

Школа – Инженерная школа ядерных технологий
 Направление подготовки – 14.03.02 Ядерные физика и технологии
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерного топливного цикла

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Изучение динамики пространственного распределения тяжелых металлов в атмосферном воздухе, в зоне влияния ТЭЦ

УДК 551.510.42:546.3:504.064:621.311.22:697.34

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5А	Охапкин А.А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Рыжакова Н.К.	к.ф.-м.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЯТЦ	Рогова Н.С.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Бычков П.Н.	к.т.н.		

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКОВ)

Код результата	Результат обучения (компетенции)
Общекультурные компетенции	
Р1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
Р2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
Р3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
Р4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
Р5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
Р6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Профессиональные компетенции	
Р7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
Р8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим

Код результата	Результат обучения (компетенции)
	нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
P9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектно-конструкторских работ; проводить предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.
P10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.
P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов;
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных

Код результата	Результат обучения (компетенции)
	импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.

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 – 14.03.02 Ядерные физика и технологии
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерного топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:
 Бычков П.Н.

«__» июня 2019 года

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0А5А	Охапкину А.А.

Тема работы:

Изучение динамики пространственного распределения тяжелых металлов в атмосферном воздухе в зоне влияния ТЭЦ

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№1862/с от «12» марта 2019
---	----------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

γ - спектры для 36-ти проб мха *Pyralisia polyantha* и стандартов МАГАТЭ «лист березы» и «табак-5», база данных Гисметео о направлениях и скорости ветра за 2007-2010 гг и за август – октябрь 2017 г.

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ul style="list-style-type: none"> – Изучить метод мхов-биоиндикаторов на основе эпифитного мха-трансплантанта Пилезия многоцветковая. – Изучить физические основы и методику нейтронно-активационного анализа на тепловых нейтронах. – Построить розу ветров на территории экспонирования мхов в пакете «MS Excel». – Рассчитать концентрации тяжелых металлов в образцах мха, экспонированных в зоне влияния ТЭЦ. – Построить пространственное распределение тяжелых металлов в воздухе в зоне влияния ТЭЦ с помощью регрессионного анализа в пакете «Математика». – Провести анализ полученных результатов.
Перечень графического материала	Графическая часть работы должна отражать основные результаты и этапы исследования: <ul style="list-style-type: none"> – графики результатов исследования
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Подопригора И.В.
Социальная ответственность	Гоголева Т.С.

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Рыжакова Н.К.	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5А	Охапкин А.А.		

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 – 14.03.02 Ядерные физика и технологии
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерного топливного цикла
 Период выполнения (весенний семестр 2018/2019 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	«01» июня 2019
--	----------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
«01» марта 2019	Составление и утверждение технического задания	7
«05» марта 2019	Подбор и изучение материалов по теме	10
«16» марта 2019	Выбор направления исследования	5
«08» апреля 2019	Проведение эксперимента	45
«07» мая 2019	Анализ и описание результатов	30
«20» мая 2019	Подготовка к защите ВКР	7

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Рыжакова Н.К.	к.ф.-м.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОЯТЦ	Рогова Н.С.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ	Бычков П.Н.	к.т.н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту

Группа	ФИО
0A5A	Охапкину А.А.

Институт	Инженерная школа ядерных технологий	Кафедра	-
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Физика атомного ядра и частиц

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Оценочная карта конкурентных технических решений
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Иерархическая структура работ
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	SWOT-анализ

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

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

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0A5A	Охапкин А.А.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту

Группа	ФИО
0А5А	Охапкину А.А.

