таблице (Таблица 5) представлены результаты измерения удельной активности ^{241}Am в контрольных образцах.

Таблица 5 - Результаты испытаний контрольных образцов

| Номер пробы | ИРБЭ | ИЯФ | Расхождение, % |
|-------------|-------------------|-----------------|----------------|
| 69424-6 | 36800 ± 7400 | 33475 ± 179 | 9 |
| 69424-5 | 36400 ± 7300 | 33303 ± 178 | 9 |
| 69424-4 | 36100 ± 7200 | 33479 ± 179 | 7 |
| 69439-6R | 58700 ± 11800 | 55033 ± 225 | 6 |
| 69439-5R | 59000 ± 11800 | 54910 ± 234 | 7 |
| 69439-4R | 59300 ± 11900 | 55204 ± 241 | 7 |
| 69446-6R | 10500 ± 2100 | 9725 ± 92 | 7 |
| 69446-5R | 10500 ± 2100 | 9962 ± 90 | 5 |
| 69446-4R | 10800 ± 2200 | 9894 ± 89 | 8 |

Анализ полученных данных позволяет говорить об отсутствии значительных расхождений между результатами гамма-спектрометрического анализа ^{241}Am полученных в лабораториях Института ядерной физики, г. Алматы и филиале ИРБЭ НЯЦ РК, г. Курчатов.

Правильность определения ^{241}Am контролировалась периодическими измерениями стандартного образца МАГАТЭ (IAEA-384) и калибровочного источника (ОМАСН №2/749). Сравнение получаемых результатов с сертифицированными значениями концентрации показало отсутствие систематической ошибки используемой аналитической методики (Таблица 6).

Таблица 6 - Результаты поверочных измерений

| № п/п | Удельная активность (IAEA-384), Бк/кг | | | Удельная активность (ОМАСН №2/749), Бк/кг | | |
|----------|--|---|----------------|--|---|----------------|
| | Паспортное значение | Полученное значение ²⁴¹ Am | Расхождение, % | Паспортное значение | Полученное значение ²⁴¹ Am | Расхождение, % |
| 1 | 7,1 | 6,89 ± 0,22 | 3 | 2799 | 2778 | 1 |
| 2 | | 6,93 ± 0,17 | 2 | | 2766 | 1 |
| 3 | | 6,77 ± 0,31 | 5 | | 2750 | 2 |

Величина расхождения паспортной активности стандартного образца с измеренной фактически является аналитической ошибкой гамма-спектрометрического анализа. В среднем данная величина оценивается в 3 %.

Расхождение между параллельными образцами (Таблица 3) превышает аналитическую ошибку. Максимальное расхождение между образцами составляет 15 %. Это объясняется тем, что расхождение между результатами параллельных образцов помимо аналитической ошибки также обусловлено неоднородностью счетных образцов. Учитывая, что погрешности измерения складываются как сумма квадратов, т.е. большая погрешность поглощает меньшую, можно заключить, что максимальная погрешность измерения за счет неоднородности составляет порядка 15 %. Таким образом, погрешность за счет неоднородности образца является доминирующей.

3.4 Методика выполнения пешеходной гамма-спектрометрической съемки

Метод пешеходной гамма-спектрометрической съемки основан на непрерывном наборе гамма-спектров во время движения спектрометриста по заданному маршруту на обследуемой местности (Рисунок 14).



Рисунок 14 – Проведение пешеходной гамма-спектрометрической съемки

Спектрометрист, производящий съемку, передвигается по профилю обследования с непрерывной скоростью 1-2 км/ч (Рисунок 15).

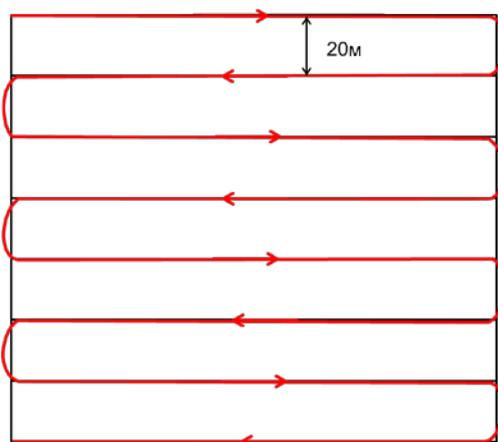


Рисунок 15 - Схема проведения пешеходной гамма-спектрометрической съемки

Через каждые 10 с происходит автоматическая запись гамма-спектра с сохранением его на мобильный компьютер. В момент записи спектра определяются координаты расположения спектрометриста и также записываются на мобильный компьютер, т.е. происходит синхронизация записи спектра и записи координат. При этом координаты снимаются с помощью GPS приемника по завершению набора каждого спектра.

Таким образом, информация полученная, при использовании данного метода съемки характеризует не «точку» в которой зафиксированы координаты, а участок, расположенный между последней точкой фиксации координат и предыдущей (Рисунок 16).

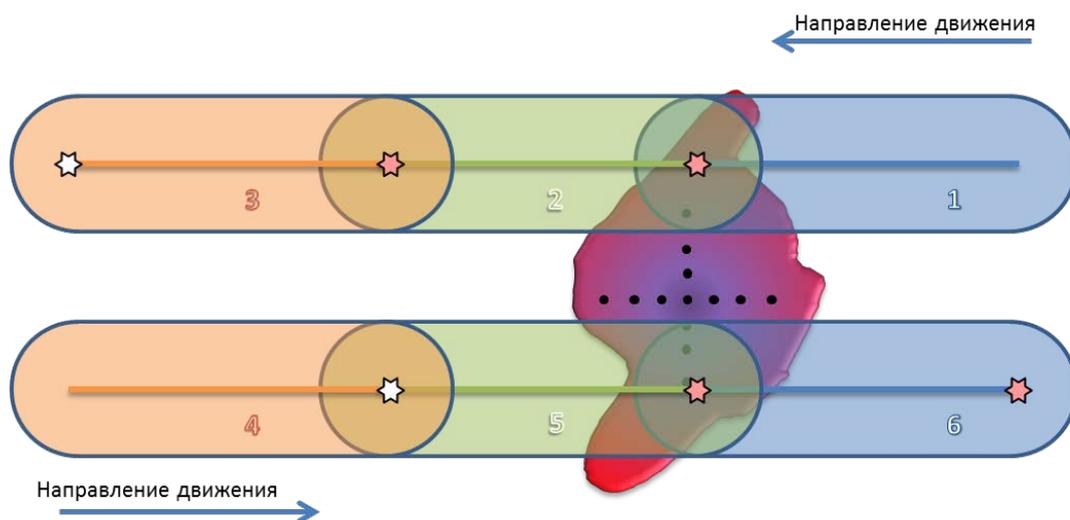


Рисунок 16 – Схема записи информации при проведении пешеходной гамма-спектрометрической съемки

Данная схема проведения съемки не вносит существенных ошибок при проведении обследований территорий с площадями радиоактивного загрязнения соизмеримыми или больше расстояний между профилями/точками измерений.

Далее, производится обработка спектров и по результатам обработки строятся карты радиоактивного загрязнения местности техногенными гамма-излучающими радионуклидами, при этом, имеется возможность строить карты по каждому радионуклиду отдельно.

Пешеходная гамма-спектрометрическая съемка производилась с использованием гамма-спектрометрической системы. В комплект гамма-спектрометрической системы входили следующие позиции:

1. Спектрометр со сцинтилляционным детектором на основе кристаллов бромида лантана ($\text{LaBr}_3(\text{Ce})$), с анализатором импульсов DigiBase («ORTEC»).
2. Ноутбук или подобный персональный компьютер для управления системой набора гамма-спектров.
3. Программное обеспечение:
 - a. Maestro – программа для запуска работы гамма-спектрометра («ORTEC»).
 - b. SFisher – программа для набора спектра (ИРБЭ НЯЦ РК).
 - c. Spectrool – программа пакетной обработки спектров (ИРБЭ НЯЦ РК).

Детектор фиксировался на высоте 0,5 м от поверхности земли, время экспозиции – 10 с, скорость перемещения вдоль профилей – не более 2 км/ч.

Обработка спектрометрической информации выполнялась при помощи программного инструмента пакетной обработки гамма-спектров – Spectrool.

Калибровка используемых средств измерений

Для определения отношения между измеряемой площадной активностью по результатам полевой гамма-спектрометрии и удельной активностью в верхнем слое почвы, определенной по результатам лабораторных исследований, выполнялась калибровка детекторов. Для калибровки выбирался один из радиационно-загрязненных участков (Рисунок 17).



Рисунок 17 – Процесс калибровки

На карту распределения активности, построенную по результатам дискретной гамма-спектрометрической съемки (5x5 м), наносились точки для отбора проб почвы. Выбор точек для отбора проб осуществлялся с учетом радиоактивности, на всем диапазоне активностей на исследуемой площадке, включая фоновые участки: <50, 50-100...500-1000 и >1000 имп/с (cps) в канале калибруемого радионуклида. Координаты точек отбора фиксировались системой высокоточной GNSS. Время набора спектра (живое) – 180 секунд.

Далее в местах набора спектров выполнялся отбор проб почвы на глубину 5 см с вертикальным шагом 2,5 см. Для снижения фактора неоднородности загрязнения поверхности почвы, отбор проб выполнялся методом «конверта» со сторонами - 1 м. Точки отбора проб располагались в местах с ненарушенным рельефом.

3.5 Методика выполнения построения картографического материала

При создании и подготовке карт изолиний использовались два программных продукта: GoldenSoftwareSurfer и ArcGis.Гео информационная система GoldenSoftwareSurfer имеет заложенные в неё алгоритмы интерполяции, которые позволили с высочайшим качеством создать цифровые модели поверхности по неравномерно распределённым в пространстве данным. Настольное приложение ArcMap программного продукта ArcGis использовалось для генерации карт изолиний, цветовой дифференциации уровней загрязнения, отображения данных в соответствии с их пространственной направленностью, оформлением рисунка согласно требованию.

Для каждого сектора и участка был создан и сохранён отдельный XYZ-файл исходных данных, который представляет собой таблицу MS Excel, содержащую множество экспериментальных данных. На основании этих исходных данных, для генерации карт изолиний распределения МЭД и изотопов ^{241}Am , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$, при помощи программного продукта GoldenSoftwareSurfer создавался сеточный файл с расширением .GRD формата ASCII. Построение сеточного файла осуществлялось при помощи геостатистического метода построения сети Кригинг (Kriging). Применение этого метода позволило в дальнейшем построить изолинии в результате интерполяции данных для любой точки на обследованной территории и за ее пределами.

Диалоговое окно GridData (Данные сетки) позволило управлять параметрами создания сеточного файла (Рисунок 18):

- в группе DataColumnns (Столбцы данных) выбирались столбцы, содержащие координаты X и Y, а также значения Z из файла с исходными данными;
- в группе GriddingMethod (Метод создания сетки) указывался метод интерполяции Кригинг;
- в группе параметров GridLineGeometry (Геометрия линий сетки) вводились пределы сети создаваемого сеточного файла по X и Y, которые задают область определения для карт изолиний;
- в той же группе параметров GridLineGeometry (Геометрия линий сетки) вводилась плотность сети (Spacing) длиной шага, равной 0,5 м, для увеличения гладкости карт изолиний;
- в группе OutputGridFile (Выходной сеточный файл) указывался путь и имя сеточного файла, который был создан после выполнения команды.

Следующий шаг к построению карт изолиний после создания сеточного файла – это конвертация SurferASCIIgrid (.GRD) в формат ASCII (.ASC), содержащий растровые данные. Конвертация выполнялась при помощи командной строки DOS с использованием специальной библиотеки. Далее в настольном приложении ArcMap программного продукта ArcGis осуществлялась конвертация файла ASCII (.ASC) в набор растровых данных при помощи инструментов геообработки приложения ArcToolbox. Это позволило далее классифицировать набор растровых данных с учётом необходимого количества уровней загрязнения (Рисунок 19).

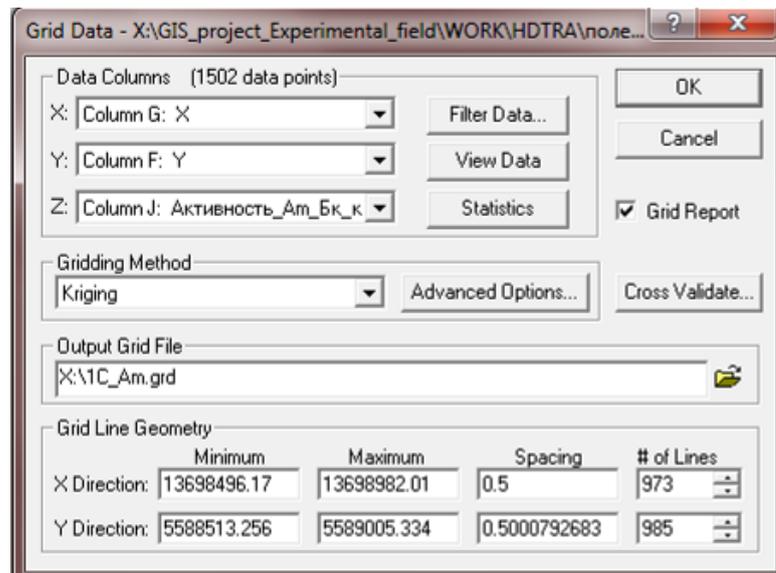


Рисунок 18 – Окно GridData (Данные сетки) при выборе файла XYZ-файла данных для создания сеточного файла

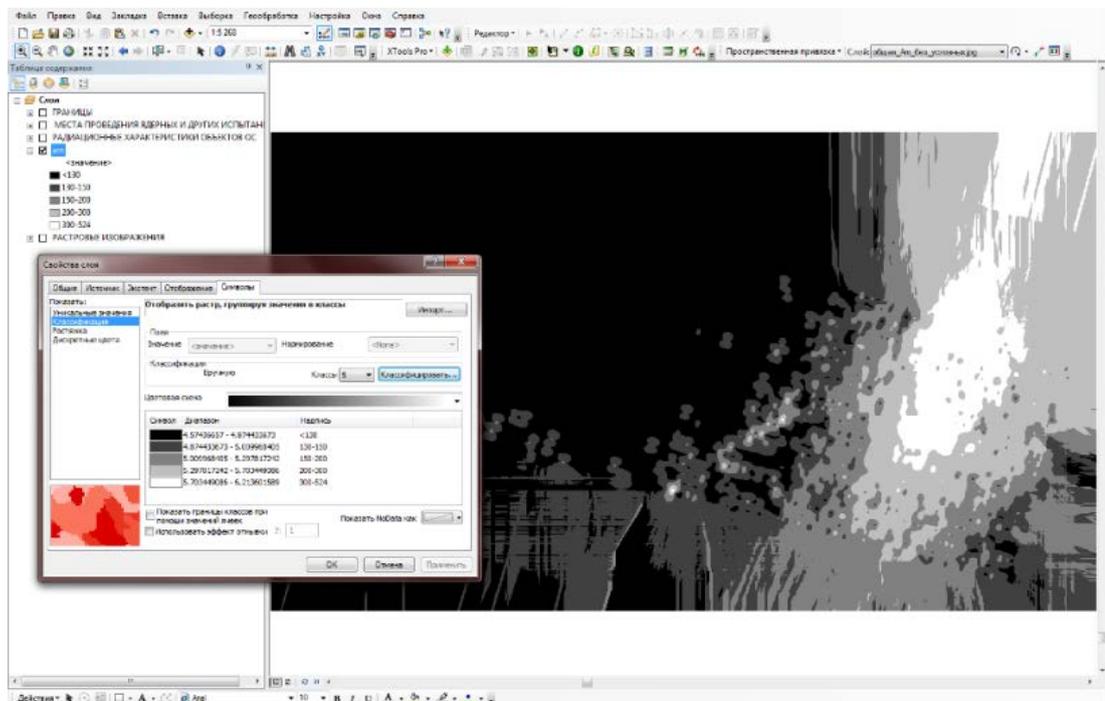


Рисунок 19 – Классификация набора растровых данных по уровням загрязнения

После классификации набора растровых данных выполнялся его экспорт в формат растрового графического изображения .TIFF, который в последующем при помощи инструментов геообработки приложения ArcToolbox сохранялся в виде шейп-файла (.SHP) или полигонального объекта и визуализировался по заданной форме. Для удобства использования карт применялась цветовая дифференциация уровней загрязнения (Рисунок 20).

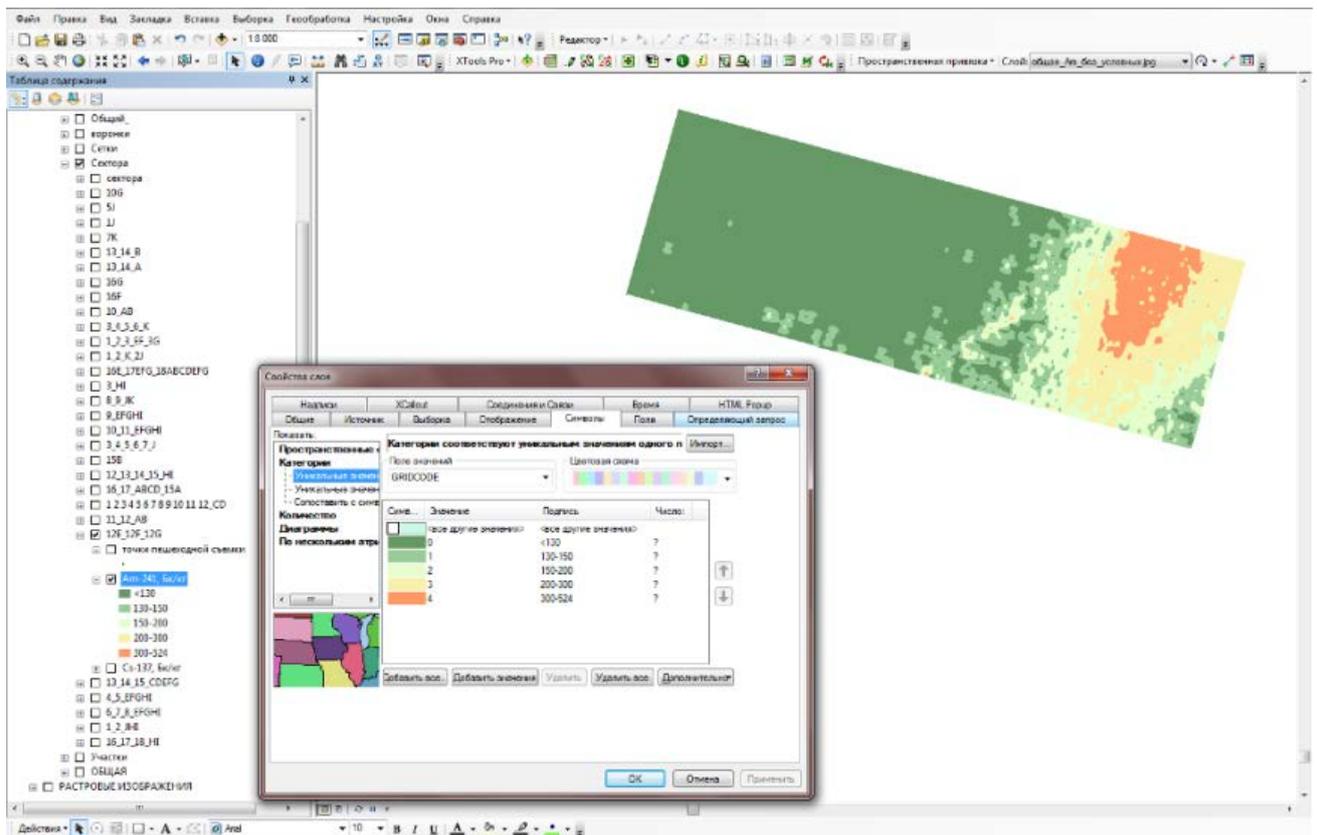


Рисунок 20 - Цветовая дифференциация уровней загрязнения

Все данные отображались в соответствии с их пространственной направленностью. Оформление рисунка проводилось согласно требованию.

4 Экспериментальные исследования

4.1 Результаты исследований методом определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в отобранных образцах почвы

Всего на прилегающих к площадке «Опытное поле» территориях отобрано 876 проб почвы (Рисунок 27).

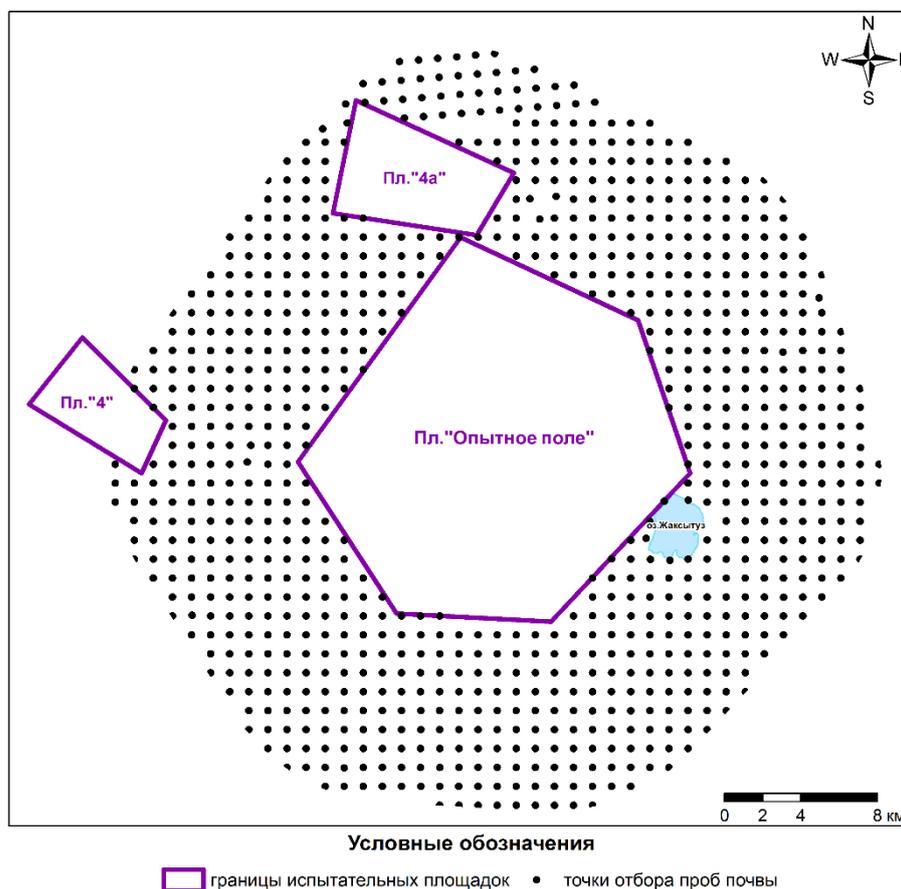


Рисунок 21 - Точки отбора проб почвы

Пробы отбирались по сети 1x1 км, на территории удаленной от границы площадки «Опытное поле» 10 км, за исключением территории естественных водоемов (по причине невозможности отбора репрезентативных образцов) и территорий соседних испытательных площадок «4» и «4а» (так как на данных площадках проводились другие типы испытаний, а именно испытания боевых радиоактивных веществ, и как следствие загрязнение носит другой характер).