Институт	Инженерная школа ядерных технологий	Кафедра	-
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Физика атомного ядра и частиц

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<i>1. Описание рабочего места (рабочей зоны) на предмет возникновения:</i>	1. Вредных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, излучение). 2. Опасных проявлений факторов производственной среды (электрической, пожарной и взрывной природы).
<i>2. Перечень законодательных и нормативных документов по теме</i>	1. Требования охраны труда при работе на ПЭВМ; 2. Электробезопасность; 3. Пожаровзрывобезопасность.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	1. Действие фактора на организм человека. 2. Приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ). 3. Предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).
<i>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i>	1. Электробезопасность (источники, средства защиты). 2. Пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	«08» апреля 2019 года
---	-----------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ	Гоголева Т.С.	к. ф.-м. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А5А	Охапкин А.А.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 79 страниц, 12 рисунков, 13 таблиц, 28 источника и 2 приложения.

Ключевые слова: биомониторинг, загрязнение атмосферы, нейтронно-активационный анализ, тяжелые металлы, зависимость уровня загрязнения от расстояния.

Объектом исследования являются концентрации химических элементов, определенные методом нейтронно-активационного анализа, в образцах мха-трансплантанта *Pyralisia polyantha*.

Цель работы - изучение динамики пространственного распределения тяжелых металлов в атмосферном воздухе в зоне влияния ТЭЦ.

Изучена методика пробоподготовки мхов-трансплантатов *Pyralisia polyantha* для определения содержания химических элементов в воздухе с помощью нейтронно-активационного анализа, проведенного на исследовательском реакторе ИРТ-Т ТПУ. Проведен расчет концентраций 29 химических элементов в 72-х пробах мха по результатам гамма-спектрометрии. С помощью регрессионного анализа построены зависимости содержания химических элементов в образцах мха-трансплантата от расстояния в зоне влияния угольной ТЭЦ-5, г. Новосибирск.

Показано, что расстояния, на которых наблюдаются максимальные уровни загрязнения, зависят от розы ветров и скорости ветра в направлении пробоотбора. Количество элементов, для которых уровень загрязнения значительно превышал фон, существенно зависит от времени экспозиции и режимов работы ТЭЦ.

Описанная методика и результаты проведенного исследования могут быть использованы при изучении загрязненности воздуха в зонах влияния крупных источников загрязнения.

Бакалаврская работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013 с применением пакетов Microsoft Excel 2013, «Математика».

Оглавление

Введение.....	13
1 Методы исследования.....	16
1.1 Метод мхов-биомониторов.....	16
1.2 Нейтронно-активационный анализ на тепловых нейтронах.....	19
1.3 Регрессионный анализ.....	22
2 Эксперимент	23
2.1 Планирование эксперимента	23
2.2 Построение розы ветров в пакете «MS Excel»	24
3 Результаты и обсуждение.....	27
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	32
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	32
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений	33
4.1.2 SWOT-анализ	35
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	37
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	37
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	38
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	41
4.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	43
4.2.4.1 Расчет материальных затрат.....	44
4.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	45
4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	46
4.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды	47
4.2.4.5 Накладные расходы.....	48
4.2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	48

4.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	49
5	Социальная ответственность	52
5.2	Анализ опасных и вредных производственных факторов	52
5.3	Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПК.	54
5.3.1	Организационные мероприятия	54
5.3.2	Организация рабочего места оператора ПК	54
5.3.3	Условия безопасной работы	57
5.4	Электробезопасность	59
5.5	Пожарная и взрывная безопасность	61
	Заключение	63
	Список литературы	64
	Приложение А	67
	Приложение Б	77

Введение

Последние несколько десятилетий все более значимой становится угроза загрязнения атмосферного воздуха, вызванная стремительно развивающейся активностью человека во всех областях промышленности. Для обеспечения непрерывного прогресса, возникает постоянный рост энергетической потребности, существующих мощностей становится недостаточно. Для решения этой проблемы увеличивается число и мощность различных электростанций, в том числе угольных. В связи с этим необходимо более тщательно относиться к качественному и количественному содержанию в воздухе загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу в результате деятельности электростанций. Мониторинг загрязнения воздуха крайне необходим, так как любые серьезные отклонения от нормы представляют серьезную угрозу как для окружающей среды в целом, так и для здоровья человека. Потребление воздуха человеком - регулярный процесс, без воздуха человек может находиться всего несколько минут. При каждом вдохе в наш организм попадает множество веществ, в том числе и тяжелые металлы, которые даже в малых количествах, крайне негативно воздействуют на организм.