Отобранные пробы почвы были проанализированы гамма-спектрометрическим методом. Всего проанализировано 876 проб почвы. Результаты анализа представлены в таблице (Таблица 7).

Таблица 7 - Результаты гамма-спектрометрических измерений отобранных проб

| | ^{137}Cs | ^{241}Am | ^{40}K | ^{226}Ra | ^{232}Th | ^{235}U | ^{238}U |
|--|-------------------|-------------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Минимальное значение, Бк/кг | 1,2 | 0,14 | 160 | 1,9 | 7 | 0,4 | 4 |
| Максимальное значение, Бк/кг | 1600 | 1200 | 1200 | 108 | 255 | 11 | 221 |
| Среднее арифметическое, Бк/кг | 44,3 | 31,2 | 704 | 24,6 | 26,2 | 3,1 | 27,3 |
| Среднее взвешенное, Бк/кг | 7,7 | 2,7 | 697 | 21,8 | 23,7 | 2,8 | 24,5 |
| Среднее квадратичное отклонение, Бк/кг | 88 | 79 | 150 | 10 | 13 | 1,4 | 14 |
| Коэффициент вариации, % | 198 | 253 | 21 | 41 | 49 | 46 | 49 |

По полученным результатам построены карты-схемы поверхностного распределения техногенных гамма-излучающих радионуклидов ^{241}Am и ^{137}Cs .

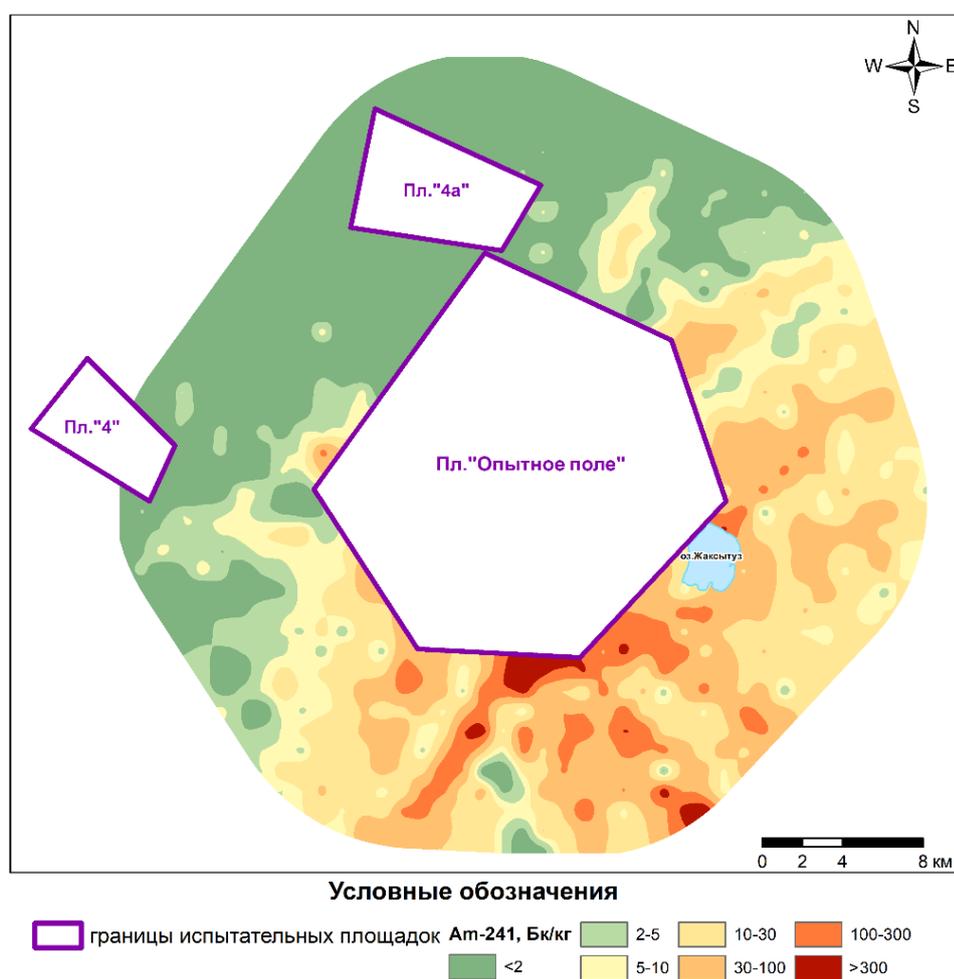


Рисунок 22 - Схема поверхностного распределения ^{241}Am по результатам гамма-спектрометрического анализа отобранных проб почвы

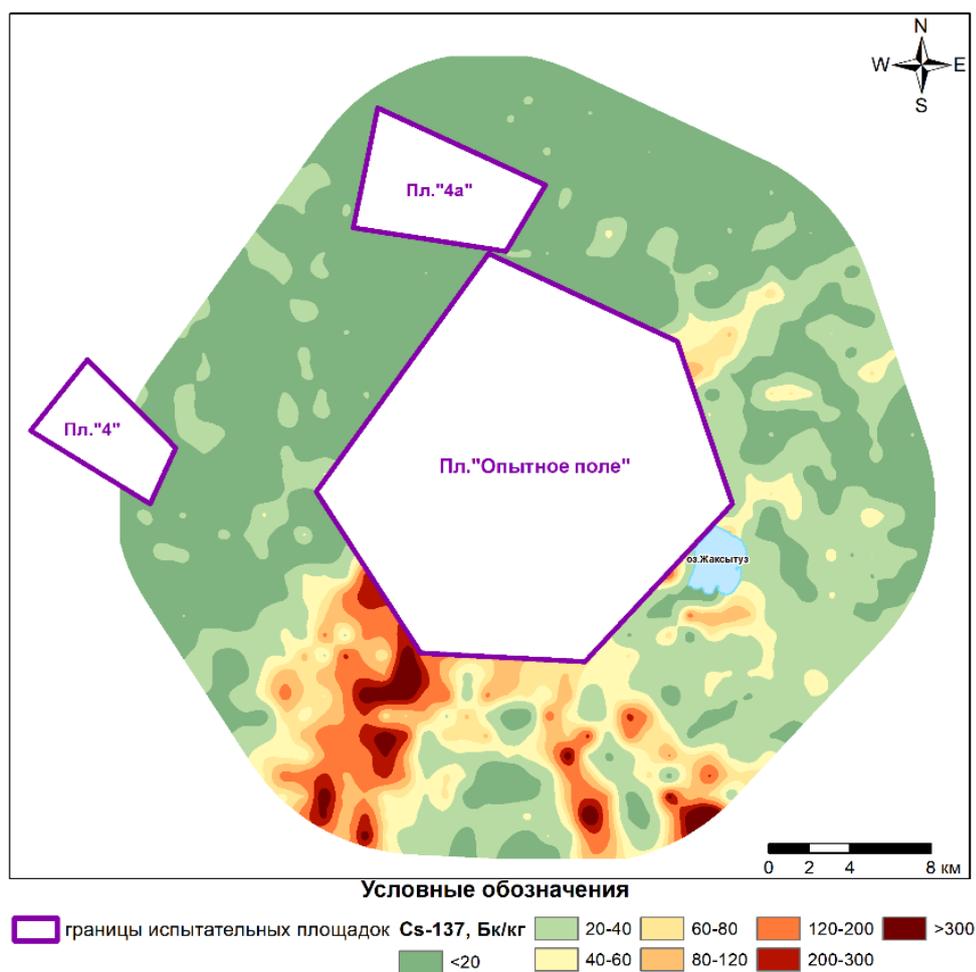


Рисунок 23 - Схема поверхностного распределения ^{137}Cs по результатам гамма-спектрометрического анализа отобранных проб почвы

Полученные результаты поверхностного загрязнения прилегающей территории показывают различный характер распределения у ^{241}Am и ^{137}Cs . Анализ результатов лабораторных исследований показал невысокую корреляционную зависимость между ^{241}Am и ^{137}Cs (коэффициент корреляции составляет 0,48).

Низкий коэффициент корреляции для данных радионуклидов является характерным признаком природы происхождения загрязнения на изучаемой территории, которая связана не только с ядерным делением исходного материала ядерных зарядов в процессе проведения ядерного испытания, но и с загрязнением обусловленным проведением модельных неядерных экспериментов, при которых диспергируются делящиеся вещества экспериментальных устройств без продуктов деления.

Анализ распределения ^{241}Am и ^{137}Cs по изучаемой территории выявляет, что для идентификации следов радиоактивных выпадений от атмосферных ядерных испытаний на испытательной площадке «Опытное поле», распределение ^{137}Cs носит более информативный характер.

Исходя из вышесказанного, для проведения классификации территории по степени радиоактивного загрязнения были выбраны следующие критерии, распределения техногенного радионуклида ^{137}Cs :

1. Территория считается незагрязненной (фоновой), если значения содержания радионуклидов в пробах, отобранных на ней, не превышают значение одного среднеквадратического отклонения (σ) от средней взвешенной величины ($M_{вз}$).

2. Территория считается слабо загрязненной, если значения содержания радионуклидов в пробах, отобранных на ней, не превышают значение двух среднеквадратических отклонений (2σ) от средней взвешенной величины ($M_{вз}$).

3. Территория считается загрязненной, если значения содержания радионуклидов в пробах, отобранных на ней, превышают значение двух среднеквадратических отклонений (2σ) от средней взвешенной величины ($M_{вз}$).

На рисунке (Рисунок 24) представлена вариационная кривая распределения количества измерений по величине удельной активности ^{137}Cs в почве, а также распределение площадей загрязнения по степени радиоактивного загрязнения (распределение площадей загрязнения получены на основе интерполирования данных при построении карт в программах GoldenSoftwareSurfer и ArcGis.Гео).

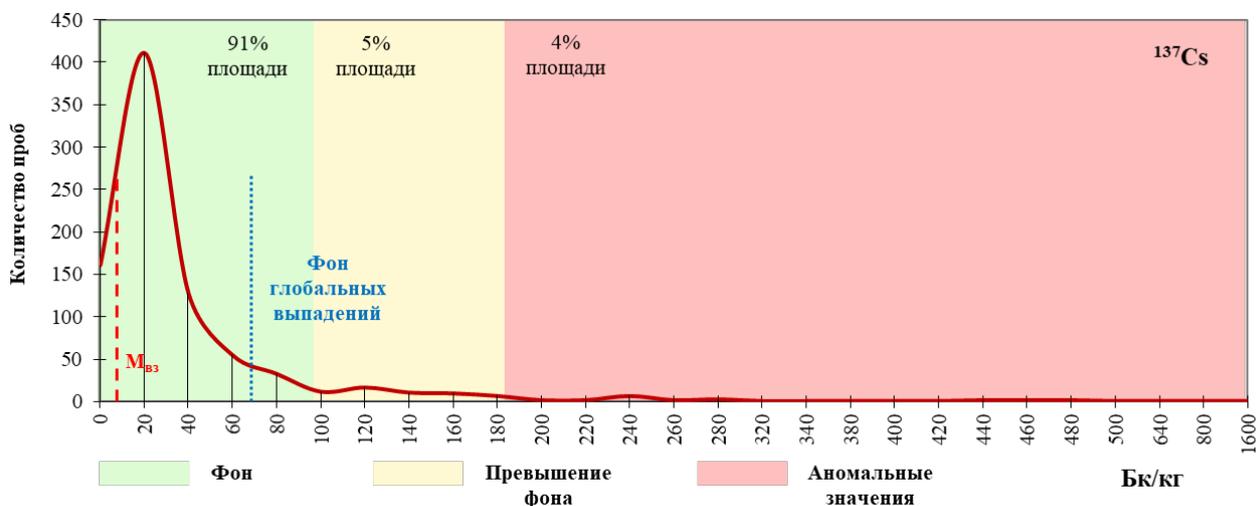


Рисунок 24 - Вариационные кривые распределения количества измерений по величине удельной активности ^{137}Cs в почве для всей прилегающей территории

По результатам исследования территории методом пробоотбора выявлены области, подвергшиеся влиянию следов радиоактивных выпадений. Установлено, что значительному загрязнению подверглось не более 9% обследованной площади. Полученный диапазон фоновых значений хорошо согласуются с фоном глобальных выпадений для данного радионуклида [42].

Аналогичный статистический анализ проведен для радионуклида ^{241}Am (Рисунок 25), который подтвердил изначальную гипотезу о некорректности его рассмотрения для выявления следов радиоактивного выпадения от ядерных испытаний, ввиду немногочисленности природы возникновения загрязнения данным радионуклидом.

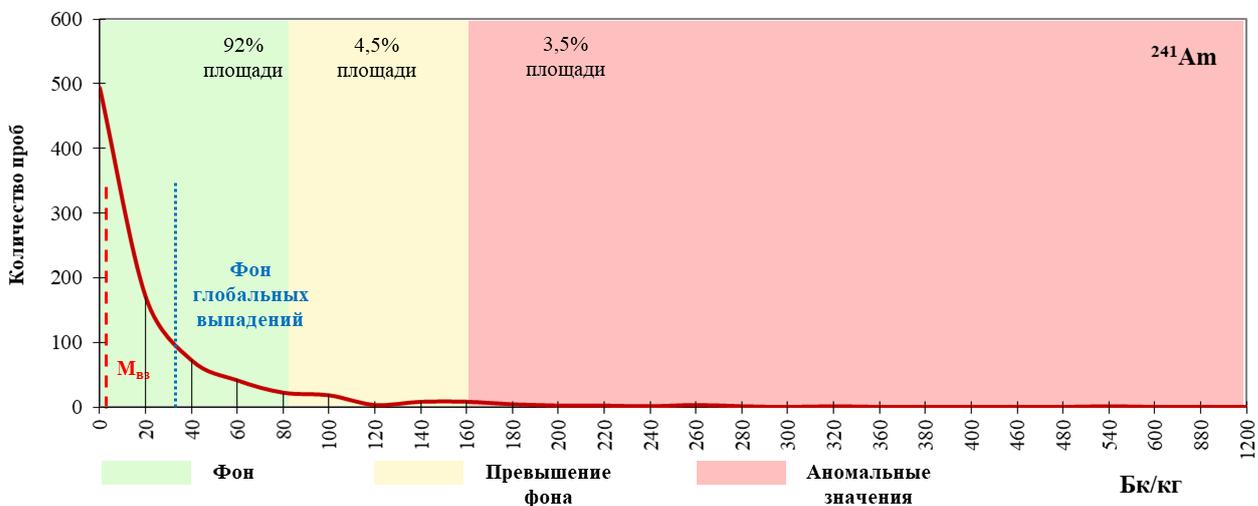


Рисунок 25 - Вариационные кривые распределения количества измерений по величине удельной активности ^{241}Am в почве для всей прилегающей территории

Результаты анализа показывают, что загрязнению ^{241}Am подверглась практически аналогичная по площади территория (более 8% обследованной площади), однако рассчитанный диапазон фоновых значений значительно превышает фон глобальных выпадений (32,4 Бк/кг) и достигает 82 Бк/кг, что обусловлено наличием других источников загрязнения, не связанных с радиоактивными выпадениями от ядерных испытаний.

4.2 Результаты исследований методом пешеходной гамма-спектрометрической съемки

По итогам проведения непрерывной пешеходной гамма-спектрометрической съемки было получено ~710 тыс. гамма-спектров (Рисунок 26).

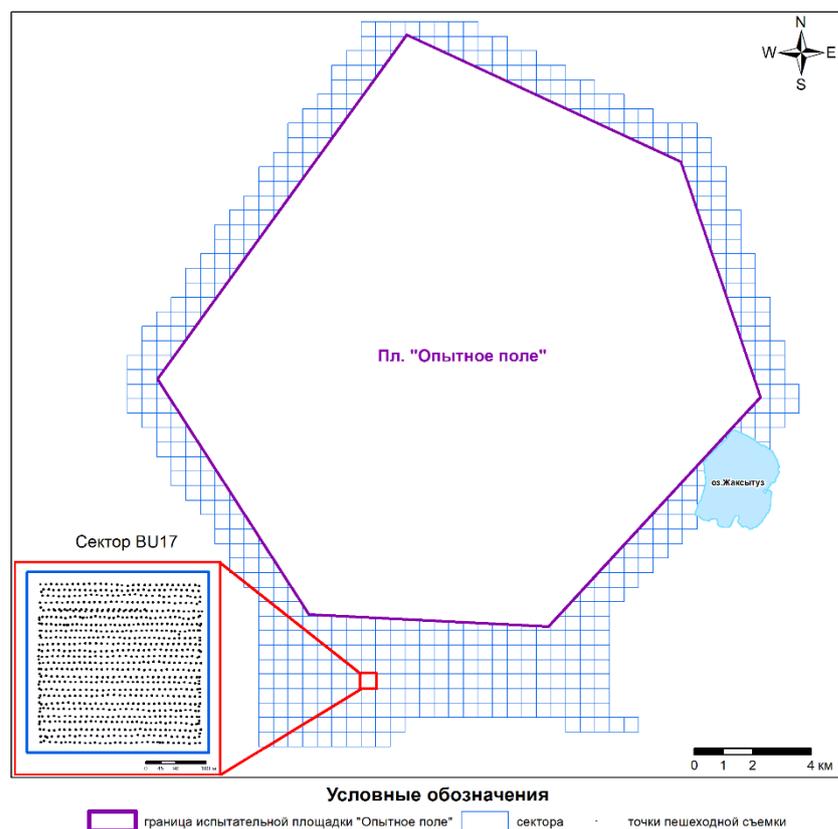


Рисунок 26 - Схема проведения пешеходной гамма-спектрометрической съемки

Съемка проводилась на территории удаленной от границы площадки «Опытное поле» на 1-5 км по профилям с расстоянием между профилями 20 метров. На территории естественных водоемов съемка не проводилась (по причине невозможности). Увеличение площади съемки с южной стороны площадки «Опытное поле» обусловлен выявленными локальными участками радиоактивного загрязнения гамма-излучающим радионуклидом ^{241}Am .

Результаты пешеходной гамма-спектрометрической съемки в дальнейшем были обработаны и визуализированы в виде карт-схем загрязнения обследуемой территории техногенными радионуклидами ^{241}Am и ^{137}Cs (Рисунок 27, Рисунок 28).

Метод пешеходной гамма-спектрометрической съемки для проведения классификации территории по степени радиоактивного загрязнения не рассматривался ввиду его низкой валидности для данной задачи, обусловленной высоким пределом обнаружения, практически на порядок превышающим уровень глобальных выпадений.

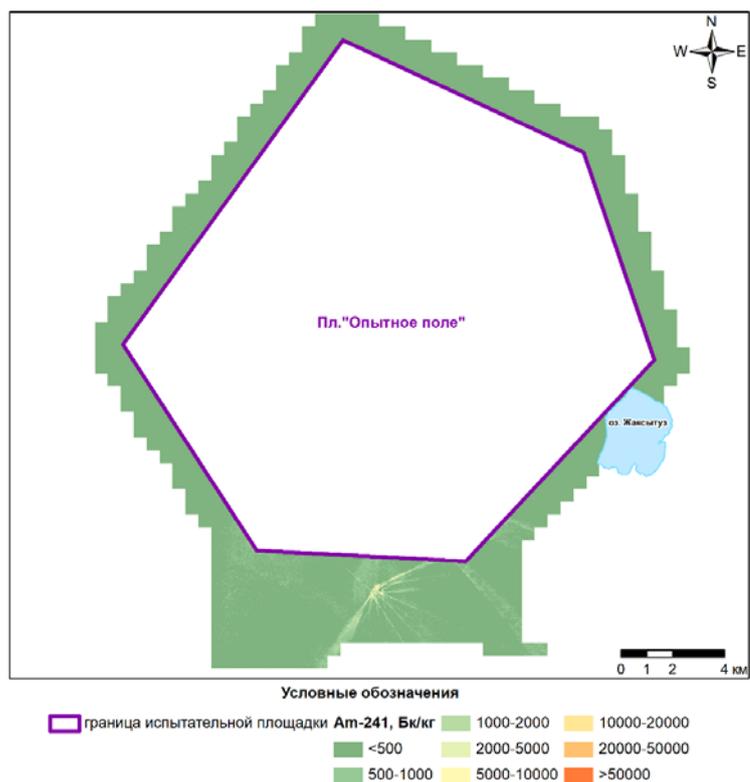


Рисунок 27 - Схема поверхностного распределения ^{241}Am по результатам пешеходной гамма-спектрометрической съемки

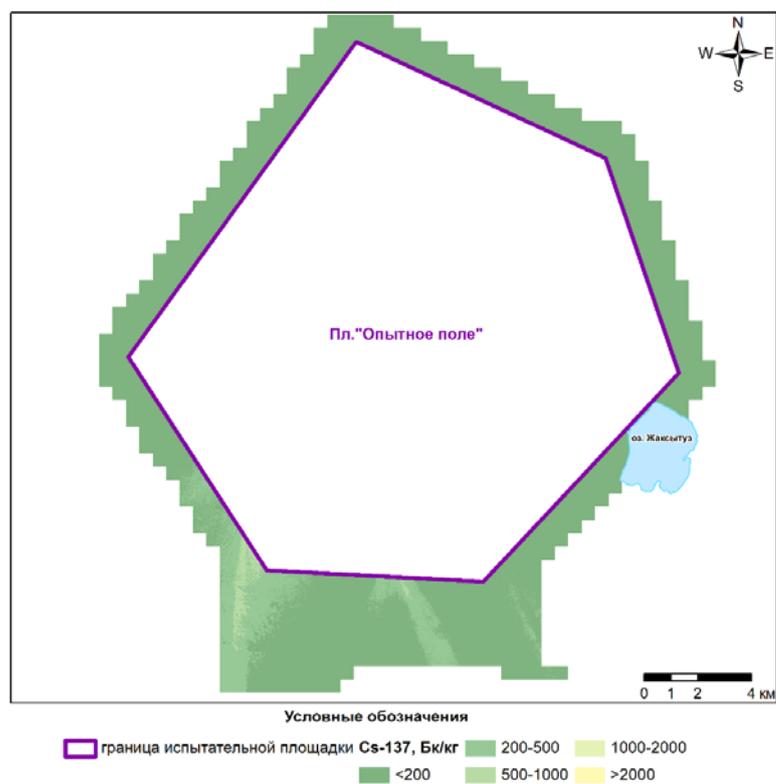


Рисунок 28 - Схема поверхностного распределения ^{137}Cs по результатам пешеходной гамма-спектрометрической съемки

Анализ пространственного распределения ^{241}Am и ^{137}Cs по изучаемой территории выявляет, что в некоторых районах прилегающей территории (южная часть обследуемой территории) распределение ^{241}Am не коррелирует с распределением ^{137}Cs , что хорошо видно при сравнении карт распределения радионуклидов ^{137}Cs и ^{241}Am (Рисунок 29).

На карте (Рисунок 29) хорошо видны следы выпадений ^{137}Cs выходящие с испытательной площадки «Опытное поле». Западный и восточный след соответствуют атмосферным ядерным испытаниям, проведенными на технической площадке П-1 в 1951 и 1953 году, соответственно, а следы между ними являются следами от атмосферных ядерных испытаний на технических площадках П2 и П7. Карта распределения ^{241}Am (Рисунок 29) выявляет множество следов, берущих свое начало за пределами испытательной площадки «Опытное поле», при полном отсутствии в данном месте радиоактивного загрязнения радионуклидом ^{137}Cs .

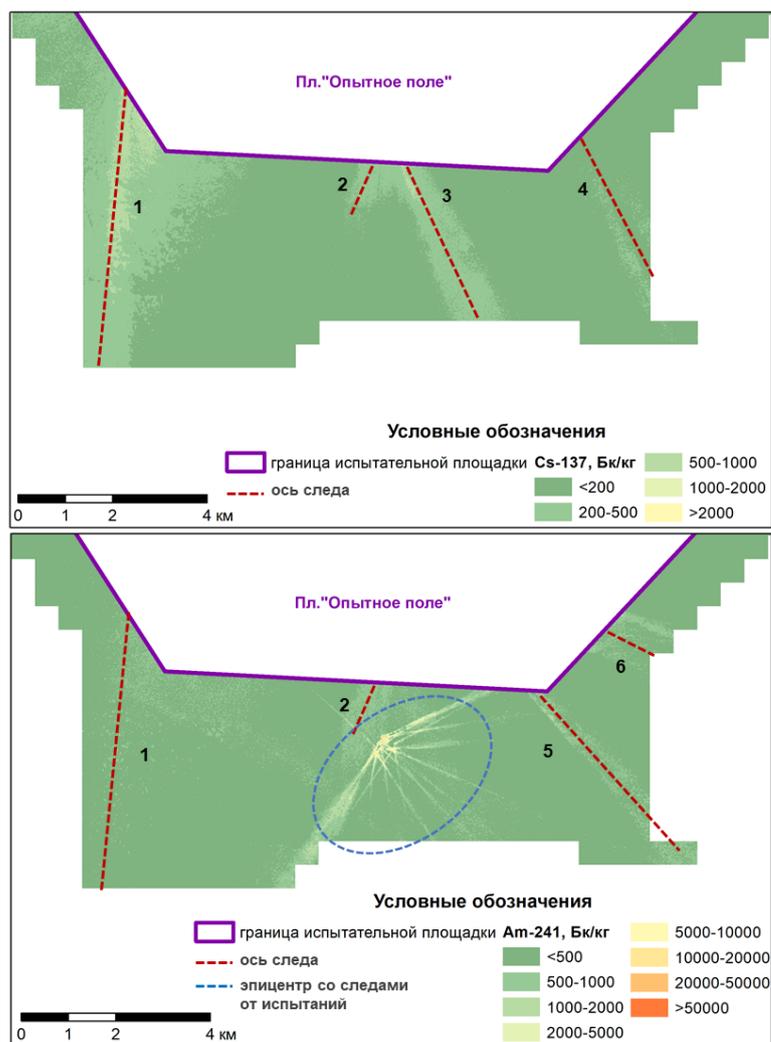


Рисунок 29 - Схема поверхностного распределения ^{137}Cs и ^{241}Am в южной части обследуемой территории

Данный фактор обусловлен наличием на данной территории технической площадки, на которой проводились гидродинамические испытания (испытания с применением делящихся веществ без ядерной реакции), при которых природа радиоактивного загрязнения обусловлена исходным материалом экспериментального устройства, при полном отсутствии продуктов распада. Именно использование данного метода позволило выявить данную техническую площадку и идентифицировать все эпицентры проведения экспериментов, что было невозможно сделать, используя метод отбора проб, масштаб которого не обеспечивал необходимой для этого детализации.

4.3 Сравнительный анализ результатов исследований методами определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в отобранных образцах почвы и пешеходной гамма-спектрометрической съемки

Результаты исследований основных параметров радиационного загрязнения гамма-излучающими радионуклидами на изучаемой территории, проведенные в предыдущем разделе ВКР, показывают, что использование разных методов проведения исследований в некоторых случаях дает схожие результаты, а в некоторых различаются. Для определения какой метод и при каких условиях является предпочтительным при проведении исследований необходимо понимать их положительные и отрицательные стороны.

1. Метод определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в отобранных образцах почвы.

Плюсы:

- высокая достоверность;
- возможность в лабораторных условиях определять не только гамма-излучающие радионуклиды, но и альфа-, бета-излучающие, а также, в случае необходимости проводить элементный анализ образцов почвы;
- большие возможности в обеспечении качества (возможность контрольного повторного анализа в аналогичных условиях);
- отсутствие метеозависимости при проведении исследований.

Минусы:

- высокая стоимость одного исследования (включает все затраты на обращение с образцом в течении его жизненного цикла);
- длительность проведения анализов (включает отбор образца, подготовку счетного образца и его измерение);

- высокие входные барьеры, обусловленные необходимостью наличия соответствующих оборудованных лабораторий (как лабораторий подготовки счетных образцов, так и измерительных лабораторий);
- необходимость соблюдения требований (включая все необходимые затраты) по обращению с РАО (для высокоактивных образцов), включая их временное хранение, транспортировку и захоронение.

2. Метод пешеходной гамма-спектрометрической съемки.

Плюсы:

- низкая стоимость
- оперативность проведения съемки и получения результатов;
- низкие входные барьеры (для реализации необходимо только СИ);
- отсутствует вероятность возникновения РАО.

Минусы:

- меньшая, чем в лабораторных условиях точность определения радионуклидов;
- высокий предел обнаружения (невозможность получения результатов на уровне фона глобальных выпадений);
- возможность определять только гамма-излучающие радионуклиды;
- метеозависимость при проведении измерений (невозможность съемки во время и после дождя, при низких температурах).

4.4 Оценка результативности

Как видно из предыдущего параграфа, рассматриваемые методы имеют много отличий. Теперь рассмотрим их возможности по достижению результатов для различных задач.

Задача №1. Определение параметров радионуклидного загрязнения, возникших вследствие выпадений от атмосферных ядерных испытаний.

Для данной задачи характерно радиоактивное загрязнение в виде следов радиоактивных выпадений, распространяющихся на десятки, а иногда сотни километров. Ширина таких следов может варьировать от нескольких до десятков километров. Изучаемая площадь при этом может достигать сотен, а иногда тысячи квадратных километров.

Исследования такой площади методом пешеходной гамма-спектрометрической съемки дадут отличную детализацию (для такой площади – это будут миллионы

измерений), но продлятся годы или десятилетия (при использовании методологии съемки, представленной в данной диссертации) и будут характеризовать только гамма-излучающие радионуклиды.

При этом высокий предел обнаружения позволит выявить только территории со значительным загрязнением вследствие выпадений от атмосферных ядерных испытаний.

Метод определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в отобранных образцах почвы, напротив позволит быстро - в течении одного года завершить весь комплекс работ (отбор и лабораторный анализ сотен или первых тысяч образцов проб) и позволит дополнительно, в случае необходимости произвести характеризацию всего спектра техногенных радионуклидов (альфа-, бета-, гама-), а также, в случае необходимости, изучить дополнительные параметры радиоактивного загрязнения (биологическая доступность, распределение по гранулометрическим фракциям и др.).

Данная задача практически полностью соответствует задаче, стоявшей в исследовании, представленном в данной ВКР. С той лишь разницей, что изучалась не вся территория, подвергшаяся радиоактивному загрязнению, а лишь её небольшая часть, прилегающая к испытательной площадке «Опытное поле». Именно этот факт позволил использовать обе методики и сравнить их. Результаты исследований, приведенные в данной работе, показали, что для выявления и характеристики следов радиоактивных выпадений от атмосферных ядерных испытаний целесообразно применение метода определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в отобранных образцах почвы.

Задача №2. Определение параметров радионуклидного загрязнения, возникших вследствие проведения поверхностных гидроядерных или гидродинамических испытаний, а также вследствие прорыва радиоактивных благородных газов через устье скважины или штольни при проведении подземных ядерных испытаний.

Для данной задачи характерно локальное радиоактивное загрязнение. Следы радиоактивных выпадений, распространяются на сотни метров, а иногда до первых километров. Ширина таких следов может варьировать от нескольких десятков до сотен метров. Изучаемая площадь при этом может варьировать от нескольких гектар до нескольких квадратных километров.

Исследования такой площади методом пешеходной гамма-спектрометрической съемки даст отличную детализацию (для такой площади - это будут сотни или тысячи измерений), продлятся от одного до нескольких дней (при использовании методологии съемки, представленной в данной диссертации), но будет характеризовать только гамма-излучающие радионуклиды.

Метод определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в отобранных образцах почвы, в условиях данной задачи вообще не сможет представить распределение техногенных радионуклидов по изучаемой территории т.к. это будет всего одна или несколько проб.

Несмотря на то, что данная задача не ставилась в рамках, представляемой ВКР, в ходе исследования, именно использование метода пешеходной гамма-спектрометрической съемки позволило выявить объекты локального радиоактивного загрязнения (места проведения гидродинамических испытаний). Использование только метода определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в отобранных образцах почвы вообще могло не выявить участки локального радиоактивного загрязнения. Это хорошо иллюстрирует карта распределения ^{241}Am , построенная по результатам пешеходной гамма-спектрометрической съемки с наложенными точками отбора образцов почвы для метода лабораторного определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов (Рисунок 30).

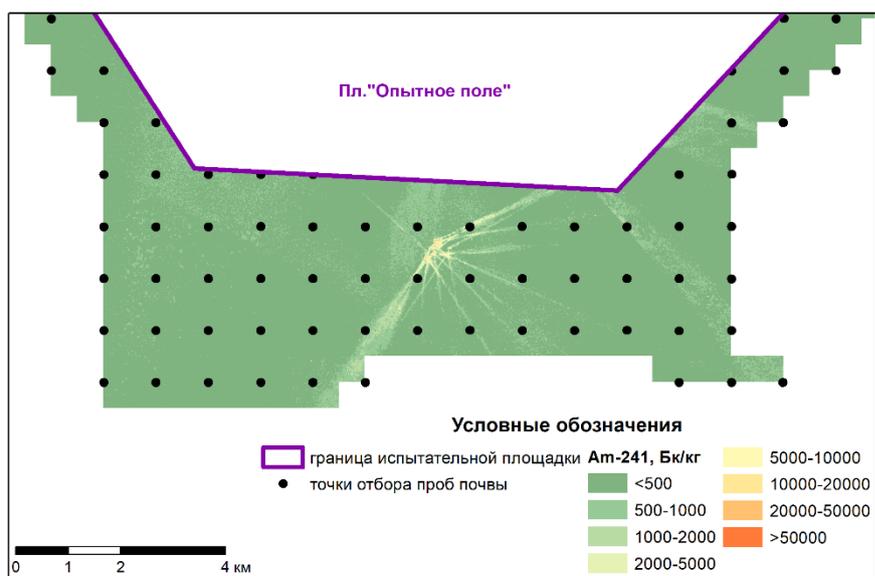


Рисунок 30 - Схема поверхностного распределения ^{241}Am в южной части обследуемой территории с нанесенными точками отбора проб почвы

4.5 Оценка стоимости работ

Для оценки экономической эффективности проведен ориентировочный расчет стоимости работ.

Оценка стоимости одного измерения:

- пешеходной гамма-спектрометрической съемки 20 руб.
- отбор пробы и лабораторный гамма-спектрометрический анализ 5 000 руб.

Оценка стоимости обследования 1 км²:

- пешеходной гамма-спектрометрической съемки 50 000 руб.
 - *Качество характеристики территории – отличное.*
 - *Время – отличное.*
- отбор пробы и лабораторный гамма-спектрометрический анализ 5 000 руб.
 - *Качество характеристики территории – неприемлемое.*
 - *Время – отличное.*

Оценка стоимости обследования 100 км²:

- пешеходной гамма-спектрометрической съемки 5 млн. руб.
 - *Качество характеристики территории – приемлемое.*
 - *Время – неприемлемо (годы при одном СИ).*
- отбор пробы и лабораторный гамма-спектрометрический анализ 0,5 млн. руб.
 - *Качество характеристики территории – приемлемое.*
 - *Время – отличное.*

Оценка экономической эффективности показывает, что использование метода пешеходной гамма-спектрометрической съемки оправдано для проведения исследований небольших локальных участков. Использование метода определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в пробах почвы для исследования локальных участков будет либо неприемлемым, либо иметь низкое качество/достоверность из-за небольшого количества образцов.

Использование метода определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в отобранных образцах почвы экономически обосновано только для больших площадей (>100 км²), когда количество образцов смогут статистически достоверно охарактеризовать изучаемую территорию.

4.6 Рекомендации применимости рассматриваемых методик

Рекомендации применимости рассматриваемых методик полностью вытекают из их результативности и экономической эффективности для разных задач. Так, метод пешеходной гамма-спектрометрической съемки целесообразно использовать для изучения параметров радионуклидного загрязнения, для которых характерно локальное радиоактивное загрязнение. Для территории Семипалатинского испытательного полигона – это могут быть участки радиоактивного загрязнения, возникшие вследствие проведения поверхностных гидроядерных или гидродинамических испытаний, а также вследствие прорыва РБГ и радиоактивных аэрозолей через устья скважин или штолен при проведении

подземных ядерных испытаний. Изучаемая площадь при этом может варьировать от нескольких гектар до нескольких квадратных километров.

Использование метода определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в отобранных образцах почвы целесообразно только для больших площадей ($>100 \text{ км}^2$), когда количество образцов смогут статистически достоверно охарактеризовать изучаемую территорию. Для территории Семипалатинского испытательного полигона – это могут быть участки радиоактивного загрязнения, возникшие вследствие проведения атмосферных ядерных испытаний и эксковационных подземных ядерных испытаний, для которых площадь радиоактивного загрязнения достигает сотен, а в некоторых случаях может доходить до тысяч квадратных километров. Именно этот способ был определен как основной способ комплексного обследования всей территории СИП на площади ~ 18300 квадратных километров.

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

Студенту:

| | |
|---------------|-------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 0AM13 | Мустафиной Евгении Валерьевне |

| | | | |
|---------------------|--------------|------------------------------|--------------------------------------|
| Школа | ИЯТШ | Отделение школы (НОЦ) | ОЯТЦ |
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | 14.04.02 Ядерные физика и технологии |

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

| | |
|--|---|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | При проведении исследований используется материально-техническая база филиала ИРБЭ НЯЦ РК, в исследовании задействованы 3 человека: руководитель, консультант и исполнитель. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов | Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование. |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования | Отчисления во внебюджетные фонды составляют 30 %, накладные расходы составляют 90 % от основной и дополнительной заработной платы. |

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| 1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НИР | Анализ потенциальных потребителей результатов исследования, конкурентных технических решений, проведение SWOT-анализа. |
| 2. Разработка устава научно-технического проекта | Определение целей и результатов проекта, организационной структуры проекта. |
| 3. Планирование процесса управления НИР: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок | Формирование плана и графика проекта: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ. Формирование бюджета затрат проекта. |
| 4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности | Расчет показателей сравнительной эффективности проекта, интегрального показателя ресурсоэффективности |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НИИ
2. Оценка конкурентоспособности технических решений
3. Матрица SWOT
4. График проведения и бюджет НИИ
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

| | |
|---|-------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 13.03.23 г. |
|---|-------------|

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|------------------|--------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент ОСГН ШБИП | Спицина Л.Ю. | К.Э.Н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|----------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 0AM13 | Мустафина Е.В. | | |

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящей ВКР был проведен сравнительный анализ обследования территории по результатам пешеходной гамма-спектрометрической съемки и отбор проб почвы по регулярной сети с последующим гамма-спектрометрическим анализом отобранных проб в лабораторных условиях.

Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Обязательным условием при поиске источников финансирования исследований и коммерциализации его результатов является оценка коммерческого потенциала разработки. [43].

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Поставленная цель достигается путем решения следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- разработка устава научно-технического проекта;
- планирование процесса управления научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, экономической эффективности исследования.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Потенциальные потребители

Первоочередной задачей при оценки коммерческой ценности проекта – анализ потенциальных потребителей и определение сегмента, на который будет ориентирован продукт.

Так как данная НИР носит достаточно специфический характер и направлена на изучение поверхностного загрязнения техногенными гамма-излучающими радионуклидами различными методами, то потенциальных потребителей можно разделить на 2 группы – локальные и глобальные потребители.

К локальным потребителям можно отнести организации Республики Казахстан такие как:

- уранодобывающая промышленность;
- научные и коммерческие организации, занимающиеся радиоэкологическими исследованиями;

- Правительство Республики Казахстан.

Предприятия уранодобывающей промышленности в первую очередь заинтересованы в разработке методов, позволяющих производить радиоэкологическую оценку небольших участков загрязнения (образовавшихся как в результате рутинной работы, так и в результате аварийных ситуаций), таких как пешеходная гамма-спектрометрическая съемка.

Научные и коммерческие организации, занимающиеся радиоэкологическими исследованиями и Правительство Республики Казахстан заинтересованы в развитии методов для исследования как небольших участков так и значительных по размеру территорий (аварийные ситуации при использовании источников ионизирующего излучения в том числе при функционировании АЭС, бывшие испытательные полигоны и прилегающие к ним территории и т.д.).

К глобальным потребителям относятся международные организации и правительства других стран. Однако выход на международный рынок связан с рядом сложностей с выполнением метрологических и юридических требований разных стран что приведет к значительным финансовым затратам в период выхода на рынок.

Построение "Клиентской пирамиды" позволит правильно позиционироваться на рынке услуг и выбрать целевой сегмент, т.е. ту вероятную группу потребителей, которая будет пользоваться предоставляемыми услугами, другими словами выбрать "своего" клиента.

По результатам анализа потенциальных потребителей была построена "Клиенткой пирамиды (Рисунок 31).



Рисунок 31 - Клиентская пирамида

Таким образом, анализ потенциальных потребителей показал, что на первом этапе маркетинговая стратегия должна быть направлена на локальный рынок. При этом на локальном рынке основным потребителем является Правительство Республики Казахстан.

Выход на глобальный международный рынок возможен после утверждения на локальном рынке.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ позволяет провести оценку эффективности используемых методик обследования территорий.

Для анализа конкурентных технических решений были выбраны 3 метода обследования территорий, подвергшихся загрязнению техногенными, гамма-излучающими радионуклидами:

Вариант 1 – отбор проб почвы по регулярной сети с последующим гамма-спектрометрическим анализом отобранных проб в лабораторных условиях.

Вариант 2 – пешеходная гамма-спектрометрическая съемка.

Вариант 3 – аэрогаммасъемка.

Детальный анализ вариантов необходим, т.к. каждый из рассмотренных методов имеет свои достоинства и недостатки. Данный анализ производится с применением оценочной карты, приведенной в таблице (Таблица 8) [43]. Экспертная оценка производится по техническим и экономическим критериям по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Общий вес всех показателей в сумме должен составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i,$$

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

Таблица 8 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкурентоспособность | | |
|--|--------------|----------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|
| | | $B_{к1}$ | $B_{к2}$ | $B_{к3}$ | $K_{к1}$ | $K_{к2}$ | $K_{к3}$ |
| 1 | 2 | 4 | 5 | | 7 | 8 | |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | | | |
| 1. Производительность труда пользователя (скорость выполнения) | 0,1 | 3 | 4 | 5 | 0,3 | 0,4 | 0,5 |
| 2. Простота | 0,05 | 4 | 3 | 2 | 0,2 | 0,15 | 0,1 |
| 3. Потребность в оснащении химических лабораторий | 0,15 | 5 | 5 | 5 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |
| 4. Потребность в спектрометрическом оборудовании | 0,15 | 5 | 5 | 5 | 0,75 | 0,75 | 0,75 |

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | | Конкурентоспособность | | |
|--|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|-----------------|
| | | Б _{к1} | Б _{к2} | Б _{к3} | К _{к1} | К _{к2} | К _{к3} |
| 5. Полнота и достоверность полученных данных | 0,15 | 3 | 5 | 2 | 0,45 | 0,75 | 0,3 |
| 6. Время наработки данных | 0,05 | 3 | 4 | 5 | 0,15 | 0,2 | 0,25 |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | | | |
| 1. Конкурентоспособность метода | 0,05 | 4 | 3 | 4 | 0,2 | 0,15 | 0,2 |
| 2. Стоимость расходных материалов на анализ | 0,1 | 4 | 4 | 2 | 0,4 | 0,4 | 0,2 |
| 3. Стоимость используемого оборудования | 0,15 | 3 | 3 | 2 | 0,45 | 0,45 | 0,3 |
| 4. Финансирование научной разработки | 0,05 | 5 | 3 | 4 | 0,25 | 0,15 | 0,2 |
| Итого | 1 | 39 | 39 | 36 | 3,9 | 4,15 | 3,55 |

Проведенный анализ конкурентных методов показал, что наибольшее преимущество имеет метод пешеходной гамма-спектрометрической съемки (результат 4,15). Метод отбора проб почвы по регулярной сети с последующим гамма-спектрометрическим анализом (результат 3,9), несмотря на более длительное время проведения, значительно превышает по точности третий метод (результат 3,55). Таким образом анализ конкурентных технических решений показал, что оба из рассматриваемых в ВКР метода имеют преимущества перед ближайшим конкурентом. При этом метод пешеходной гамма-спектрометрической съемки показал более высокую конкурентность в сравнении с методом отбора проб почвы по регулярной сети с последующим гамма-спектрометрическим анализом.

5.1.3 Аналитическая схема Портера

Аналитическая схема Портера позволяет оценить угрозы, возникающие со стороны пяти основных факторов:

1. угроза появления в области новых конкурентов;
2. угрозы со стороны покупателей;
3. угрозы со стороны поставщиков;
4. угроза появления на рынке заменителей услуг;
5. угрозы со стороны существующих конкурентов.



Рисунок 32 - Аналитическая схема Портера

1. Угрозы появления новых конкурентов:

Для создания конкурентоспособной структуры на региональном уровне необходимо соблюсти ряд очень сложных и финансово-емких требований, а именно:

1. географический фактор (расположение организации);
2. приобретение дорогостоящего оборудования;
3. наличие квалифицированных кадров;
4. создание системы и поддерживающей инфраструктуры;
5. лицензирование, сертификация и аккредитация созданной структуры.

В связи с вышеперечисленными требованиями создание конкурентной структуры с "нуля" потребует значительного вложения денежных средств. Основную угрозу могут составить организации предоставляющие услуги в смежных областях, однако смена профиля работы, обучение и модернизация оборудования также потребует временных и финансовых затрат.

Методы смягчения угроз: расширение ассортимента услуг и повышение квалификации, использование современного оборудования (чем больше услуг и более профессионально мы будем их предоставлять, тем сложнее будет составить нам конкуренцию).

2. Угрозы со стороны потребителей:

Основным потребителем метода является Правительство Республики Казахстан. Взаимодействие с Правительством в области радиоэкологических исследований возможно в трех вариантах:

1. Бюджетные программы.
2. Государственный заказ.

3. Гранты.

Основная угроза со стороны Правительства как потенциального потребителя – отсутствие бюджетных средств на проведение радиоэкологических исследований. В следствии сложившейся в Казахстане ситуации (в связи с наличием на территории Республики СИП, бывших урановых рудников) очень повышено внимание к проблемам радиоэкологии. Правительством выделяется большой объем средств на проведение различных радиоэкологических научных исследований.