К тяжелым металлам относятся множество химических элементов (более 40), обладающих свойствами металлов, с порядковым номером более 50. К таким металлам относятся, например, свинец, ртуть, цинк, кадмий и другие. Негативное воздействие тяжелых металлов было замечено очень давно. Так, например, во времена Римской империи большинство дворян использовали посуду из свинца, в водопроводах использовались трубы также из свинца. Это продолжалось несколько столетий, пока врачи не выявили связь между загрязнением воды свинцом и заболеваниями мозга и органов желудочно-кишечного тракта. Еще одним примером является использование в XVII веке ртути для лечения различных инфекционных и хронических болезней. Прошло достаточно много времени, прежде чем была доказана связь между летальными исходами и лечением ртутью. Так, все органы людей умерших от отравления

данным металлом, имели деформации и сероватый оттенок. Тяжелые металлы являются биологически активными и токсичными. Основной проблемой является то, что они могут накапливаться в организме человека. [1] Помимо непосредственного воздействия на конкретные органы, существует косвенное – ионы тяжелых металлов оседают в каналах печени и почек, это способствует снижению фильтрующей способности органов. В результате этих изменений происходит накопление токсинов, что приводит к ухудшению общего состояния человека.

В настоящее время существует множество методов определения содержания в воздухе тяжелых металлов, основанных на анализе химического состава исследуемой пробы. В качестве пробы может выступать специальный воздушный фильтр, искусственные или естественные планшеты, дождевые или снеговые осадки. В последнее время активно развивается мониторинг за состоянием окружающей среды с помощью естественных биоиндикаторов, таких как мхи или лишайники. Для анализа содержания элементов в пробе используют спектрометрию, нейтронно-активационный анализ и другие методы. Использование традиционных методов имеет ряд ограничений. При использовании воздушных фильтров время экспозиции обычно не превышает нескольких суток, поэтому таким способом могут быть измерены концентрации тяжелых металлов только вблизи мощных источников. Для осуществления сбора дождевых осадков необходимо установить большое количество специализированных емкостей для сбора воды, что не позволяет нам обследовать большие территории, и требует больших финансовых затрат. Методы с использованием осадков сложны в плане пробоподготовки при которой осуществляется выпаривание до сухого остатка. Данный метод не обладает достаточной точностью, так как при выпаривании происходит возгонка некоторых химических элементов. Подготовка проб снежного покрова проводится аналогично подготовке проб дождевых осадков. Вначале берется вертикальная проба снежного покрова, затем при таянии снега образуется водная составляющая и твердый осадок. Дальнейший анализ представляет собой

раздельное исследование этих двух составляющих. С помощью снегового покрова можно контролировать состояние воздуха только в зимнее время.

Наибольший интерес представляет определение не локального, как по времени, так и по месту загрязнения, а возможность отследить изменения в химическом составе воздуха в любом месте, за продолжительный промежуток времени. Такую возможность могут обеспечить методы, основанные на биоиндикации. Данный метод основан на исследовании естественных индикаторов загрязнения, среди которых особое место занимают мхи. Мхи получают питательные вещества из воздуха, осадков, поэтому отлично подходят для исследования загрязнения атмосферы за продолжительные промежутки времени и на обширных территориях.

Цель данной работы: изучение динамики пространственного распределения тяжелых металлов в атмосферном воздухе в зоне влияния ТЭЦ с помощью мхов-биотрансплантантов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач:

1. Изучить метод мхов-биоиндикаторов на основе эпифитного мха-трансплантанта *Пилезия многоцветковая*
2. Изучить физические основы и методику нейтронно-активационного анализа на тепловых нейтронах.
3. Построить розу ветров на территории экспонирования мхов в пакете «MS Excel».
4. Рассчитать концентрации тяжелых металлов в образцах мха, экспонированных в зоне влияния ТЭЦ.
5. Построить пространственное распределение тяжелых металлов в воздухе в зоне влияния ТЭЦ с помощью регрессионного анализа в пакете «Математика».
6. Провести анализ полученных результатов.