Однако исключать кризисные ситуации, при которых проблемы радиоэкологии отойдут на второй план, нельзя. В связи с этим для расширения рынка нельзя снимать со счетов уранодобывающую промышленность и научные и коммерческие организации, занимающиеся радиоэкологическими исследованиями.

Методы смягчения угроз: при разработке маркетинговой стратегии уделить должное внимание потенциальным потребителям из категории уранодобывающей промышленности, а также научных и коммерческих организаций, занимающиеся радиоэкологическими исследованиями.

3. Угрозы со стороны поставщиков оборудования:

В Казахстане не производятся средства измерений и приборы для гамма-спектрометрических исследований. Основными поставщиками оборудования в Республику Казахстан являются зарубежные компании «Canberra» и «ORTEC». Данные организация имеют официальных дистрибьютеров и многолетний опыт работы на Казахстанском рынке. Поставляемое «Canberra» и «ORTEC» оборудование и средства измерений внесено в государственный реестр РК, на него распространяется гарантийное обслуживание и ремонт. При необходимости приобретения дополнительного специфического оборудования оказываются услуги по внесению оборудования в реестр РК и обучению.

Методы смягчения угроз: поиск новых поставщиков оборудования. Работа с организациями, оказывающими услуги по внесению оборудования и средств измерений в реестр РК. Установление контактов непосредственно с производителями оборудования.

4. Угрозы со стороны субституттов:

На мировом рынке радиоэкологических исследований постоянно ведутся научные изыскания, а также разработка новых методов и средств. Основной задачей является снизить трудоемкость, увеличить оперативность и точность. Это, со временем, может привести к появлению на рынке оборудования и СИ, работающих на новом уровне с лучшими показателями и характеристиками. Использование данного оборудования может создать дополнительное преимущество конкурирующим предприятиям.

Методы смягчения угроз: контроль за выпуском современного оборудования и СИ, налаживание партнерских взаимоотношений с поставщиками оборудования для проведения работ по совершенствованию (модернизации) имеющегося оборудования.

5. Угрозы – со стороны имеющихся участников рынка:

На данный момент в Казахстане существует ряд организаций (10-15), которые способны проводить радиоэкологические исследования, но только в части методики с отбором проб почвы по регулярной сети с последующим гамма-спектрометрическим анализом отобранных проб в лабораторных условиях. Конкуренентов в проведении пешеходной гамма-спектрометрической съемки на данный момент в Казахстане нет.

Также основным нашим преимуществом является наличие многолетнего опыта работы в области радиоэкологических исследований. Мы имеем собственную материально-техническую базу и способны оказывать широкий спектр дополнительных услуг. Функционирование в ИРБЭ НЯЦ РК системы качества повышает профессиональный уровень. При условии наличия современного оборудования мы сможем составить достойную конкуренцию имеющимся предприятиям.

Методы смягчения угроз: приобретение новых средств измерения, обучение персонала, мониторинг законодательной базы, проведение маркетинговых исследований. Расширение перечня дополнительных услуг, проведение презентаций. Осуществление оказания услуг в жестком соответствии с требованиями надзорных органов.

5.1.4 SWOT-анализ

Для оценки перспектив и рисков выхода предприятия, оказывающего услуги рассматриваемых двух методов исследования на рынок радиоэкологических услуг проведен SWOT-анализ, результаты которого приведены в таблице (Таблица 9).

Таблица 9 - SWOT-анализ

| Сильные стороны | Слабые стороны |
|---|---|
| 1. Меньшая цена по сравнению с продукцией конкурентов, представленной на рынке 2. Наличие развитой инфраструктуры и квалифицированного персонала в НЯЦ РК 3. Наличие законодательной базы, регламентирующей проведение комплексных исследований территории СИП 4. Наличие опыта по проведению исследований рассматриваемыми методами | 1. Наличие конкурентов на национальном и региональном рынке 2. Высокая стоимость оборудования и расходных материалов, расходы на транспортировку, таможенные платежи др. 3. Высокие входные барьеры на рынок рассматриваемых услуг, связанные с наличием сложившихся отношений между потребителями и поставщиками услуг |

| Сильные стороны | Слабые стороны |
|---|---|
| 5. Удобство расположения для исследования территории СИП и прилегающих территорий | 4. Отсутствие рынка квалифицированного персонала в г. Курчатов |
| Возможности | Угрозы |
| 1. Расширение рынка предоставляемых услуг до национального и регионального (территория РК и граничащих государств) 2. Расширение ассортимента предоставляемых услуг 3. Участие в разработке законодательной базы, регламентирующей проведение радиоэкологических исследований | 1. Вероятность появления новых конкурентов на рынке данной продукции 2. Отсутствие производителей СИ в Республике Казахстан 3. Изменение законодательной базы |

В таблице (Таблица 10) приведена численная оценка основных показателей SWOT-анализа. Оценка проводилась по пятибалльной шкале, в которой оценки 1-2 соответствуют низкому уровню, 3 – среднему, 4-5 – высокому.

Таблица 10 - Численная оценка показателей SWOT-анализа

| № | Показатели | Оценка | Комментарий |
|---|---|--------|---|
| | Сильные / слабые стороны | | |
| 1 | Меньшая цена по сравнению с продукцией конкурентов, представленной на рынке | + 4 | Более высокое соотношение цена/качества обеспечивает значительное конкурентное преимущество предлагаемой продукции |
| 2 | Наличие развитой инфраструктуры и квалифицированного персонала в НЯЦ РК | + 5 | В НЯЦ РК существует перспективная инфраструктура и благоприятные организационные условия для развития. В институте имеется высокопрофессиональный персонал, позволяющий эффективно решать технические и производственные задачи |
| 3 | Наличие законодательной базы, регламентирующей проведение комплексных исследований территории СИП | + 4 | В Республике Казахстан на законодательном уровне регламентируются работы многие работы, связанные с радиоэкологическими исследованиями на СИП. |
| 4 | Наличие опыта по проведению исследований рассматриваемыми методами | + 3 | Имеется профессиональный персонал, оказывающий услуги рассматриваемыми методами. Есть большой опыт по организации и проведению данных работ на испытательных площадках СИП. |

| № | Показатели | Оценка | Комментарий |
|--------|---|--------|---|
| 5 | Удобство расположения для исследования территории СИП и прилегающих территорий | + 4 | НЯЦ РК находится в непосредственной близости от СИП и трем прилегающим к СИП областям, что существенно облегчает оказание услуг и снижает стоимость услуг |
| 7 | Наличие конкурентов на национальном и региональном рынке | - 3 | Территориальное преимущество, ценовая политика и имидж НЯЦ РК позволит составить конкуренцию существующим компаниям |
| 8 | Высокая стоимость оборудования и расходных материалов, расходы на транспортировку, таможенные платежи др. | - 5 | Использование современного высокоточного оборудования и материалов сможет гарантировать качество оказываемых услуг, что поможет привлечь заказчиков |
| 9 | Высокие входные барьеры на рынок рассматриваемых услуг, связанные с наличием сложившихся отношений между потребителями и поставщиками услуг | - 4 | Высокие требования к качеству и объему оказываемых услуг, которые не всегда могут полностью удовлетворить конкурирующие компании, помогут привлечь заказчиков |
| 10 | Отсутствие рынка квалифицированного персонала в г.Курчатов | - 4 | Постоянная работа НЯЦ РК с ведущими вузами РК и рядом зарубежных ВУЗов, позволяет привлекать квалифицированный персонал для работы |
| ИТОГО: | | + 4 | |
| | Возможности / угрозы | | |
| 10 | Расширение рынка предоставляемых услуг до национального и регионального (территория РК и граничащих государств) | + 4 | Интенсивное развитие в РК атомной отрасли, увеличение потребности в проведении радиоэкологических исследований, как в РК, так и на территории граничащих государств создают благоприятные условия для развития данного вида услуг |
| 11 | Расширение ассортимента предоставляемых услуг | + 5 | В данное время большинством предприятий, предоставляющим услуги по радиоэкологическим исследованиям в Республике Казахстан не охвачен достаточно большой сегмент услуг данного направления связанных с высокоточными полевыми и лабораторными методами определения загрязнения объектов окружающей среды всем спектром естественных и техногенных радионуклидов |

| № | Показатели | Оценка | Комментарий |
|--------|---|--------|--|
| 12 | Предоставление рассматриваемых услуг аккредитованными на техническую компетентность лабораториями | + 4 | Имеется опыт по аккредитации лабораторий по СТ РК 17025, а также наработки по внедрению международных стандартов и СМК |
| 13 | Вероятность появления новых конкурентов на рынке данной продукции | - 4 | Необходимость соблюдения ряда очень и финансово-емких требований при отсутствии имеющихся у нас преимуществ вероятность этого не велика |
| 14 | Отсутствие производителей СИ в Республике Казахстан | - 2 | В Казахстане достаточно представителей как Российских, так и зарубежных фирм-поставщиков современных высокоточных средств измерений естественных и техногенных радионуклидов |
| 15 | Изменение законодательной базы | - 3 | Устойчивая политика государства в этой области |
| ИТОГО: | | + 4 | |

Анализ сильных и слабых сторон проекта подчеркивает его привлекательность с точки зрения партнерских возможностей. Анализ показывает, что потенциал внешних возможностей превышает потенциал угроз. В среднесрочной и долгосрочной перспективе можно ожидать развитие и рост возможностей. В тоже время, необходимо обратить первоочередное внимание на развитие целевой маркетинговой деятельности с целью продвижения услуг, как на национальном, так и на региональном рынке.

5.1.5 Оценка готовности проекта к коммерциализации

Проведена оценка готовности проекта к коммерциализации (Таблица 26).

Таблица 11 - Бланк оценки готовности проекта к коммерциализации

| № п/п | Наименование | Степень проработанности научного проекта | Уровень имеющихся знаний у разработчика |
|-------|--|--|---|
| 1. | Определен имеющийся научно-технический задел | 5 | 5 |
| 2. | Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела | 5 | 4 |
| 3. | Определены отрасли и технологии для предложения на рынке | 4 | 5 |

| № п/п | Наименование | Степень проработанности научного проекта | Уровень имеющихся знаний у разработчика |
|-------|---|--|---|
| 4. | Определена форма научно-технического задела для предоставления на рынок | 3 | 5 |
| 5. | Определены авторы и осуществлена охрана их прав | 3 | 3 |
| 6. | Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности | 1 | 1 |
| 7. | Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта | 3 | 5 |
| 8. | Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки | 2 | 5 |
| 9. | Определены пути продвижения научной разработки на рынок | 4 | 4 |
| 10. | Разработана стратегия реализации научной разработки | 2 | 3 |
| 11. | Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок | 1 | 3 |
| 12. | Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот | 5 | 5 |
| 13. | Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки | 5 | 5 |
| 14. | Имеется команда для коммерциализации научной разработки | 4 | 4 |
| 15. | Проработан механизм реализации научного проекта | 5 | 5 |
| | Итого баллов | 52 | 62 |

По результату оценки можно сделать выводы что перспективность данной разработки выше среднего, при этом знаний разработчика достаточно для успешной коммерциализации.

5.2 Инициация проекта

Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

Цель проектной работы – изучение основных параметров радиационного загрязнения техногенными гамма-излучающими радионуклидами на территории, прилегающей к испытательной площадке «Опытное поле» Семипалатинского испытательного полигона. Результатом данной исследовательской работы являются детальные карты загрязнения техногенными гамма-излучающими радионуклидами отображающие современную картину загрязнения. С помощью данных полученных в результате выполнения НИР можно разработать мероприятия по рекультивации загрязненных территорий.

Заинтересованность в проекте могут проявить научные организации, занимающиеся радиоэкологическими исследованиями; правительство Республики Казахстан (Таблица 12).

Таблица 12 - Заинтересованные стороны проекта и их ожидания

| Заинтересованные стороны проекта | Ожидания заинтересованных сторон |
|--|--|
| Научные организации, занимающиеся радиоэкологическими исследованиями | Возможность продолжения исследовательской работы для более глубокого изучения поверхностного загрязнения. Разработка методов ремедиации загрязненных территорий |
| Правительство Республики Казахстан | Информация о радиоактивном загрязнении почвенного покрова прилегающих к площадке «Опытное поле» территорий, подвергшихся загрязнению в результате проведенных испытаний. Исходная информация для разработки методов ремедиации загрязненных территорий |

В таблице представлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей (Таблица 13).

Таблица 13 - Цель и результаты проекта

| | |
|--------------------------------------|---|
| Цели проекта: | Сравнение результатов моделирования поступления радионуклидов в организм человека с результатами биофизических измерений. |
| Ожидаемые результаты проекта: | 1. Детальные карты загрязнения техногенными гамма-излучающими радионуклидами территорий, прилегающих к площадке «Опытное поле». 2. Выявление территорий не подвергшихся влиянию проведенных испытаний. |
| Критерии приемки результата проекта: | 1. Правильность обработки массива данных. 2. Наличие пошаговой отработки метода с описанием и анализом. |
| Требования к результату проекта: | 1. Проект должен быть завершен до 23 мая 2023 года. 2. Полученные результаты должны удовлетворять критериям приемки результата проекта. 3. Наличие выводов по проделанной работе. |

Организационная структура проекта представлена в таблице (Таблица 14).

Таблица 14 - Рабочая группа проекта

| № п/п | ФИО, основное место работы, должность | Роль в проекте | Функции | Трудозатраты, час. |
|--------|---|-----------------|---|-----------------------|
| 1 | Яковлева В.С., ТПУ, профессор ОЯТЦ | Руководитель | Координация работы над проектом | 128 |
| 2 | Айдарханов А.О., филиал ИРБЭ РГП НЯЦ РК, директор филиала | Консультант ВКР | Со-координация работы над проектом | 160 |
| 3 | Мустафина Е.В., ИРБЭ, заместитель директора | Исполнитель | Разработка технических заданий, литературный обзор, анализ данных, статистическая обработка результатов, составление отчета | 480 |
| ИТОГО: | | | | 768 |

Ограничения и допущения проекта:

1. Источник финансирования: государственное и коммерческое финансирование.
2. Дата утверждения плана проекта 13.03.2023 г.
3. Дата завершения проекта: до 23.05.2023 г.
4. Ограничение по времени работы участников проекта.

5.3 Планирование управления научно-исследовательской работы

5.3.1 План проекта

В рамках планирования НИР построен календарный план-график с помощью диаграммы Ганта. Работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ [44].

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице (Таблица 15).

Таблица 15 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| № работы | Вид работ | Длительность, дни | Дата начала работ | Дата окончания работ | Состав участников |
|----------|--|-------------------|-------------------|----------------------|--|
| 1 | Разработка технического задания | 3 | 01.03.2023 | 03.03.2023 | Руководитель |
| 2 | Составление и утверждение технического задания | 5 | 06.03.2023 | 13.03.2023 | Руководитель, консультант ВКР |
| 3 | Календарное планирование работ | 3 | 13.03.2023 | 15.03.2023 | Руководитель, исполнитель |
| 4 | Подбор и изучение материалов по теме | 22 | 16.03.2023 | 14.04.2023 | Исполнитель |
| 5 | Оценка концентраций гамма-излучающих радионуклидов в образцах почвы, отобранных на территории исследуемого объекта | 27 | 16.03.2023 | 21.04.2023 | Исполнитель |
| 6 | Оценка концентраций гамма-излучающих радионуклидов в почве на территории исследуемого объекта при помощи пешеходной гамма-спектрометрической съемки. | 27 | 16.03.2023 | 21.04.2023 | Исполнитель |
| 7 | Анализ полученных данных | 15 | 24.04.2023 | 12.05.2023 | Исполнитель, консультант ВКР |
| 8 | Обобщение и оценка результатов | 5 | 15.05.2023 | 19.05.2023 | Руководитель, консультант ВКР, исполнитель |
| 9 | Составление пояснительной записки | 2 | 22.05.2023 | 23.05.2023 | Исполнитель |

Календарный план-график проведения НИР представлен в таблице (Таблица 16).

Таблица 16 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

| Код работы | Название | Состав участников | Т _к , кал. Дни | Продолжительность работ | | | | | | | | | | | | | |
|------------|--|-------------------------------|---------------------------|-------------------------|---|---|--------|---|---|-----|---|---|--|--|--|--|--|
| | | | | Март | | | Апрель | | | Май | | | | | | | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | | | | | |
| 1 | Разработка технического задания | Руководитель | 3 | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Составление и утверждение технического задания | Руководитель, консультант ВКР | 5 | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Календарное планирование работ | Руководитель, исполнитель | 3 | | ■ | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|---|----|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 4 | Подбор и изучение материалов по теме | Исполнитель | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Оценка концентраций гамма-излучающих радионуклидов в образцах почвы, отобранных на территории исследуемого объекта | Исполнитель | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | Оценка концентраций гамма-излучающих радионуклидов в почве на территории исследуемого объекта при помощи пешеходной гамма-спектрометрической съемки. | Исполнитель | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | Анализ полученных данных | Консультант ВКР, исполнитель | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | Обобщение и оценка результатов | Руководитель, консультант ВКР, исполнитель | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | Составление пояснительной записки | Исполнитель | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
|  – руководитель | |  – консультант ВКР | |  – исполнитель | | | | | | | | | | | | | | | |

5.3.2 Бюджет научного исследования

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

- сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты;
- специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата;
- дополнительная заработная плата;
- отчисления на социальные нужды;
- научные и производственные командировки;
- оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями;

- прочие прямые расходы;
- накладные расходы;
- итого плановая себестоимость.

Основными затратами в данной исследовательской работе являются затраты на приобретение канцелярских товаров. Результаты расчётов по затратам на материалы приведены в таблице (Таблица 17).

Таблица 17 - Материальные затраты

| Наименование | Марка, размер | Количество | Цена за единицу, руб. | Сумма, руб. |
|---|---------------|------------|-----------------------|-------------|
| Бумага | SvetoCopy | 2 | 390 | 780 |
| Печать на листе А4 | – | 500 | 2,5 | 1250 |
| Ручка | Cello | 2 | 55 | 110 |
| Всего за материалы | | | | 2140 |
| Транспортно-заготовительные расходы, 4% | | | | 85,6 |
| Итого по статье С _м | | | | 2225,6 |

Следующая статья расходов – это затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных работ). В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме.

В данной исследовательской работе к спецоборудованию, необходимому для проведения экспериментальных работ, относится ПЭВМ. Поскольку НИР выполнялась на уже имеющемся ПЭВМ, то в данном разделе учитывалась только его амортизация. Принимается, что ЭВМ руководителя, консультанта ВКР и исполнителя произведены в одно время, имеют одинаковые параметры и одинаковую закупочную стоимость.

Согласно данным о закупках компьютерного оборудования для ТПУ, стоимость университетских персональных компьютеров составляет 37 844,00 рублей [45]. Согласно Классификации, утвержденной постановлением Правительства РФ от 1 января 2002 г. № 1, компьютеры относятся ко второй амортизационной группе. Поэтому по данным объектам основных средств срок полезного использования составляет от 25 до 36 месяцев включительно [46].

Затраты на амортизацию оборудования рассчитываются по формуле:

$$C_{\text{аморт}} = \frac{C_{\text{об}}}{T},$$

где $C_{\text{об}}$ – стоимость оборудования (руб.); T – срок службы (дней).

$$C_{\text{аморт}} = \frac{37844}{1000} = 37,844 \text{ руб./день.}$$

Оборудование использовалось в течение $t_{\text{исп}} = 250$ дней, таким образом, затраты на оборудование ($n = 3$ ПЭВМ) составят:

$$C_{\text{аморт}}^{\text{общ}} = C_{\text{аморт}} \cdot t_{\text{исп}} \cdot n = 37,844 \cdot 250 \cdot 3 = 28383 \text{ руб.}$$

В таблице представлены результаты расчета затрат по статье «Спецоборудование для научных работ» (Таблица 18).

Таблица 18 - Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

| Наименование оборудования | Количество единиц оборудования | Цена единицы оборудования, руб. | Общая стоимость оборудования, руб. |
|---------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| ПЭВМ | 3 | 37844 | 28383 |

При расчете заработной платы учитывали основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИР (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{\text{ЗП}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (33)$$

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

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (34)$$

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

$T_{\text{раб}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{(Z_{\text{м}} \cdot M)}{F_{\text{д}}}, \quad (35)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени, рабочих дней (Таблица 19).

Таблица 19 - Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени | Руководитель | Консультант ВКР | Исполнитель |
|-----------------------------|--------------|-----------------|-------------|
|-----------------------------|--------------|-----------------|-------------|

| | | | |
|--|-----|-----|-----|
| Календарное число дней | 365 | 365 | 365 |
| Количество нерабочих дней: | | | |
| – выходные дни; | 52 | 52 | 52 |
| – праздничные дни | 14 | 14 | 14 |
| Потери рабочего времени: | | | |
| – отпуск; | 60 | 60 | 40 |
| – невыходы по болезни | – | – | – |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 239 | 239 | 250 |

Исполнитель имеет ежемесячный оклад, равный 22500 руб.

Должностной оклад исполнителя за месяц:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot k_p = 22500 \cdot 1,3 = 29250 \text{ руб.},$$

где Z_{TC} – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Среднедневная оплата составляет:

$$Z_{дн} = \frac{29250 \cdot 11,2}{250} = 1370,7 \text{ руб./день}$$

Основной заработок исполнителя за время работы над ВКР:

$$Z_{осн} = 1370,7 \cdot 60 = 82243 \text{ руб.}$$

Месячная заработная плата руководителя:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot k_p = 39400 \cdot 1,3 = 51220 \text{ руб./мес.}$$

Среднедневная заработная плата руководителя:

$$Z_{дн} = \frac{51220 \cdot 11,2}{239} = 2400,3 \text{ руб./день.}$$

Основная заработная плата руководителя составляет:

$$Z_{осн} = 2400,3 \cdot 16 = 38404 \text{ руб.}$$

Месячная заработная плата консультанта ВКР:

$$Z_M = Z_{TC} \cdot k_p = 55500 \cdot 1,3 = 72150 \text{ руб./мес.}$$

Среднедневная заработная плата консультанта ВКР:

$$Z_{дн} = \frac{72150 \cdot 11,2}{239} = 3381 \text{ руб./день.}$$

Основная заработная плата консультанта ВКР:

$$Z_{осн} = 3381 \cdot 20 = 67722 \text{ руб.}$$

Результаты расчета основной заработной платы руководителя, консультанта ВКР и исполнителя представлены в таблице (Таблица 20).

Таблица 20 - Расчет основной заработной платы

| Исполнители НИР | $Z_б$, руб | k_p | Z_M , руб | $Z_{дн}$, руб | T_p , раб. дн. | $Z_{осн}$, руб |
|-----------------|-------------|-------|-------------|----------------|------------------|-----------------|
| Руководитель | 39400 | 1,3 | 51220 | 2400,3 | 16 | 38404 |
| Консультант ВКР | 55500 | 1,3 | 72150 | 3381 | 20 | 67622 |

| | | | | | | |
|-----------------|----------------------|----------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|------------------------|
| Исполнители НИР | З _б , руб | k _р | З _м , руб | З _{дн} , руб | T _р , раб. дн. | З _{осн} , руб |
| Исполнитель | 22500 | 1,3 | 29250 | 1370,7 | 60 | 82243 |
| Итого: | | | | | | 188269 |

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

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}},$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (13%);

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Дополнительная заработная плата исполнителя:

$$Z_{\text{доп}} = 82243 \cdot 13\% = 10692 \text{ руб.},$$

Дополнительная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 38404 \cdot 13\% = 4993 \text{ руб.},$$

Дополнительная заработная плата консультанта ВКР:

$$Z_{\text{доп}} = 67622 \cdot 13\% = 8791 \text{ руб.},$$

Результаты расчета основной и дополнительной заработной платы представлены в таблице (Таблица 21).

Таблица 21 - Заработная плата исполнителей НТИ, руб.

| Заработная плата | Руководитель | Консультант ВКР | Исполнитель |
|---------------------------------|--------------|-----------------|-------------|
| Основная зарплата | 38404 | 67622 | 82243 |
| Дополнительная зарплата | 4993 | 8791 | 10692 |
| Зарплата исполнителя | 43397 | 76413 | 92934 |
| Итого по статье C _{зп} | 212744 | | |

Размер отчислений на социальные нужды во внебюджетные фонды составляет 30 % от суммы затрат на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением исследовательской работы.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}),$$

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды составляет:

$$C_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot 212744 = 63823 \text{ руб.}$$

При выполнении данной НИР не предусматриваются научные и производственные командировки и привлечение к работам сторонних организаций.

В статью накладные расходы включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

Накладные расходы в ТПУ составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы работников, участвующих в выполнении темы. Примем $k_{\text{накл}} = 90 \%$.

$$C_{\text{накл}} = 0,9 \cdot (188269 + 24475) = 191469 \text{ руб.}$$

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

Далее в таблице приведено определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения (Таблица 22).

Таблица 22 - Расчёт бюджета затрат научно-исследовательской работы

| Наименование статьи | Сумма, руб. |
|---|-------------|
| 1. Материальные затраты исследования | 2225,6 |
| 2. Затраты на спецоборудование | 28383 |
| 3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы | 188269 |
| 4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы | 24475 |
| 5. Отчисления во внебюджетные фонды | 63823 |
| 6. Накладные расходы | 191469 |
| Бюджет затрат исследования | 498645 |

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

Оценка эффективности проведена на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением величины ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}$$

где I_{ϕ}^p – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

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

Так как данный проект имеет одно исполнение, то:

$$I_{\phi}^p = 1.$$

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

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i \cdot b_i,$$

где I_m^p – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения (в данной работе равно 1).

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в виде таблицы (Таблица 23).

Таблица 23 – Оценка характеристик исполнения проекта

| Критерии | ПО | Весовой коэффициент параметра | Оценка текущего проекта |
|---|----|-------------------------------|-------------------------|
| 1. Производительность труда при использовании | | 0,1 | 4 |
| 2. Простота расчета | | 0,2 | 3 |
| 3. Потребность в оснащении химических лабораторий | | 0,15 | 5 |
| 4. Потребность в спектрометрическом оборудовании | | 0,15 | 5 |

| | | |
|--|------|----|
| 5. Полнота и достоверность полученных данных | 0,25 | 5 |
| 6. Время наработки данных | 0,15 | 3 |
| Итого | 1 | 25 |

$$I_m^p = 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 = 4,2$$

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет выбрать более эффективный вариант решения поставленной задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Поскольку в данном случае рассматривается один вариант решения задачи, то, следовательно, он и предполагается лучшим.

5.5 Выводы по разделу

1. Определены потенциальные потребители для коммерциализации проекта.
2. Анализ конкурентных технических решений показал, что оба из рассматриваемых в ВКР метода имеют преимущества перед ближайшим конкурентом.
3. Проведена оценка угроз с помощью аналитической схемы Портера. Критических угроз не выявлено.
4. Для оценки перспектив и рисков выхода предприятия на рынок радиозкологических услуг проведен SWOT-анализ. Анализ показал, что потенциал внешних возможностей превышает потенциал угроз.
5. Оценка готовности проекта к коммерциализации показала, что перспективность разработки выше среднего, при этом знаний разработчика достаточно для успешной коммерциализации.
6. Разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя, консультанта и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Определены общее количество рабочих дней для выполнения работы – 68, общее количество дней, в течение которых работал исполнитель – 60, руководитель – 16, консультант – 20.
7. Определен бюджет затрат данной научно-исследовательской работы, который составил 498645 руб.
8. Определена экономическая эффективность исследования.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|--------|-------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 0AM13 | Мустафиной Евгении Валерьевне |

| | | | |
|---------------------|--------------|---------------------------|--------------------------------------|
| Школа | ИЯТШ | Отделение (НОЦ) | ЯТЦ |
| Уровень образования | Магистратура | Направление/специальность | 14.04.02 Ядерные физика и технологии |

Тема ВКР:

| | |
|--|---|
| Исследования площадного загрязнения техногенными радионуклидами территорий, прилегающих к испытательной площадке «Опытное поле» | |
| Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»: | |
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Исследования площадного загрязнения техногенными радионуклидами территорий, прилегающих к испытательной площадке «Опытное поле» Результаты исследования могут быть применены при планировании мероприятий по реабилитации обследованных территорий. Сравнение использованных методов позволит планировать подобные исследования территорий загрязненных техногенными гамма-излучающими радионуклидами с максимальной эффективностью. |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| 1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197; ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы». |
| | – Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009; санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09. – ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. – СП 112.13330. Пожарная безопасность зданий и сооружений – ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность |
| 2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия | – Уровень шума; – Освещение; – Микроклимат; – Электробезопасность; – Вентиляция помещения; – Электромагнитное излучение – Психофизиологические нагрузки; |

| | |
|--|--|
| | – Пожароопасность. |
| 3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | Возможные чрезвычайные ситуации: пожар, удар электрическим током, падение с высоты собственного роста. |

| | |
|--|-------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 13.03.23 г. |
|--|-------------|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------|----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент ОЯТЦ | Передерин Ю.В. | к.т.н. | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------|---------|------|
| 0АМ13 | Мустафина Е.В. | | |

6. Социальная ответственность

На Семипалатинском испытательном полигоне в период его эксплуатации проводились различные испытания. Атмосферные (воздушные и наземные) испытания на площадке «Опытное поле» привели к масштабному загрязнению окружающей среды не только на территории испытательной площадки, но и далеко за ее пределами.

Целью работы является исследование территории, загрязненной техногенными радионуклидами в следствии выпадений из радиоактивного облака от атмосферных ядерных испытаний на испытательной площадке «Опытное поле».

В процессе выполнения работы проводилась оценка радиоактивного загрязнения техногенными гамма-излучающими радионуклидами поверхностного слоя почвы двумя методами. 1 метод – пешеходная гамма-спектрометрическая съемка исследуемой территории. 2 метод – с применением лабораторных исследований удельной активности техногенных радионуклидов в отобранных образцах почвы.

В результате исследований были получены исходные данные для построения карт пространственного распределения исследуемых радионуклидов. Проведенное исследование позволило определить все основные параметры радиационного загрязнения, образовавшегося вследствие проведения атмосферных ядерных испытаний на испытательной площадке «Опытное поле».

В разделе рассмотрены опасные и вредные факторы, воздействующие на студента при анализе и интерпретации полученных данных, находящегося в кабинете 213 корпуса 23 Института радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК. Рассмотренные факторы оказывают влияние на процесс исследования, правовые и организационные вопросы, а также мероприятия в чрезвычайных ситуациях.

6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1. Правовые нормы трудового законодательства

Основные положения по охране труда изложены в Трудовом кодексе Российской Федерации [47]. В документе указывается, что охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасных условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма являются одной из главных забот государства.

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации, каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;

- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

В трудовом кодексе Российской Федерации говорится, что нормальная продолжительность рабочего времени не может превышать 40 часов в неделю, работодатель обязан вести учет времени, отработанного каждым работником. При работе с вредными или опасными условиями труда длительность рабочего дня составляет 8 часов (при 36-часовой рабочей неделе) и 6 часов (при 30-часовой рабочей неделе). В ночное время продолжительность смены сокращается на 1 час. Каждому работнику должен быть предоставлен перерыв во время рабочего дня не менее 30 минут, но не более 2 часов, который не включается в рабочее время.

Каждому работнику предоставляется отпуск в 28 календарных дней. При работе с вредными или опасными условиями труда предоставляются дополнительные отпуска.

Организация-работодатель выплачивает заработную плату работникам. Оплата труда работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, устанавливается в повышенном размере [48].

6.1.2. Организационно-технические мероприятия

В современных условиях одним из основных направлений коренного улучшения всей профилактической работы по снижению производственного травматизма и профессиональной заболеваемости является повсеместное внедрение комплексной системы управления охраной труда, то есть путем объединения разрозненных мероприятий в единую систему целенаправленных действий на всех уровнях и стадиях производственного процесса. Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

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

Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

Проверка знаний правил техники безопасности проводится квалификационной комиссией после обучения на рабочем месте. Проверяемому присваивается квалификационная группа по технике безопасности, соответствующая его знаниям и опыту работы и выдается специальное удостоверение.

6.1.3 Эргономика

Рабочее место при работе с ПК должно составлять не менее чем 6 м² [49]. Помещение № 213 корпуса 23 ИРБЭ НЯЦ РК имеет площадь 35 м², в кабинете расположено 1 рабочее место.

Так же предусмотрены следующие требования к организации рабочего места пользователя ПЭВМ: конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.

Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ. Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого

параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию [50].

Пространство для ног должно соответствовать следующим параметрам: высота пространства для ног не менее 600 мм, расстояние сиденья до нижнего края рабочей поверхности не менее 150 мм, а высота сиденья 420 мм. Высота стола должна зависеть от роста оператора [51].

Должна предусматриваться возможность регулировки экрана монитора. Для комфортной работы за клавиатурой ее следует располагать на расстоянии от 100 до 300 мм от края рабочей поверхности.

На рабочем месте должна быть обеспечена рациональная планировка, предусматривающая четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства. Размещение предметов и документации должно быть оптимизировано, наиболее часто используемые предметы должны располагаться в зоне досягаемости. Не часто используемая литература и вспомогательное оборудование располагается в шкафах и выдвижных ящиках.

При работе, требующей интенсивной умственной напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека. Стены помещения и мебель имеют теплую окраску коричневых тонов.

Оборудование кабинета полностью соответствует требованиям эргономики [49, 50, 51].

6.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Производственные условия на рабочем месте характеризуются наличием опасных и вредных факторов, которые классифицируются по группам элементов: физические, химические, биологические, психофизиологические [49].

Исследовательская работа проводилась на компьютере в помещении № 213 корпуса 23 ИРБЭ НЯЦ РК (при анализе результатов). Основные опасные и вредные факторы, влияющие на работника, представлены в таблице (Таблица 24).

Таблица 24 - Основные опасные и вредные факторы при выполнении исследовательской работы

| Факторы | Нормативные документы |
|-----------------|---|
| 1. Уровень шума | СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». |

| Факторы | Нормативные документы |
|----------------------------------|--|
| | СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»; утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 г. |
| 2. Освещение | СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». |
| 3. Микроклимат | СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. |
| 4. Электробезопасность | ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов» СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». |
| 5. Электромагнитное излучение | СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». СанПиН: 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к ВДТ и ПЭВМ. Организация работы» |
| 6. Психофизиологические нагрузки | СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». |
| 7. Пожаровзрывоопасность | ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. |

6.2.1 Уровень шума

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания [52]. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты.

Внезапные шумы высокой интенсивности, даже кратковременные (взрывы, удары и т.п.), могут вызвать как острые нейросенсорные эффекты (головокружение, звон в ушах, снижение слуха), так и физические повреждения (разрыв барабанной перепонки с кровотечением, поражения среднего уха и улитки). Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне.

Поскольку минимальное и максимальное значения звукового давления, различаемые ухом человека вплоть до появления у него болевых ощущений, отличаются друг от друга приблизительно в миллион раз, для описания шума принято использовать выражаемый в децибелах (дБ) уровень звукового давления.

По временным характеристикам шума выделяют:

– постоянный шум, уровень звука которого за 8-часовой рабочий день или за время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени не более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно»;

– непостоянный шум, уровень которого за 8-часовой рабочий день, рабочую смену или во время измерения в помещениях жилых и общественных зданий, на территории жилой застройки изменяется во времени более чем на 5 дБА при измерениях на временной характеристике шумомера «медленно».

Гигиеническими нормативами, используемыми для оценки уровней воздействия шума на рабочих местах, являются эквивалентный уровень звука (L_{pAeqT} , дБА); уровень, воздействующий на работающего за рабочую смену (измеренный или рассчитанный относительно 8 ч рабочей смены). Нормативным эквивалентным уровнем звука (L_{pAeqT} , дБА), на рабочих местах, является 80 дБА [50].

При возможном превышении ПДУ достаточно использовать в помещении звукопоглощающие материалы (звукопоглощающая облицовка стен и потолка, оконные шторы) [53].

Внешние источники шума – транспорт передвигающийся по прилегающей к территории института дороге. Расстояние до дороги порядка 50 метров, что исключает повышенные шумовые эффекты.

Основные внутренние источники шумов в кабинете 213 корпуса 23 ИРБЭ НЯЦ РК – персональный компьютер, принтер, кондиционер, уничтожитель документов.

В помещении 213 корпуса 23 ИРБЭ НЯЦ РК и на прилегающей к корпусу территории отсутствуют источники звука, способные превысить нормируемые показатели [50, 53].

6.2.2 Освещение

К важнейшим элементам благоприятных условий труда относится рациональное освещение помещений и рабочих установок. Источниками света могут быть как естественные, так и искусственные объекты. Естественным источником в помещении служит солнце, искусственными являются электрические лампочки. При длительной работе в условиях недостаточной освещенности и при нарушении других параметров световой среды зрительное восприятие снижается, развивается близорукость, болезнь глаз, появляются головные боли. Утомляемость же органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

По нормативу [50] освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк [50]. В качестве источников света при искусственном освещении применяется преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы. В светильниках местного освещения разрешается, но не приветствуется применение ламп накаливания, в том числе галогенных. При недостаточности общего освещения допускается установка светильников местного освещения для подсвета документов.

Организация рабочего места может защитить от недостаточного освещения. Освещенность рабочего места должна быть равномерной. Рабочий стол должен располагаться в хорошо освещенном месте, желательно у окна. Человек за столом должен располагаться лицом или левым боком к окну (правша). Светильники искусственного света должны располагаться относительно тела человека аналогичным образом [50].

Основным способом защиты от недостаточного освещения является соблюдение норм освещенности [50]. В помещении с III разрядом зрительных работ с высокой точностью освещенность должна составлять 300 лк, а коэффициент пульсации 15 %. Пульсации освещенности обусловлены малой инерционностью излучения газоразрядных ламп, световой поток от которых пульсирует при переменном токе промышленной частоты.

Число светильников (n) для помещения рассчитывается:

$$n = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{F \cdot U \cdot m},$$

где E – нормированная освещенность, $E = 300$ лк;

S – площадь помещения, $S = 35$ м²;

Z – поправочный коэффициент светильника, $Z = 1,2$;

K – коэффициент запаса, учитывающий снижение освещенности при эксплуатации, $K = 1,4$;

F – световой поток одной лампы, 1300 лм;

U – коэффициент использования, 0,6;

m – число ламп в светильнике, 4,

$$n = \frac{300 \cdot 35 \cdot 1,2 \cdot 1,4}{1300 \cdot 0,6 \cdot 4} = 5,65 \text{ светильников.}$$

Таким образом, с округлением в большую сторону для исключения зон с недостаточной освещенностью, минимальное количество светильников для 213 кабинета 23 корпуса составляет 6 шт. В кабинете 213 установлено 6 светильников, что полностью удовлетворяет требованиям норм освещенности [50].

6.2.3 Микроклимат

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха [54]. Так как при работе за ПЭВМ не возникает систематических физических нагрузок и как следствие низкие энергозатраты организма (до 139 Вт), категория работ является легкой [50]. Допустимые значения характеристик микроклимата приведены в таблице (Таблица 25).

Таблица 25 - Допустимые параметры микроклимата

| Период года | Температура воздуха, °С | | Температура поверхностей, °С | Относительная влажность воздуха, % | Скорость движения воздуха, м/с | |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | Диапазон ниже оптимальных величин | Диапазон выше оптимальных величин | | | Диапазон ниже оптимальных величин | Диапазон выше оптимальных величин |
| Холодный | 20,0-21,9 | 24,1-25,0 | 19-26 | 15-75 | не более 0,1 | |
| Теплый | 21,0-22,9 | 25,1-28,0 | 20-29 | 15-75 | не более 0,1 | не более 0,2 |

Для обеспечения установленных норм микроклиматических параметров и чистоты воздуха на рабочих местах и в помещениях применяют вентиляцию. Воздухообменная вентиляция используется для обеспечения в помещениях соответствующего микроклимата. В помещение должны подаваться следующие объемы наружного воздуха: при объеме помещения до 20 м³ на человека - не менее 30 м³ в час на человека. При объеме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция [55].

Площадь помещения № 213 корпуса 23 ИРБЭ НЯЦ РК, где проводилась работа, равна 35 м², объем 105 м³, кратность воздухообмена 3 ч⁻¹. Следовательно, воздухообмен помещения равен 315 м³/ч. Для данного значения воздухообмена подойдет одноступенчатая воздуходувка SB-0310 D0 мощностью 2,2 кВт [56].

Система отопления должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. Параметры микроклимата в кабинете 213 корпуса 23 ИРБЭ НЯЦ РК регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 40 %, скорость движения воздуха – 0,1 м/с зимой и не более 0,2 м/с летом, температура летом – 21-28 °С, зимой – 20-25 °С [50, 55].

Показатели микроклимата в кабинете 213 корпуса 23 ИРБЭ НЯЦ РК соответствуют установленным нормативам [50, 55].

6.2.4 Электробезопасность

Опасным фактором при работе с ПЭВМ является поражение электрическим током. Удар током характеризуется тем, что резко возбуждает нервные окончания клеток тканей в месте прохождения импульса. Возникают спонтанные хаотичные сокращения мышечной ткани. В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ПЭВМ в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %), высокой температуры (более 35 °С), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землей металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Существует опасность поражения электрическим током в следующих случаях:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей ПЭВМ);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Действие электрического тока на организм человека подразделяется на:

- термическое воздействие, характеризующееся нагревом кожи и тканей до высокой температуры вплоть до ожогов;
- электролитическое воздействие, которое заключается в разложении органической жидкости, в том числе крови, и нарушении ее физико-химического состава;
- механическое воздействие, которое приводит к расслоению и разрыву тканей организма;
- биологическое воздействие, проявляющееся в раздражении и возбуждении живых тканей и сопровождающееся судорожными движениями мышц;
- световое воздействие, приводящее к поражению слизистых оболочек глаз.

Значения допустимого для человека тока и напряжения позволяет правильно оценить опасность поражения и определить требования к защитным мерам (Таблица 26) [57].

Таблица 26 - Предельно допустимые значения напряжения соприкосновения и силы тока

| Род и частота тока | Наибольшие допустимые значения | |
|--------------------|--------------------------------|------------|
| | $U_{пр}$, В | I_h , мА |
| Переменный, 50 Гц | 2 | 0,3 |
| Переменный, 400 Гц | 3 | 0,4 |
| Постоянный | 8 | 1,0 |

Для лиц, выполняющих работу в условиях высокой температуры и влажности (относительная влажность больше 75%), эти нормы должны быть уменьшены в три раза [57].

Основными мероприятиями по защите от поражения электрическим током являются:

- обеспечение недоступности токоведущих частей путём использования изоляции в корпусах оборудования;
- применение средств коллективной защиты от поражения электрическим током;
- использование защитного заземления, защитного зануления, защитного отключения [58];
- использование устройств бесперебойного питания.

Организационными мероприятиями по электробезопасности являются периодические и внеплановые инструктажи. Периодический инструктаж проводится всему неэлектротехническому персоналу, выполняющему следующие работы: включение и отключение электроприборов, уборка помещений вблизи электрощитов, розеток и выключателей и т. д. Весь неэлектротехнический персонал должен быть аттестован на первую квалификационную группу по электробезопасности. Периодический инструктаж проводится не менее одного раза в год.

Кабинет 213 корпуса 23 ИРБЭ НЯЦ РК соответствует установленным нормам по электробезопасности и относится к 1 группе «помещение без повышенной опасности» [57].

6.2.5 Электромагнитное излучение

Экран и системные блоки ПЭВМ производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более [59]:

- в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц – 25 В/м;
- в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц - 2,5 В/м.
- плотность магнитного потока должна быть не более:
- в диапазоне частот 5 Гц-2 кГц – 250 нТл;

- в диапазоне частот 2 кГц-400 кГц – 25 нТл.

Для защиты от электромагнитного излучения при возможном превышении ПДУ принимают следующие меры защиты:

- увеличение расстояния между источником ЭМИ и рабочей зоной;
- размещение в специальных оболочках токоведущих элементов аппаратов и устройств.

Расстановка ПЭВМ и рабочее место пользователя в кабинете 213 корпуса 27 ИРБЭ НЯЦ РК обеспечивают не превышение установленных нормативов по электромагнитному излучению [59].

6.2.6 Психофизиологические нагрузки

Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические, связанные с тяжестью трудового процесса) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса) [49]. При анализе исследовательских данных основными являются нервно-психические перегрузки.

Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- на умственное перенапряжение;
- перенапряжение анализаторов;
- монотонность труда;
- эмоциональные перегрузки.

Нервно-психические перегрузки организма работающего, связанные с напряженностью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:

- длительность сосредоточенного наблюдения;
- активное наблюдение за ходом производственного процесса;
- число производственных объектов одновременного наблюдения;
- плотность сигналов (световых, звуковых) и сообщений в единицу времени;
- нагрузка на слуховой анализатор;

При нормальном протекания рабочих процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха [47].

Несмотря на преобладающие нервно-психические перегрузки нельзя упускать из внимания гиподинамию относящуюся к физическим перегрузкам. Гиподинамия – нарушение функций организма (опорно-двигательного аппарата, кровообращения,

дыхания, пищеварения и др.) при ограниченной двигательной активности, снижении сил сопротивления мышц. Профилактика гиподинамии предусматривает исключение статической работы, изменение рабочей позы в процессе работы, проведение производственной гимнастики с рациональным комплексом физических упражнений и т.п.

В целом кабинет 213 корпуса № 23 ИРБЭ НЯЦ РК соответствует уставленным нормам по психофизиологическим нагрузкам [50].

6.2.7 Пожарная и взрывная безопасность

По взрывопожарной и пожарной опасности категории помещений и зданий 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. По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 - В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д [60].

Категории наружных установок определяются, исходя из пожароопасных свойств находящихся в установках горючих веществ и материалов, их количества и особенностей технологических процессов.

Кабинет 213 корпуса № 23 ИРБЭ НЯЦ РК относится по пожаровзрывобезопасности к категории В4 [60].

Ответственные лица за пожарную безопасность должны обеспечить помещения первичными средствами пожаротушения согласно нормативным документам.

В качестве первичных средств пожаротушения используются ручные огнетушители, кошма, песок, внутренние пожарные краны.