1 Методы исследования

1.1 Метод мхов-биомониторов

Биоиндикация - выявление и определение экологической значимости природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов. Биоиндикаторы - это организмы, присутствие, количество и характеристики развития которых служат индикаторами природных процессов, условий или антропогенных изменений в среде обитания. Логично предположить, что какой-то фактор, если он выходит за пределы «зоны комфорта» для данного организма, будет стрессовым. В этом случае организм проявляет реакцию различной интенсивности и продолжительности, по данной реакции можно распознать степень воздействия того или иного фактора.

Рассмотрим список преимуществ, которыми обладают живые биоиндикаторы:

- устранение необходимости постоянной регистрации с помощью приборов химических и физических параметров, показывающих состояние окружающей среды;
- отражение состояния окружающей среды в целом, обобщение влияния биологически важных воздействий;
- фиксирование скорости изменений;
- указание путей и мест скоплений в экологических системах различных видов загрязнений вместе с возможным попаданием этих ядов в пищу человека.

Существует ряд требований, предъявляемый к живым биоиндикаторам. Идеальный биологический индикатор должен соответствовать по ряду требований:

- иметь большое количество образцов в исследуемом объекте;
- иметь короткий период онтогенеза для возможности проследить влияние фактора на последующие поколения;
- находиться в условиях, удобных для отбора проб

– находиться в этом месте в течение ряда лет, для возможности отслеживания динамики загрязнения;

Биоиндикаторы встречаются как среди растений, так и среди животных, небольшую часть которых рассмотрим в качестве примеров.

На загрязненных территориях размеры и пропорции тела животных изменяются, например, у ряда тлей; падение плодовитости у тлей, цыганок; изменения цвета бабочек; уродство у рыб (искривление позвоночника, пигментация, уменьшение плавников, зрачка); изменение толщины скорлупы у птичьих яиц; смена периода жизни - гусеницы, личинки мухи; изменение поведения у крабов (нарушение полового поведения, при котором самцы не реагируют на самок).

Применение биоиндикации в эпидемиологии и санитарии позволяет оценить угрозу инфекционных заболеваний. В экологии применяется для оценки качества среды обитания и ее индивидуальных характеристик. Это также применимо к геологическим исследованиям для оценки почвы. В то же время необходимо отметить нехватку учебной литературы по этим важным вопросам и, несомненно, большую потребность в ней.

Очень информативными биоиндикаторами воздушной среды и ее изменений являются низшие растения: мхи и лишайники, которые накапливают много загрязняющих веществ (сера, фтор, радиоактивные вещества, тяжелые металлы). Мхи и лишайники не требовательны к факторам окружающей среды; они обитают на голых скалах, бедных почва, стволах деревьев, сухостое, но им нужен чистый воздух для нормального функционирования

За рубежом для биоиндикации чаще используют наземные мхи. Многие исследования доказали обоснованность применения методов биоиндикации (биоиндикация с помощью мхов) для оценки загрязнения различных экосистем радионуклидами и тяжелыми металлами. Достаточно хорошо изучены способности мхов к первичному захвату и накоплению различных химических элементов в зависимости от возраста, роста и экологии видов и особенностей размножения.

Несмотря на большое преимущество мхов при изучении загрязнения существуют трудности при обследовании больших урбанизированных территорий - мхи не везде растут. Поэтому последние годы стал развиваться метод активного биомониторинга, при котором мхи трансплантируют на исследуемую территорию.