В качестве средств индивидуальной защиты применяются противогазы, респираторы, защитные накидки, маски, диэлектрические средства защиты, аптечка [61].

6.3 Аварийные и чрезвычайные ситуации (АС и ЧС)

АС и ЧС называется совокупность обстоятельств, сопровождающиеся разрушениями зданий, сооружений, материальных ценностей, поражением и гибелью людей. Для ликвидации АС и ЧС разрабатываются различные планы, которые предусматривают мероприятия, которые направлены на спасение людей и ликвидацию аварий.

Есть два вида чрезвычайных ситуаций:

- техногенная;
- природная.

К техногенным чрезвычайным ситуациям можно отнести пожары, взрывы, диверсии, выбросы ядовитых веществ. К природным чрезвычайным ситуациям относятся природные катаклизмы.

Рассмотрим возможные АС и ЧС в корпусе № 23 в кабинете 213 ИРБЭ НЯЦ РК, а именно:

- падение с высоты собственного роста;
- удар электрическим током;
- возникновение пожара.

Мероприятия по предотвращению и ликвидации вышеуказанных АС и ЧС представлены в таблице (Таблица 27).

Таблица 27 - АС и ЧС

| № | АС и ЧС | Мероприятия по предотвращению АС и ЧС | Мероприятия по ликвидации последствий АС и ЧС |
|---|--|---|--|
| 1 | Падение на плоскости (с высоты собственного роста) | 1.Содержание помещения в надлежащем порядке. 2.Ограничение рабочего пространства. 3.Своевременное проведение инструктажа. | 1. Осмотреть или опросить пострадавшего; 2. Если необходимо – вызвать скорую помощь (112); 3. Остановить кровотечение, если оно имеется; 4. Если есть подозрение, что у пострадавшего сломан позвоночник (резкая боль в позвоночнике при малейшем движении), необходимо обеспечить пострадавшему полный покой в положении лежа на спине до оказания квалифицированной медицинской помощи. |
| 2 | Удар электрическим током | 1. Заземление всех электроустановок. 2.Ограничение рабочего пространства 3.Обеспечение недоступности токоведущих частей аппаратуры. 4. Своевременное проведение инструктажа. | 1. Быстро освободить пострадавшего от действия электрического тока; 2. Вызвать скорую помощь (112); 3. Если пострадавший потерял сознание, но дыхание сохранилось, его следует удобно уложить, расстегнуть стесняющую одежду, создать приток свежего воздуха и обеспечить полный покой; 4. Пострадавшему необходимо дать понюхать нашатырный спирт, сбрызнуть лицо водой, растереть и согреть тело; |
| 3 | Пожар | 1.Своевременное проведение инструктажа. 2.Устранение средств автоматического пожаротушения в помещениях. 3.Установка датчиков дыма и огня. 4.Обеспечение путей эвакуации и поддержание их в надлежащем состоянии. 5. Контроль работы электроприборов. | 1. Обесточить помещение, прекратить поступление воздуха; 2. Немедленно сообщить о пожаре дежурному или на пост охраны (112); 3. По возможности принять меры по эвакуации людей, тушению пожара и спасению материальных ценностей. |

6.4 Выводы по разделу

В данном разделе ВКР были рассмотрены вопросы социальной ответственности в рамках работ по анализу и интерпретации данных радиоэкологических исследований с использованием ПЭВМ. Проведен анализ вредных и опасных факторов:

- уровень шума [50, 52, 53];
- недостаток необходимого искусственного освещения [50];
- отклонение показателей микроклимата [50, 57];
- производственные факторы, связанные с электрическим током [57, 58];
- повышенный уровень электромагнитного излучения [59];
- психофизиологические нагрузки [49, 50];

Кабинет 213 корпуса 23 ИРБЭ НЯЦ РК отнесен:

- по электробезопасности к 1 группе «помещение без повышенной опасности» [57];
- по ПВБ к В4 [60].

Рассмотрены возможные АС и ЧС. Также описаны мероприятия по их предотвращению и мероприятия по ликвидации последствий аварийных ситуаций.

Заключение

В результате выполнения ВКР проведен гамма-спектрометрический анализ 876 проб почвы. Проведена пешеходная гамма-спектрометрическая съемка прилегающей к площадке «Опытное поле» территории. Построены карты-схема поверхностного распределения искусственных радионуклидов.

По результатам исследования территории методом пробоотбора выявлены области, подвергшиеся влиянию следов радиоактивных выпадений.

Установлено что значительному загрязнению подверглось не более 9% обследованной площади (по ^{137}Cs). Полученный диапазон фоновых значений хорошо согласуются с фоном глобальных выпадений для данного радионуклида.

По ^{241}Am загрязнению подверглось не более 8% обследованной площади, однако, рассчитанный диапазон фоновых значений значительно превышает фон глобальных выпадений (32,4 Бк/кг) и достигает 82 Бк/кг, что обусловлено наличием других источников загрязнения, не связанных с радиоактивными выпадениями от ядерных испытаний.

По результатам исследования территории методом пешеходной гамма-спектрометрической съемки детализированы границы следов радиоактивных выпадений в южной части.

Однако высокий предел обнаружения гамма излучающих радионуклидов при использовании данного метода не позволил обнаружить все следы радиоактивных выпадений (не выявлены так называемые «восточные» и «западные» следы).

В связи с высоким пределом обнаружения данный метод нельзя использовать для категоризации территорий по степени потенциальной опасности.

Пешеходная гамма-спектрометрическая съемка позволила выявить в южной части обследуемой территории эпицентр испытательной площадки на которой проводились гидродинамические (испытания с применением делящихся веществ без ядерной реакции), при которых природа радиоактивного загрязнения обусловлена исходным материалом экспериментального устройства, при полном отсутствии продуктов распада.

В результате проведенной НИР определено что использование метода пешеходной гамма-спектрометрической съемки оправдано для проведения исследований небольших локальных участков, где использование метода определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в отобранных образцах почвы, из-за низкого количества образцов, будет либо неприемлемым, либо иметь низкое качество/достоверность.

Использование метода определения удельной активности гамма-излучающих радионуклидов в отобранных образцах почвы обосновано только для больших площадей

(>100 км²), когда количество образцов смогут статистически достоверно охарактеризовать и провести категоризацию изучаемой территории.

Список публикаций студента

1. Скрипников М.В., Айдарханов А.О., Умаров М.А., Мустафина Е.В., Кривицкий П.Е. Площадное радиационное обследование мест проведения испытаний боевых радиоактивных веществ на испытательной площадке «4» Семипалатинского испытательного полигона // Вестник НЯЦ РК. – 2020. – №. 1 (81). – С. 221-222.
2. Бакланова Ю.В., Кривицкий П.Е., Умаров М.А., Мустафина Е.В., Божко В.В., Монаенко В.Н. Пешеходная гамма-спектрометрическая съемка как инструмент оценки радиоактивного загрязнения территорий // Вестник НЯЦ РК. – 2020. – №. 2 (82). – С. 5-9.
3. Батырбеков Э.Г., Березин С.А., Айдарханов А.О., Осинцев А.Ю., Мустафина Е.В. Усиление безопасности на испытательной площадке «Опытное поле» Семипалатинского испытательного полигона. – Курчатов: Национальный ядерный центр Республики Казахстан, 2021. – 264 стр.

Список использованных источников

- 1 Батырбеков Э.Г., Березин С.А., Айдарханов А.О., Осинцев А.Ю., Мустафина Е.В. Усиление безопасности на испытательной площадке «Опытное поле» Семипалатинского испытательного полигона. – Курчатов: Национальный ядерный центр Республики Казахстан, 2021. – 264 с.
- 2 Проведение комплекса научно-технических и инженерных работ по приведению бывшего Семипалатинского испытательного полигона в безопасное состояние: в 3 т. Т.1 / Н.А. Назарбаев и др. - Курчатов: Национальный ядерный центр РК, 2016. - 318 с.
- 3 Логачев В.А. и др. Ядерные испытания СССР: современное радиозэкологическое состояние полигонов. Под рук. В.А. Логачева – Москва: ИздАТ, 2002 г. – 652 с. – ISBN 5-86656-135-2.
- 4 Атомный проект СССР. Том 2. / Кол. авторов под рук. Л.Д. Рябева. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2006. - 895 с. Атомный проект СССР: Документы и материалы: В 3 т. / Под общ. ред. Л.Д. Рябева. Т. II. Атомная бомба. 1945-1954. Книга 6 / Федеральное агентство РФ по атом, энергии; Отв. сост. Г.А. Гончаров. - Саров: РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2006. - 896 с.
- 5 Валынкин И.Н. Создание Семипалатинского полигона и первое испытание ядерного оружия / И.Н. Валынкин // журнал Атомная энергия. Т.87, вып.6 – 1999. – с.426-432.
- 6 Логачев В.А. и др. Ядерные испытания СССР. Семипалатинский полигон. Под ред. Логачева В.А.-Москва: ИздАТ, 1997 г.
- 7 Алексеев В.В. Во имя ядерного щита страны. В кн.: Курчатовский институт История атомного проекта. Выпуск 3. Москва: ГНЦ-КИ, 1995. - С. 57-102.
- 8 Грешилов А.А., Егулов Н.Д., Матушнко А.М. Ядерный щит. -Москва: Логос, 2008-424 с.
- 9 Михайлов В.Н. и др. Ядерные испытания СССР [Технологии ядерных испытаний СССР. Воздействие на окружающую среду. Меры по обеспечению безопасности. Ядерные полигоны и площадки] / Под ред. В.Н. Михайлова. В.В. Адушкин, И.А. Андриюшин [и др.]. –Т.2. – Москва: МСФАЭ,1997-302 с.
- 10 Акчурин И.А. Семипалатинский ядерный полигон. Создание становление, деятельность /И.А. Акчурин. – Москва: «Голден-Би», 2007-258 с.

- 11 Андрюшин И.А. и др. Укрощение ядра: Страницы истории ядерного оружия и ядерной инфраструктуры СССР / И.А. Андрюшин, А.К. Чернышев, Ю.А. Юдин; гл.ред. Р.И. Ильяев // Саров; Саранск: Красный Октябрь, 2003-484 с.
- 12 Сайбеков Т.С., Абылаев Ж.А. Атлас. Радиационная обстановка на территории Республики Казахстан с 1954 по 1994 годы. Т.16, Семипалатинская область. Алматы: Министерство экологии и биоресурсов РК, 1997-400 с.
- 13 Актуальные вопросы радиозащиты Казахстана. Выпуск 5. Оптимизация исследований территорий Семипалатинского испытательного полигона с целью их передачи в хозяйственный оборот / под рук. Лукашенко С.Н. – Павлодар: Дом печати, 2015.- 356 с.
- 14 Андрюшин И.А. и др. Общие характеристики и некоторые вопросы экологических последствий ядерных испытаний СССР. Труды РФЯЦ-ВНИИЭФ. Том 1. / Андрюшин И.А., Ильяев Р.И., Чернышев А.К. // Научно-исследовательское издание, Саров, 2001-637 с.
- 15 Суколкин А. Десант страны советов. 2008 г. 184 с.
- 16 Алексеев В.В. Во имя ядерного щита страны // Курчатовский институт. История атомного проекта : сб. ст. / М: Рос. науч. центр «Курчатовский институт». Вып. 3. 1995 – с. 57-102.
- 17 Андрюшин И.А. и др. Ядерные испытания СССР. Том 1. / Кол. авторов под рук. В. Н. Михайлова. - Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 1997 – 288 с.
- 18 Дубасов Ю.В. Семипалатинский испытательный полигон: оценивая радиологические последствия. / Ю.В. Дубасов, А.М. Матущенко Н.П. Филонов [и др.] // Информационный бюллетень. Спецвыпуск, 1993 – С.23.
- 19 Андрюшин И.А., Волошин Н.П., Ильяев Р.И. и др. Ядерные испытания СССР. Гидроядерные эксперименты. Инвентаризация затрат плутония. / Кол. авторов под рук. В.Н. Михайлова // Москва: РФЯЦ-ВНИИЭФ, Саров, 1998 г., 22 с.
- 20 Стратегическое ядерное вооружение России / Кол. авторов под ред. П. Л. Подвига.-М.: ИздАТ, 1998 – 492 с.
- 21 Плутоний в России. Экология, экономика, политика. / Кол. Авторы под рук. А.В.Яблокова,– М.: Центр экол. Политики в России, 1994. – 141 с.
- 22 Интернет-ресурс <http://www.johnstonsarchive.net/nuclear/tests/min-ntestshydr.html>

- 23 Ядерное нераспространение: Краткая энциклопедия. - М.: Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН); ПИР-Центр, 2009. - С 337-338.
- 24 Комплексное экологическое обследование Семипалатинского испытательного полигона: монография / Э.Г. Батырбеков, А.О. Айдарханов, В.А. Витюк и др. – Курчатов: Институт радиационной безопасности и экологии РГП НЯЦ РК, 2021. – 340 с.
- 25 Батырбеков Э.Г., Березин С.А., Айдарханов А.О., Осинцев А.Ю., Мустафина Е.В. Усиление безопасности на испытательной площадке «Опытное поле» Семипалатинского испытательного полигона. – Курчатов: Национальный ядерный центр Республики Казахстан, 2021. – 264 стр.
- 26 Койгельдинова М.Т., Лукашенко С.Н., Мухамедиаров Н.Ж., Умаров М.А. Оценка уровней загрязненности площадки «Опытное поле» Семипалатинского испытательного полигона техногенным ураном / М.Т. Койгельдинова – М.: Радиационная Биология. Радиоэкология, 2018, том 58, № 1, с. 1–15.
- 27 Обеспечение безопасности бывшего Семипалатинского испытательного полигона. Обеспечение радиационной безопасности: отчеты о РБП 011 / Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК (ИРБЭ НЯЦ РК); рук. Лукашенко С.Н. – Курчатов: ИРБЭ НЯЦ РК, 2005-2010 гг.
- 28 Волошин Н.П. К истории отечественного атомного проекта: курс лекций для слушателей учебного курса учебных заведений «Росатома», студентов физических специальностей вузов – Москва: ИздАТ, 2009 г.
- 29 Оценка радиологической обстановки на территории Семипалатинского испытательного полигона и прилегающих к нему регионов / РГП НЯЦ РК «Институт радиационной безопасности и экологии». – Курчатов: ИРБЭ НЯЦ РК, 1996.
- 30 Изыскание новых эффективных радиопротекторов и агентов, модифицирующих действие радиоактивных излучений за 1994-1998: отчет о НИР (заключительный) / РГП НЯЦ РК «Институт радиационной безопасности и экологии». – Курчатов: ИРБЭ НЯЦ РК, 1999.
- 31 Оценка радиологической обстановки и мониторинг на территории СИП и прилегающих к нему регионов. Разработка природоохранных мероприятий: отчет о НИР / РГП НЯЦ РК «Институт радиационной безопасности и экологии»: рук. Артемьев О. И. – Курчатов: ИРБЭ НЯЦ РК, 2002.

- 32 Биологическое воздействие радиоэкологических факторов на природные популяции растений и животных: отчет о НИР (заключительный) / РГП НЯЦ РК «Институт радиационной безопасности и экологии»: рук. Сейсебаев А. Т. – Курчатов: ИРБЭ НЯЦ РК, 1999. – 175 с.
- 33 Сбор и обобщение имеющихся материалов по радиоактивному загрязнению природной среды в местах проведения ядерных взрывов, прилегающих к ним регионам, а также в ареалах, примыкающих к естественным и техногенным радиоактивным объектам. Составление радиологических карт за 1994 – 1998: отчет о НИР / РГП НЯЦ РК «Институт радиационной безопасности и экологии»: рук. Ахметов М. А. – Курчатов: ИРБЭ НЯЦ РК, 1998.
- 34 Дифференциация территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП) с точки зрения ее хозяйственного использования за 1998-1999 гг.: отчет о НИР (заключительный) / РГП НЯЦ РК «Институт радиационной безопасности и экологии». – Курчатов: ИРБЭ НЯЦ РК, 1999. -12 с.
- 35 Артемьев О.И., Стрильчук Ю.Г., Жумадилов К.Ш., Ларин В.Н. Современная радиационная обстановка на Семипалатинском испытательном полигоне, Вестник НЯЦ РК, выпуск 3, 2000 г. С.-35-44.
- 36 Комплексная оценка воздействия бывшего СИЯП на окружающую среду: отчет о НИР (заключительный) / РГП НЯЦ РК «Институт радиационной безопасности и экологии»: рук. Птицкая Л. Д. – Курчатов: ИРБЭ НЯЦ РК, 2004.
- 37 Комплексная оценка воздействия бывшего СИЯП на окружающую среду» по этапу «Проведение средне- и мелкомасштабного площадного обследования территории полигона: отчет о НИР (заключительный) / РГП НЯЦ РК «Институт радиационной безопасности и экологии»: рук. Лукашенко С. Н. – Курчатов: ИРБЭ НЯЦ РК 2006.
- 38 Рабочая инструкция «Подготовка проб к лабораторным анализам в отделе аналитических исследований Филиала «Институт радиационной безопасности и экологии» РГП НЯЦ РК». Филиал «ИРБЭ» РГП «НЯЦ РК». – г. Курчатов, 2018.
- 39 Активность радионуклидов в счетных образцах. Методика измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения «SpectraLine». – г. Москва: ФГУП ВНИИФТРИ, 2014.
- 40 Рабочая инструкция «Выполнение измерений активности гамма-излучающих радионуклидов в счетных образцах на гамма-спектрометрах с полупроводниковым блоком детектирования». Филиал «ИРБЭ» РГП «НЯЦ РК». – г. Курчатов, 2018.

- 41 ГОСТ ISO/IEC 17043-2013 Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации
- 42 Павлоцкая Ф.И., Федорова З.М. и др. // Атом. энергия. - 1985.- Т. 59. - №5
- 43 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с.
- 44 Видяев И. Г., Серикова Г. Н., Гаврикова Н. А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие //И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына. – 2014.
- 45 КонтурЗакупки: электронный аукцион: сайт. – URL: <https://zakupki.kontur.ru/0365100010414000071?h=%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D1%8C%D1%8E%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%8B&h=%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5> (дата обращения: 24.04.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
- 46 Постановление Правительства РФ. О классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы: Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (ред. от 27.12.2019): сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34710/9db3ac4dcd3b010eb67c60af3d823fe6ba73d749/ (дата обращения: 24.04.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
- 47 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197.
- 48 Федеральный закон от 28.12.2013 N 421ФЗ "О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с принятием Федерального закона "О специальной оценке условий труда".
- 49 ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.М.: Стандартиформ, 2016.
- 50 СанПиН 1.2.3685-21. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [Текст]. – введ. 2021-01-28
- 51 ГОСТ Р 50923-96. Дисплеи. Рабочее место оператора [Текст]. – Введ. 1996-07- 10. – М.: Стандартиформ, 2008 – С.4.
- 52 ГОСТ 12.1.003–2014. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности.

- 53 СН 2.2.4/2.1.8.562-96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»; утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 г.
- 54 СП 60.13330.2020. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.– М.: Минрегион России, 2021
- 55 СанПиН 2.2.4.548-96 Физические факторы производственной среды. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы. – М.: Стандартинформ, 2002.
- 56 Воздуходувка SB-0310 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://zenova.ru/category/vozduhoduvki/model/sb-0310-d0>, свободный – Загл. с экрана. – Язык русский. Дата обращения 21.05.23 г.
- 57 ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»
- 58 ГОСТ Р 12.1.019-2017 «Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» – введ. 2019-01-01
- 59 СанПиН: 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к ВДТ и ПЭВМ. Организация работы» – введ. 1996-04-14
- 60 СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
- 61 ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования [Текст]. – введ. 1991-01-01. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999 – С.6.

Приложение А

(справочное)

Introduction
Overview of literature on the research subject
Research techniques

Студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|----------------|---------|------|
| 0AM13 | Мустафина Е.В. | | |

Консультант школы отделения (НОЦ) ИЯТШ, ОЯТЦ

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Профессор ОЯТЦ | В.С. Яковлева | Д.Т.Н. | | |

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|---------------|---------------------------|---------|------|
| Старший преподаватель | Квашнина О.С. | | | |

Introduction

The tests at the Semipalatinsk Test Site (STS) primarily resulted in contamination of the areas of the test sites. However, the radioactive fallout that formed the so-called "traces" led to large-scale contamination of the environment not only in the areas of the test sites, but also outside them. The greatest impact (on the scale of radioactive contamination) was caused by the tests that were conducted at the "Test Field" site (116 nuclear air and ground tests).

Since 1994, the Institute of Radiation Safety and Ecology of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan has conducted a range of various radioecological studies of the territory of the Semipalatinsk Nuclear Test Site (STS). This includes the study of the spatial distribution pattern of man-made radionuclides. By now, a sufficiently large dataset has already been gathered concerning research into test site areas. This is due to the fact that after the test site was shut down, when estimating radioactive contamination and its consequences, researchers' attention was mainly drawn to test sites area as the most contaminated. The next major stage of research is to study areas adjacent to sites, which are many times larger than sites themselves. As mentioned above, atmospheric tests at the 'Experimental Field' testing site caused the most extensive radioactive contamination of the test site (and beyond it). Based on the above, obtaining detailed information on the pattern of radioactive contamination in areas adjacent to the 'Experimental Field' site as well as in terms of whether research findings in question are applicable in other research around the site, this work is highly relevant.

The work's objective is to study the main parameters of radioactive contamination by gamma-emitting radionuclides in the study area. The main tasks that were set in this work are to study the research experience available in activities previously carried out in the territory of the test site, to conduct experimental research, to analyze and discuss the findings and, certainly, to draw main conclusions describing radioactive contamination in the study area.

The research object in this work is radioactive contamination by gamma-emitting radionuclides of the area adjacent to the 'Experimental Field' site produced by nuclear tests conducted here.

Research was undertaken using both field (in situ) techniques – a pedestrian gamma spectrometric survey (the areal activity of gamma-emitting radionuclides was determined, which was converted to the activity concentration according to calibration results of measuring facilities in use) and in vitro research to determine the activity concentration of man-made radionuclides in soil samples.

Research into radioactive contamination by gamma-emitting radionuclides produced by nuclear tests conducted in the area adjacent to the 'Experimental Field' testing site allowed the obtainment of source data to map the spatial distribution of radionuclides studied. In turn, this made

it possible to determine all of the main parameters of radioactive contamination resulting from atmospheric nuclear tests at the 'Experimental Field' site, namely, to localize radioactive contamination, identify axes of fallout plumes and the pattern of the spatial distribution of radioactive contamination. These scientific results will make it possible to understand the pattern of radioactive contamination in the study area and plan further activities on how to handle this territory (these will be the basis for developing various rehabilitation measures - from agricultural countermeasures to the removal and disposal of radioactively contaminated soil).

An additional output to be applied is the ability to compare different techniques of obtaining primary information and evaluate their utilization efficiency in conducting similar research.

Thus, research data contributes not only to the knowledge of the main parameters of radioactive contamination from nuclear tests conducted at the 'Experimental Field' testing site, but also allow the selection of optimal (both technically and economically) techniques for other similar research in the former STS territory.

1 Overview of literature on the research subject

1.1 Description of the ‘Experimental Field’ site

A construction site of the test site was supposed to be selected in a low-populated and vast territory with necessary transport arteries and enough space to build a runway to receive transport aircraft. In May 1947, at the session of the Special Committee chaired by L.P. Beria a memo signed by A.P. Zavenyagin, M.P. Vorobyov, M.A. Sadovsky, A.P. Alexandrov and P.M. Rozhanovich was submitted concerning potential options for the test site location which said ‘...*Of all sites mentioned, the most adequate one to set up a Mining Station is site No. 1 in the vicinity of the Irtysh riv. 170 km west of Semipalatinsk c. The site is absolutely deserted; its center is 20 km in diameter surrounded by a ridge of hills 40 m and higher. The site also has good natural dirt roads and is supplied with water. The site itself has a natural airfield suitable for operating the transport aircraft and medium bombers. To operate heavy bombers, the utilization of the existing airfield of the civilian air fleet is possible, which is 6 km away from Semipalatinsk c. The site drawbacks include a 170 km distance from the railway and the presence of the Chinese consular agency in Semipalatinsk c. to be relocated, in our opinion. You are requested to approve site No. 1 in the vicinity of the Irtysh riv. for the construction of a Mining Station*’.

The memo submitted called the test site a Mining Seismic Station until it was shut down on August 29, 1991 the test site would change its name several times. Currently, another test site name became common across the globe – the Semipalatinsk Test Site (hereinafter – STS).

The ‘Experimental Field’ became the first testing site at the Semipalatinsk Test Site. The site was used to conduct atmospheric (air and aboveground) nuclear tests. Basically, nuclear tests were conducted as part of nuclear weapon upgrade, studies of emergency operating modes of nuclear weapons as well as studies of damaging factors of nuclear weapons.

The ‘Experimental Field’ site is located in the left bank area of the Irtysh riv. in the territory of the Pavlodar region (Figure 1). The ‘Experimental Field’ represents a plain of ~ 20 km in diameter surrounded by small hills (bald peaks) in the east, south and west.

Three types of instrumental structures (‘geese’) were built at the test location in two mutually perpendicular radii denoted as ‘A’ (‘Anns’), ‘B’ (‘bugs’) and ‘V’ (‘Veras’) (Figure 2, Figure 3, Figure 4 and Figure 5).

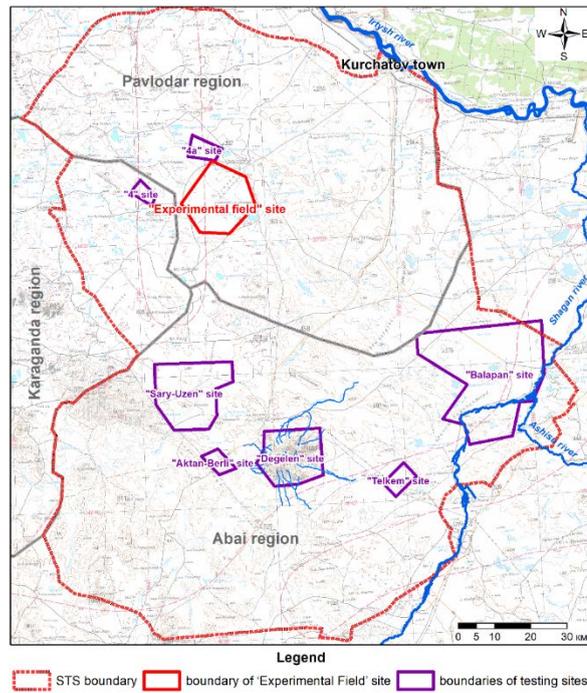


Figure 1 – Schematic map of the Semipalatinsk Test Site



Figure 2 – The way instrumental structures 'Anns' currently look



Figure 3 – The way instrumental structures 'bugs' currently look



Figure 4. The way instrumental structures 'Veras' currently look



Figure 5 – The way instrumental structures currently look southeastward

The first testing site in the central part of the 'Experimental Field' was termed as P-1. Afterwards, more sites were constructed within the 'Experimental Field' site (Figure 6).

The P-2M technical site was discovered in 2012 (presumably, this is the P-2G site, there is no official information on its location) and is located at a distance of ~ 1 km from the southern border of the 'Experimental Field' site.

Radioactive contamination of the soil cover in the territory of the 'Experimental Field' is spatially divided into several types:

- epicentral areas (ground zeros) – locally contaminated spots in the form of circles with diameters varying from several dozens of meters to several kilometers (depending on a yield and a detonation height);
- fallout plumes from atmospheric (aboveground and air) nuclear tests;
- locations of non-nuclear explosive tests (hydronuclear and hydrodynamic experiments) – locally contaminated spots that are not clearly spatially shaped;
- fallout plumes from non-nuclear explosive tests (hydronuclear and hydrodynamic experiments).

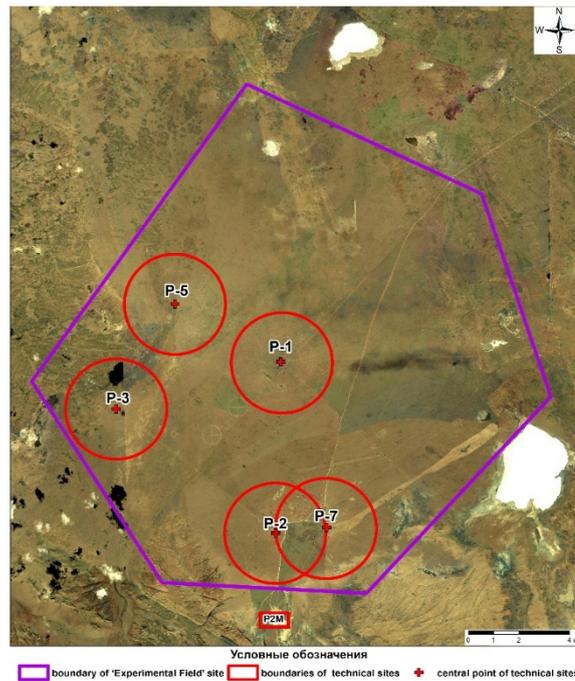


Figure 6 – Locations of technical sites at ‘Experimental Field’

1.2 Nuclear tests

According to reported data, between 1949 and 1963, 116 nuclear tests were conducted at the ‘Experimental Field’, of which 86 were air tests, 30 aboveground tests at low or zero altitudes. That said, in 5 cases a nuclear device malfunctioned. These tests have become the main source of surface soil radioactive contamination at STS. The first nuclear test of the Soviet atomic bomb was conducted on August 29, 1949. The yield of first nuclear charge designed by the USSR was 20 kilotons of TNT (Figure 7).

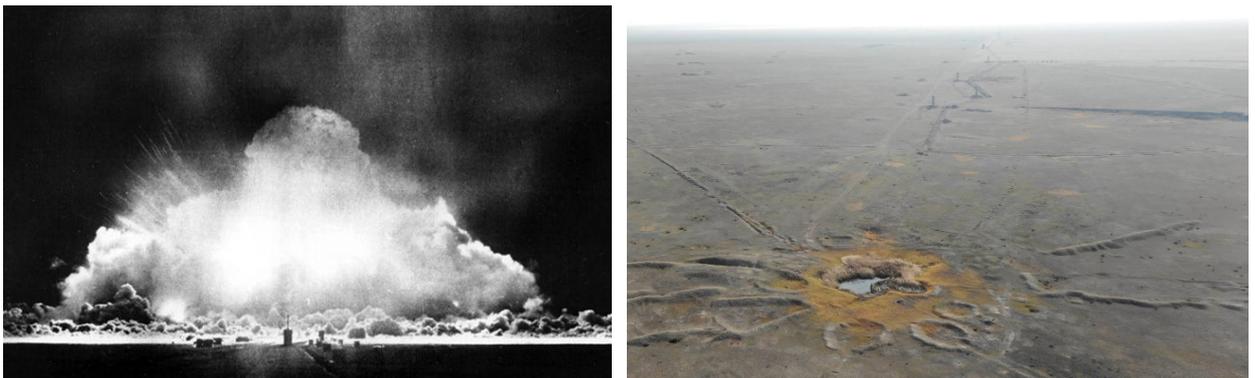


Figure 7 – RDS-1 test and the current state of the P-1 ground zero facing the southeastern line of instrumental structures

The number of nuclear tests conducted in the test site area by years is listed in the table (Table 1). The total energy release from atmospheric nuclear tests in terms of a conventional explosive (trinitrotoluene) was 6.6 megatons of TNT.

Table 1 – The distribution of the number of nuclear tests at the ‘Experimental Field’ site by years

| Year | 1949 | 1950 | 1951 | 1952 | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Aboveground | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 | 12 |
| Atmospheric | 0 | 0 | 1 | 0 | 4 | 6 | 2 | 5 | 11 | 8 | 0 | 0 | 22 | 27 |
| Total | 1 | 0 | 2 | 0 | 5 | 9 | 5 | 8 | 11 | 8 | 0 | 0 | 28 | 39 |

In 1950 and 1952, nuclear tests in the USSR were interrupted because of the initial stage of working on the nuclear weapon program. The USSR did not conduct nuclear tests in 1959 and 1960 and nor until August 1, 1961 due to the participation in a moratorium imposed on nuclear testing along with the United States and Great Britain. From 1963 onwards, atmospheric tests ceased due to the preparation of a Partial Nuclear Test Ban Treaty and the switch to implement the underground nuclear test program. Following the signature of the treaty, all atmospheric nuclear weapon tests were prohibited.

Nuclear tests were divided into:

- aboveground explosion - a nuclear test on the earth’s surface either on a test tower or conducted at a low altitude (air bomb);
- air explosion - a nuclear test in the atmosphere during which the expanding fireball resulting from the explosion does not touch the earth’s surface.

1.3 Hydronuclear and hydrodynamic experiments

Between 1958 and 1965, a series of simulation non-nuclear explosive experiments was conducted at the ‘Experimental Field’ testing site. Aboveground hydronuclear experiments totaled 42. They differed from one another in the amount of activity released into the atmosphere and in the height at which the upper edge of the explosion cloud rose (Table 2). Hydronuclear experiments were not tests of nuclear weapons or industrial nuclear charges and were conducted in order to undertake scientific research into some issues of the physical operation of nuclear explosive devices. Results of hydronuclear experiments were of great importance to analyze issues of a reliable and safe storage and operation of nuclear weapons.

Table 2 – The distribution of the number of hydronuclear experiments conducted in the USSR at the ‘Experimental Field’ site between 1958 and 1965

| # | The year of experiments conducted | The number of experiments |
|----|-----------------------------------|---------------------------|
| 1. | 1958 | 2 |
| 2. | 1960 | 12 |
| 3. | 1961 | 13 |
| 4. | 1963 | 13 |
| 5. | 1965 | 2 |

Hydronuclear experiments produced hardly any nuclear energy release resulting in few fission fragments from nuclear charge materials. As a result, the radiation impact on the environment occurred due to the dispersion of nuclear materials incorporated in the nuclear charge. During simulation experiments, plutonium was dispersed. The amount of fissile material or its analogue involved in hydronuclear experiments was different varying from 0.06 to 1.8 kg for plutonium isotopes.

In the late 1940s, to study and estimate the characteristics and reliability of the main nuclear weapons, hydrodynamic experiments were combined with nuclear tests. In hydrodynamic experiments, test elements of real nuclear weapons or models were detonated using high explosives designed to simulate the first stages of a nuclear explosion. In hydrodynamic testing, isotopes of uranium, plutonium or their simulative counterparts were subjected to a sufficient pressure and impact so that they begin to behave like liquids. Radiographs that resulted from tests were used to obtain information on an implosion; calculations based on test results were used to predict how nuclear weapons would operate.

During hydrodynamic tests, the pattern of radioactive contamination of the environment is similar to the one during hydronuclear experiments and is also accompanied by plutonium dispersion. No reliable information on the number and locations of hydrodynamic experiments was found.

1.4 Radioecological survey at the ‘Experimental Field’ site

Relevant information on the environmental radioecological situation around the ‘Experimental Field’ testing site resulted from the comprehensive ecological survey of the Semipalatinsk Test Site lands as part of activities under the republican budget program and as part of the implementation of international treaties signed between the United States of America and the Republic of Kazakhstan to ensure nuclear safety.

The survey was carried out in several stages. At the first stage, the terrain was interpreted (that made it possible to identify all the existing man-made objects at the site), then a radiometric survey was carried out and surface soil was sampled over a 1×1 km grid. The work performed provided information on the pattern of surface soil contamination, areas contaminated with artificial radionuclides owing to testing and allowed the identification of the existing water bodies.

At the second stage, the plant cover, air and water environment, and fauna were studied. To assess the pattern of the vertical radioactive contamination across the soil profile, soil was sampled layerwise. Based on research findings, potential human radiation exposure was determined.

At the next stage, to detail the picture of surface soil contamination, a pedestrian gamma spectrometric survey was carried out at a distance of 20 m between profiles (Figure 8).

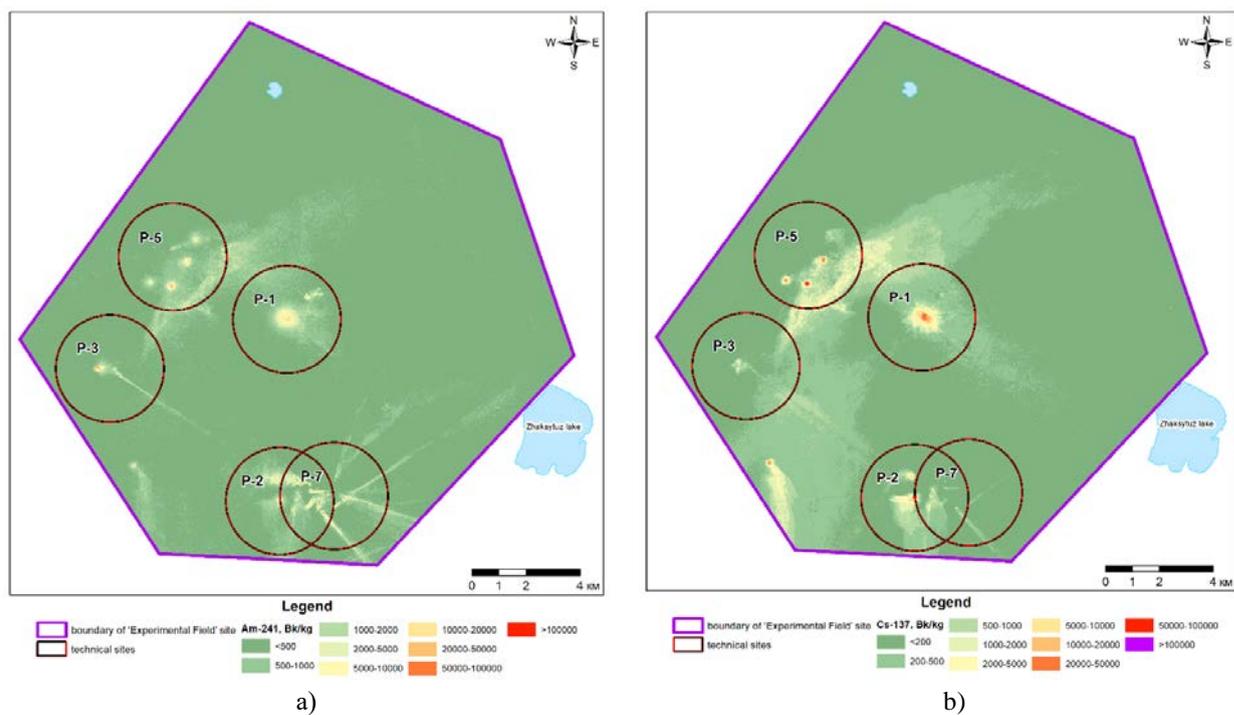


Figure 8 – Maps of surface soil contamination at the ‘Experimental Field’ site: a) ^{241}Am ; b) ^{137}Cs

As a result of the radioecological survey of the ‘Experimental Field’ territory, the surface soil contamination at this site was found to be spatially nonuniform - it is typical of locations of aboveground and some air nuclear explosions. For instance, aboveground nuclear tests of low and ultra-low yield led to radioactive contamination of the ground within the test site area, and some nuclear tests of medium and high yield resulted in radioactive contamination of the test site and areas beyond it. Currently, radioactive contamination of the ‘Experimental Field’ site is characterized by existing remnants of a fissile material from a nuclear charge (plutonium isotopes) and daughter of weapons-grade plutonium - ^{241}Am , long-lived fission products (^{90}Sr , ^{137}Cs) neutron activation products (^{152}Eu , ^{154}Eu , ^{155}Eu , ^{60}Co).

2 Previous research in the area adjacent to the ‘Experimental Field’ site

Tests conducted at STS led to radioactive contamination not only at test locations but also in adjacent areas. In some cases, tests even had an impact on areas outside the test site. The main contribution to environmental contamination was made by atmospheric nuclear tests. Radioactive clouds that resulted from tests went beyond the ‘Experimental Field’ site and fell on the earth’s surface in the form of precipitation.

The first survey of STS was carried out by the military specialists of the test site in 1956 jointly with the staff of the Institute of Applied Geophysics of the USSR Academy of Sciences. It involved dosimetric and radiometric measurements as well as the aerial gamma survey of the ground (Figure 9).

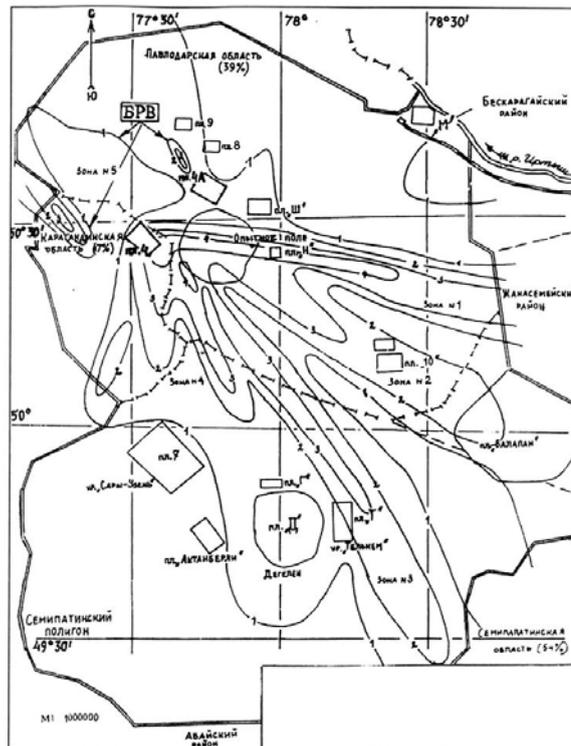


Figure 9 – Schematic radioactive contamination of the STS territory as of December 1956. Positions of gamma-ray dose rate isolines, $\mu\text{R}/\text{h}$: 1) 12-40, 2) 40-100, 3) 100-1000, 4) >1000

The survey showed how the tests affected the radiological situation of the ground. For instance, the first Soviet atmospheric nuclear test (August 29, 1949) was conducted under adverse weather conditions (rainy weather with sharp gusts of wind). The negligence of weather conditions caused the political social tension and became important in terms of the military and political aspect of the upcoming event. As a result of the test, a radioactive plume was produced northeastward of the ‘Experimental Field’ site, which led to extensive radioactive contamination of the test site area.

1956 through 1989, 6 comprehensive medical scientific expeditions were arranged to conduct surveys of the radiological and health-related situation. 2 dedicated health centers were operating to assess the residents’ state of health in settlements in a portion of the East Kazakhstan, Semipalatinsk, Pavlodar and Karaganda regions.

The main purpose of radiation monitoring during the period of nuclear testing was to determine the characteristics of each radioactive plume and, first of all, public external exposure doses near the test site. For instance, according to reported data, in areas adjacent to STS, which were inside the zone of fallout plumes produced by atmospheric tests, the average public exposure dose ranged from 0.03 to 0.50 R (0.26 to 4.4 Sv).

The Institute of Radiation Safety and Ecology of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan was established on the premises of military unit No. 52605 in October 1993. At the time the institute was set up, the overwhelming majority of the scientific staff of military unit No. 52605 left back for Russia. All the equipment and research archives were taken out. Data on the

radiological situation at the site and maps of contaminated areas were gone. The main task was to obtain data on the current radiological situation in the STS territory.

1994 through 1999, as part of various projects, the radiological situation at STS and in adjacent regions was estimated. Much attention was paid to making lists of plants and animals of STS and estimating biological consequences of nuclear tests. Contamination maps of the STS territory were constructed on a scale of 1: 50000.

1998 through 1999, the first efforts were made to differentiate the territory of the former STS from the perspective of its economic use. For the first time, materials were collected and summarized regarding radiological studies that had been conducted in the STS area, the first electronic maps were created showing the locations of the main sources of radioactive contamination.

In 2000 and 2002, individual STS spots in site areas were surveyed. 2004 through 2006, an areal small- and medium-scale radiological survey (1:1,000,000 and 1:200,000) of a portion of the STS territory was carried out.

All these studies eventually led to the understanding that the survey of individual STS spots did not give a complete picture of the radiological situation around the test site. Most of the studies concerned test site areas. In those areas where nuclear tests were not formally conducted but which were yet contaminated with the fallout, detailed studies of the radiological situation were not conducted.

3 Research techniques

3.1 Soil sampling procedure

Surface soil was sampled using a point technique. The main point of this technique is as follows: at first, a pit was dug at the sampling point and then, with a specialized sampling tool (with fixed geometric dimensions of 10x10x5 cm), a 5 cm soil layer was sampled on one of the vertical sides of the pit (Figure 10).



Figure 10 – Spot sampling of soil

Samples were collected at a depth of 5 cm from a 100–200 cm² area. After each layer was sampled, the sampling tool was decontaminated.

To avoid cross-contamination of samples, the samples were packed in double polyethylene bags and transported in special plastic boxes intended for environmental samples.

Immediately prior to sampling, the radiation parameters (EDR, β -particles fluence) were measured by means of the MKS AT6130 radiometer-dose meter and geographic coordinates were identified using a GPS receiver. Data sheets were drawn up for all samples.

Samples were collected over a 1x1 km grid 10 km away from the border of the 'Experimental Field' testing site.

Measurement facilities used in sampling are:

3. Dose meter-radiometer MKS-AT6130 (Figure 11). The main characteristics:

- The measurement range of the X- and gamma-ray ambient equivalent dose rate: 0,1 μ Sv/h - 10 mSv/h.
- The measurement range of the X- and gamma-ray ambient equivalent dose: 0.1 μ Sv - 100 mSv.
- The measurement range of beta-particles fluence: 10 p/(min·cm²) – 10⁴ p/(min·cm²).

GARMIN rino 530 (Figure 12):

- Determination of the elevation above sea level, speed and direction, your movement time and other parameters;
- Tracking and memorization of a movement route suitable for retracing the distance covered;
- Memorization of up to 1,000 reference points either by marking them afield or entering coordinates from a topographic map;
- Setting a course (azimuth) and calculating a distance to a landmark selected as well as routing that passes through several fixed points (up to 20 routes of 30 points each);
- Tracking and arrow pointing in a desired movement direction displaying a deviation from the course set (azimuth);
- EGNOS, WAAS-enabled.



Figure 11 - DER measurement with dosimeter-radiometer MKS-AT6130



Figure 12 - GARMIN rino 530

3.2 Soil sample preparation procedure

Prior to gamma spectrometric measurements, soil samples were prepared in accordance with the operating instruction 'Sample preparation for the laboratory analysis in the Analytical Research Department'. The preparation of a countable soil sample included the following stages:

- soil samples were air-dried at a temperature of 105°C;
- bog stones and plant inclusions were removed from the soil sample dried whereupon the sample was sieved through a 2 mm mesh. A >2 mm fraction was ignored in further research;
- a ~ 500 g. subsample was collected from a <2 mm fraction by squaring.

The counting sample was transferred to the measuring container. Plastic containers in the form of 92 mm straight cylinders and 65 mm high were used as measuring containers, which were sent for the gamma spectrometric analysis.

3.3 Gamma-spectrometric measurement procedure

A gamma-spectrometric unit manufactured by 'Canberra' (Figure 13) was used to determine the content of gamma-emitting radionuclides in soil samples, configured as follows:

- solid-state gamma-ray ultrapure germanium crystal-based detector BE5030 with a relative registration efficiency of 48%;
- pulse analyzer DSA-1000;
- personal computer with a software package Genie-2000 for gamma-ray spectrometers.



Figure 13 – Solid-state spectrometer ‘Canberra’ with a gamma detector BE5030 and a pulse analyzer DSA-1000

The energy range was 3 to 3,000 keV.

To reduce the natural background, the detector was protected by lead.

Before measurements, the gamma detector was calibrated by energy and efficiency using bulk sources RgU 1 and RgTh-1 (IAEA) with known activities.

Measurements were carried out according to the procedure ‘Activities of radionuclides in counting samples. A measurement procedure with gamma spectrometers using the ‘Spectra Line’ software and the Operating Instruction applied by IRSE NNC RK was applied. The typical exposure time was 7,200 s.

Quality control

In order to control the quality of measurements, every tenth sample was prepared in two parallels. Each batch of ten counting samples was accompanied by a blank sample. Measurements of activities of some parallel samples are listed in Table 3. Measurements of some blank samples are listed in Table 4.

Table 3 – Measurements of parallel samples

| # | ²⁴¹ Am activity concentration, Bq/kg | Mean, Bq/kg | Mean deviation, % |
|----|---|-------------|-------------------|
| 1 | $6.2 \cdot 10^3 \pm 1.2 \cdot 10^3$ | 6000 | 3.3 |
| 2 | $5.8 \cdot 10^3 \pm 1.2 \cdot 10^3$ | | -3.3 |
| 3 | $7.4 \cdot 10^3 \pm 1.5 \cdot 10^3$ | 6650 | 11 |
| 4 | $5.9 \cdot 10^3 \pm 1.2 \cdot 10^3$ | | -11 |
| 5 | $7.4 \cdot 10^3 \pm 1.5 \cdot 10^3$ | 7400 | 0 |
| 6 | $7.4 \cdot 10^3 \pm 1.5 \cdot 10^3$ | | 0 |
| 7 | $6.2 \cdot 10^2 \pm 1.2 \cdot 10^2$ | 585 | 6.0 |
| 8 | $5.5 \cdot 10^2 \pm 1.1 \cdot 10^2$ | | -6.0 |
| 9 | 32 ± 6 | 37.5 | -15 |
| 10 | 43 ± 9 | | 15 |

Table 4 – Measurements of blank samples

| # | Sample number | Activity concentration, Bq/kg | |
|----|---------------|-------------------------------|-------------------|
| | | ²⁴¹ Am | ¹³⁷ Cs |
| 1 | XII 7 | < 3 | < 4 |
| 2 | XII 8 | < 3 | < 3 |
| 3 | X.II.10 | < 2 | < 2 |
| 4 | X.II.9 | < 2 | < 2 |
| 5 | X.II.6 | < 2 | < 2 |
| 6 | X.II.5 | < 4 | < 3 |
| 7 | X.II.4 | < 2 | < 3 |
| 8 | X.II.2 | < 3 | < 3 |
| 9 | X.II.1 | < 2 | < 2 |
| 10 | X.II.3 | < 2 | < 3 |
| 11 | X.II.11 | < 3 | < 3 |
| 12 | X.II.1 | < 2 | < 2 |

The maximum discrepancy in activity values of parallel samples was 30%. The values of ²⁴¹Am and ¹³⁷Cs activities in blank samples were below the detection limit, which indicates the absence of contamination of glassware and instruments in use.

Additionally, comparison tests were conducted with the laboratory of the Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan (Almaty c.). These tests were conducted in accordance with the requirements of GOST ISO/IEC 17043-2013. Blank samples to determine ²⁴¹Am were dry homogenized samples numbering 9 pieces.

The table (Table 5) lists measurements of ²⁴¹Am activity concentration in blank samples.

Table 5 – Test results of blank samples

| Sample number | IRSE | INP | Discrepancy, % |
|---------------|---------------|-------------|----------------|
| 69424-6 | 36800 ± 7400 | 33475 ± 179 | 9 |
| 69424-5 | 36400 ± 7300 | 33303 ± 178 | 9 |
| 69424-4 | 36100 ± 7200 | 33479 ± 179 | 7 |
| 69439-6R | 58700 ± 11800 | 55033 ± 225 | 6 |
| 69439-5R | 59000 ± 11800 | 54910 ± 234 | 7 |
| 69439-4R | 59300 ± 11900 | 55204 ± 241 | 7 |
| 69446-6R | 10500 ± 2100 | 9725 ± 92 | 7 |
| 69446-5R | 10500 ± 2100 | 9962 ± 90 | 5 |
| 69446-4R | 10800 ± 2200 | 9894 ± 89 | 8 |

The analysis of findings points to the absence of significant discrepancies between the results of the gamma spectrometric analysis of ²⁴¹Am obtained by laboratories of the Institute of Nuclear Physics, Almaty c. and the Institute of Radiation Safety and Ecology, Kurchatov t.

The accuracy of ²⁴¹Am determination was verified by periodic measurements of the IAEA reference standard (IAEA-384) and the calibration source (OMACH No. 2/749). The comparison of findings with certified concentration values showed no bias of the analytical procedure in use (Table 6).

Table 6 – Calibration measurements

| # | Activity concentration (IAEA-384), Bq/kg | | | Activity concentration (OMACH No. 2/749), Bq/kg | | |
|---|---|--|----------------|--|--|----------------|
| | Certified value | Reported value of ²⁴¹ Am | Discrepancy, % | Certified value | Reported value of ²⁴¹ Am | Discrepancy, % |
| 1 | 7.1 | 6.89 ± 0.22 | 3 | 2799 | 2778 | 1 |
| 2 | | 6.93 ± 0.17 | 2 | | 2766 | 1 |
| 3 | | 6.77 ± 0.31 | 5 | | 2750 | 2 |

The value of discrepancy between the certified activity of the reference standard and the measured one is in fact an analytical error of the gamma spectrometric analysis. On average, this value is estimated to be 3%.

The discrepancy between parallel samples (Table 3) exceeds the analytical error. The maximum discrepancy between samples is 15%. This is attributed to the fact that the discrepancy between the results of parallel samples, in addition to the analytical error, is also due to the inhomogeneity of counting samples. Considering that the measurement uncertainties are added as a sum of squares, i.e. a high uncertainty overlaps a low one, it can be concluded that the maximum measurement uncertainty due to inhomogeneity is in the order of 15%. Thus, the uncertainty due to the inhomogeneity of a sample is dominant.

3.4 Procedure of a pedestrian gamma-spectrometric survey

A technique of the pedestrian gamma-spectrometric survey is based upon a continuous accumulation of gamma spectra while a spectrometry specialist is moving along the designated route in the terrain being surveyed (Figure 14).



Figure 14 – Pedestrian gamma-spectrometric survey in progress

A spectrometry specialist who is carrying out a survey is moving along the survey profile at a continuous speed of 1-2 km/h (Figure 15).

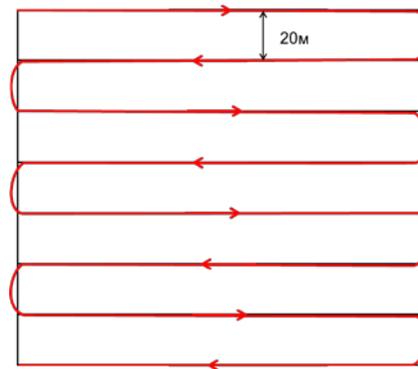


Figure 15 – Schematic pedestrian gamma-spectrometric survey

Every 10 s, the gamma spectrum is automatically recorded and saved to a portable computer. While a spectrum is recorded, location coordinates of a spectrometry specialist are set and are also recorded to a portable computer, i.e. spectrum and coordinates records are synchronized. That said, coordinates are taken using a GPS receiver upon completion of each spectrum accumulation.

Thus, the information obtained from this survey technique describes the section between the last location of a coordinate point and the previous one rather than the ‘point’ at which coordinates are recorded (Figure 16).

Figure 16 – Schematic recording of information during a pedestrian gamma-spectrometric survey

This survey scheme does not introduce any significant errors when conducting surveys of radioactively contaminated areas comparable to or larger than distances between profiles/measurement points.

Next, spectra are processed and, based on processing results, maps of radioactive contamination of the ground with man-made gamma-emitting radionuclides are constructed. At the same time, it is possible to construct maps for each radionuclide separately.

The pedestrian gamma spectrometric survey was carried out using a gamma spectrometric system. The gamma spectrometric system was complete with the following items:

1. Spectrometer with a scintillation lanthanum bromide crystal-based ($\text{LaBr}^3(\text{Ce})$), detector with a DigiBase (ORTEC) pulse analyzer.
2. Laptop or similar personal computer to control the gamma spectrum accumulation system.
3. Software:
 - a. Maestro – an application to run the operation of a gamma spectrometer ('ORTEC').
 - b. SFisher – an application to accumulate a spectrum (IRSE NNC RK).
 - c. Spectrool – a batch application to process spectra (IRSE NNC RK).

The detector was mounted at a height of 0.5 m above the ground, the exposure time – 10 s, the in-line movement speed – not faster than 2 km/h.

Spectrometric information was processed by means of a gamma-spectrum batch software tool – Spectrool.

Calibration of measuring facilities in use

Detectors were calibrated to determine the relationship between the measured areal activity from the results of the field gamma spectrometry and the activity concentration in the topsoil determined from in vitro research findings. One radioactively contaminated area was chosen for calibration (Figure 17).



Figure 17 – Calibration in progress

Soil sampling points were plotted on the activity distribution map constructed from the results of a discrete gamma spectrometric survey (5x5 m). Sampling points were chosen given radioactivity all over the range of activities at the site of interest including background areas: <50, 50-100....500-1,000 and >1,000 counts per second (cps) in the channel of a radionuclide being calibrated. The coordinates of sampling points were recorded by a high-precision GNSS system. The spectrum accumulation time (live) - 180 seconds.

Thereafter, soil samples were collected to a depth of 5 cm at a vertical spacing of 2.5 cm. where spectra were accumulated. To reduce the heterogeneity factor of soil surface contamination, samples were collected using the 'envelope' technique with 1 m sides. Sampling points were located where the relief was undisturbed.

3.5 Mapping procedure

When generating and preparing isoline maps, two software products were used: GoldenSoftwareSurfer and ArcGis. The geoinformation system GoldenSoftwareSurfer has built-in interpolation algorithms that allowed a premium quality creation of digital surface models from non-uniformly spatially distributed data. The ArcMap desktop application of the ArcGis software product was used to generate isoline maps, differentiate contamination levels by color, display data as per its spatial orientation and design adequate imagery.

For each sector and section, a separate XYZ-file of source data was created and saved, which is a MS Excel table containing a lot of experimental data. Based upon that source data, to generate isoline maps of the EDR and ^{241}Am , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ distribution, a .GRD-extended grid file in ASCII format was created using GoldenSoftwareSurfer. The grid file was constructed using a geostatistical Kriging network technique. The application of this technique made it possible to subsequently draw isolines as a result of data interpolation for any point in the survey area and beyond it.

The dialogue box GridData allowed the management of the grid file parameters (Figure 18):

- columns containing X and Y coordinates as well as Z values from the source data file were chosen in the DataColumns group;
- a Kriging interpolation technique was stated in the GriddingMethod group;
- grid limits of the grid file generated were entered for X and Y that set a definition region for isoline maps in the GridLineGeometry parameter group;
- a grid density (Spacing) at a spacing of 0.5 m to increase the smoothness of isoline maps was entered in the same GridLineGeometry parameter group;
- the OutputGridFile group stated a path and a name of the grid file that was generated after the command execution.

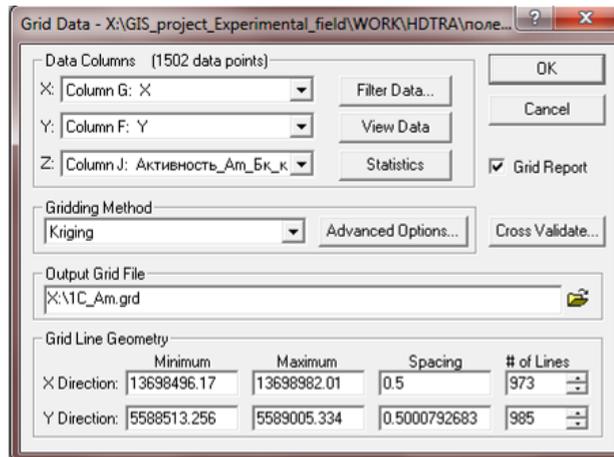


Figure 18 – Window GridData when selecting a XYZ-data file to generate a grid file

The next step to construct isoline maps after grid file generation is to convert the SurferASCIIgrid (.GRD) to the ASCII (.ASC) format containing raster data. The conversion was accomplished in the DOS command line using a special library. Next, in the ArcMap desktop application of the ArcGis software product, an ASCII (.ASC) file was converted to a raster dataset with geoprocessing tools used in the ArcToolbox application. This allowed further classification of the raster dataset given the required number of contamination levels (Figure 19).

Once the raster dataset was classified, it was exported to the .TIFF raster graphic image format, which was subsequently saved as a shapefile (.SHP) or polygon object using geoprocessing tools in the ArcToolbox application and visualized according to a preset shape. For the convenient utilization of maps, contamination levels were differentiated by color (Figure 20).

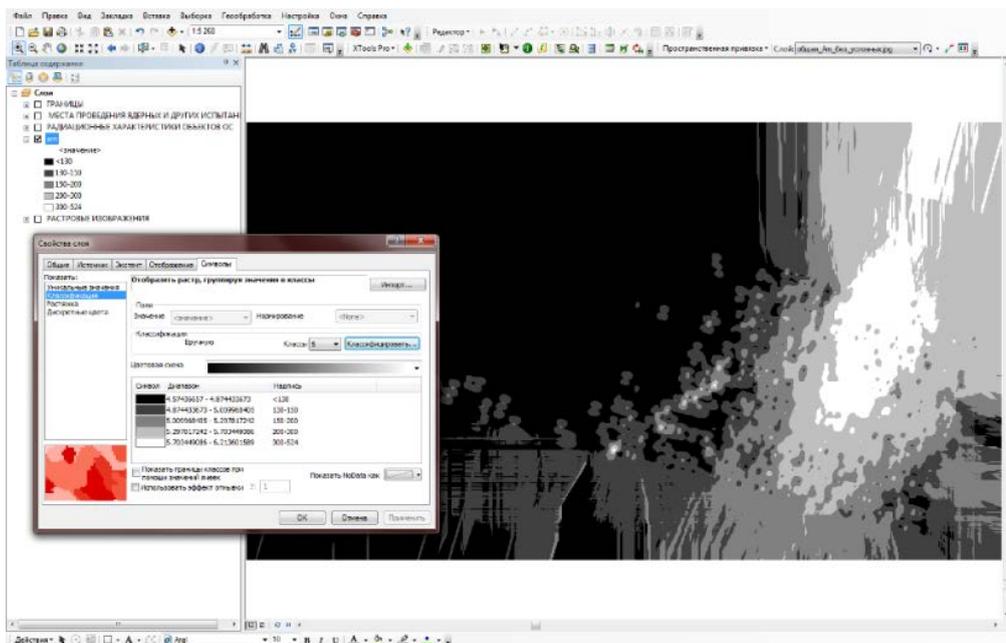


Figure 19 – Classification of the raster dataset by contamination levels

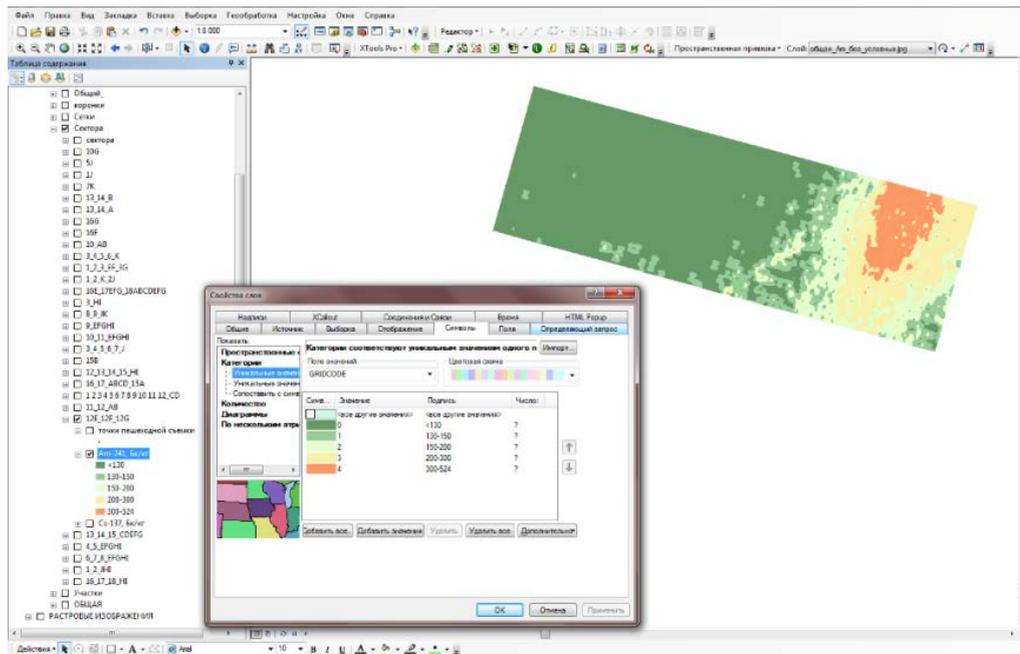


Figure 20 - Color differentiation of contamination levels

All of the data was displayed according to its spatial orientation. The imagery was adequately designed.

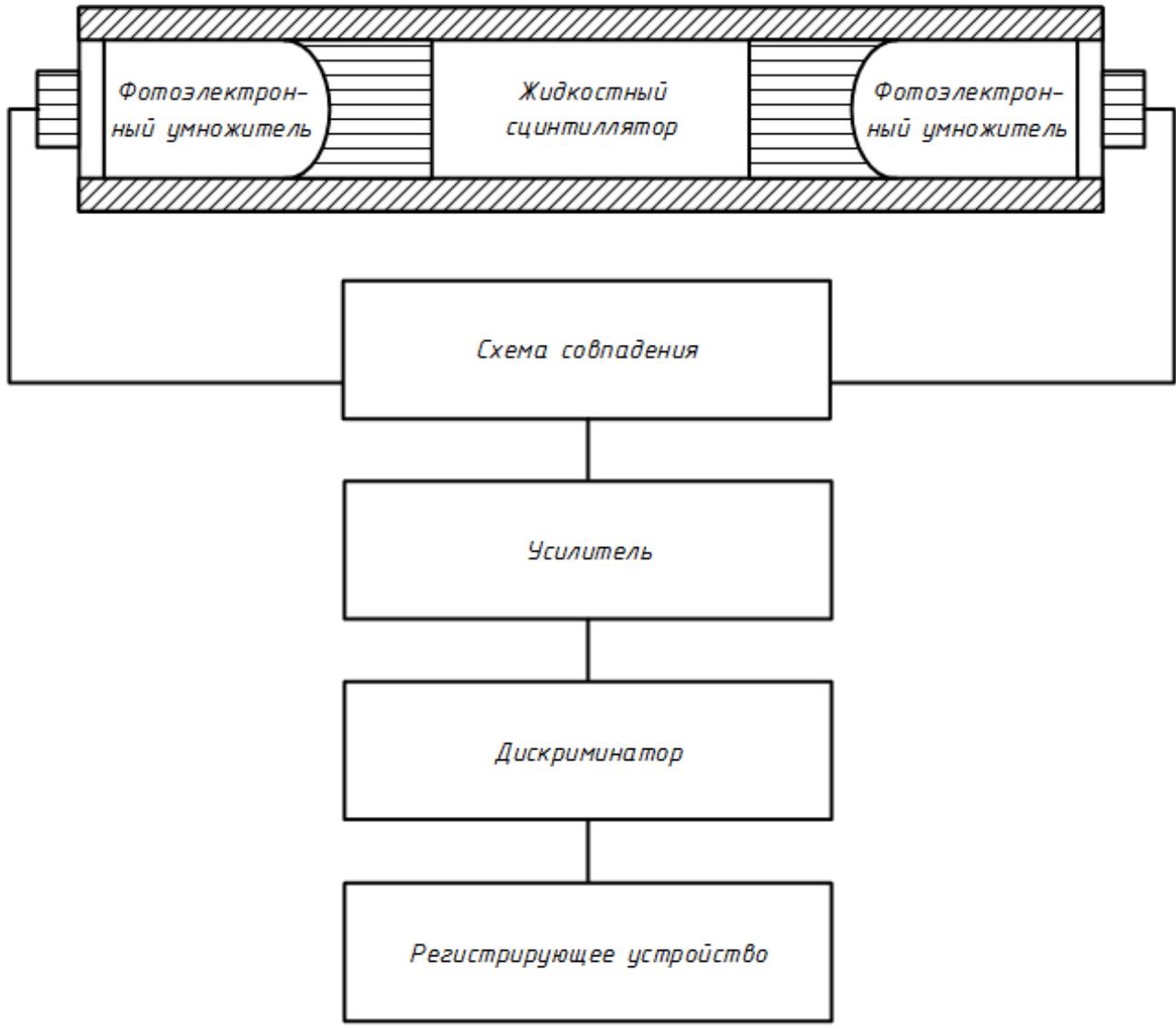
Приложение Б

(справочное)

ФЮРА.14.04.02.004

Перв. применение

Справ. №



Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

| Изм. | Кол. | № докум. | Подп. | Дата |
|------------|------|----------------|-------|------------|
| Разработал | | Мустафина Е.В. | | 15.05.2023 |
| Проверил | | Яковлева В.С. | | 15.05.2023 |
| Т.контр. | | | | |
| Н.контр. | | | | |
| Утвердил | | Семёнов А.О. | | |

ФЮРА.14.04.02.004

Схема жидкостного сцинтилляционного спектрометра

| Лит. | Масса | Масштаб |
|------|-------|---------|
| У | | 1:1 |
| Лист | | Листов |

НИ ТПУ ИЯТШ
Группа ОАМ13