За рубежом чаще всего используются наземные мхи и технику мох-мешок.[2-8] Однако при использовании такой техники мох высыхает, осыпается, что не позволяет получать достоверные оценки уровня загрязнения. В ТПУ развивается метод биомониторинга загрязнения атмосферы с использованием эпифитного мха *Pylaisia polyantha*, [8-11] обитающего на коре таких широко распространённых деревьев как осина, тополь, береза. Эпифитные мхи не соприкасаются с землей, а, следовательно, не подвержены влиянию химических элементов, находящихся в составе почвы. Ранее были изучены свойства различных видов мхов и показано, что для эпифитных мхов характерны высокие аккумуляционные способности. Вид *Pylaisia polyantha* достаточно широко распространен в природе, однако в условиях урбанизации деревья произрастают неравномерно, что осложняет изучение состояния окружающей среды методом пассивного биомониторинга. Эпифитные мхи в отличие от наземных могут сохранять свою жизнедеятельность на протяжении всего времени экспозиции. Следует отметить, что для сохранения жизнедеятельности наземных мхов требуется проведение дополнительных мероприятий. *Pylaisia polyantha* можно применять для мониторинга состояния атмосферного воздуха на урбанизированных территориях, с помощью разработанного метода трансплантации с помощью планшетов.

Для изготовления планшетов используются мхи, отобранные на территориях не подверженных влиянию техногенных факторов, вдали от урбанизированных территорий и автомобильных дорог. В качестве материалов для изготовления планшетов были использованы для подложки – нейлоновая сетка с мелкой ячейкой 2 мм, для крепления – хлопчатобумажная нить и нейлоновая сеть с крупным размером ячейки 5 мм. Мох выкладывается

равномерным слоем на нейлоновую сетку с мелкой ячейкой, предварительно производится очистка мха от сухих участков и инородных предметов. Сверху мох закрепляется сеткой с крупной ячейкой и прошивается хлопчатобумажной ниткой. [8-11]

1.2 Нейтронно-активационный анализ на тепловых нейтронах

Активационный анализ – аналитический метод, используемый для определения количественного и качественного состава химических элементов в образце, путем измерения радиоактивного излучения ядер, образованных в результате облучения образца потоком нейтронов. Ядерные реакции с образованием заряженных частиц идут на быстрых нейтронах, сечения таких реакций не велики поэтому НАА на быстрых нейтронах используются редко. При использовании быстрых нейтронов активируются практически все элементы периодической системы, по числу определяемых элементов активационный анализ на быстрых нейтронах не уступает тепловым. Однако, нейтронный анализ на быстрых нейтронах обладает более низкой чувствительностью, в связи с этим целесообразно его применять там, где анализ на тепловых нейтронах неблагоприятен (O, N, S, F и др.) и для анализа проб с высоким содержанием исследуемого элемента [12, 13].

Ведущим методом анализа является активационный анализ на тепловых нейтронах. Это связано с тем, что данный метод применим к большинству химических элементов периодической системы, помимо этого, отличается высокой чувствительностью определения.

Из 84 стабильных и долгоживущих естественных радиоактивных элементов, при использовании анализа на тепловых нейтронах с достаточно высокой чувствительностью определяется качественно и количественно 74 элемента. Вследствие ряда факторов, анализ на тепловых нейтронах мало эффективен для 10 самых легких элементов периодической таблицы (H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne). Данные элементы, кроме Li и B имеют очень низкое

сечение активации тепловыми нейтронами (чаще менее 1 мбарн), малые (В, N, O, F, Ne) или большие (H, He, Li, Be, C) периоды полураспада образованных радиоактивных изотопов. [12, 13]

Остальные элементы достаточно хорошо определяются с помощью анализа на тепловых нейтронах. Высокая чувствительность достигается уже при облучении средними потоками нейтронов [10^{11} - 10^{13} нейтрон/(см²*сек)]. Неоспоримым преимуществом данного метода является то, что при облучении большинства элементов протекает единственная ядерная реакция (n,γ), с образованием радиоактивного изотопа определяемого элемента. Отсутствие других реакций, а как следствие этого и помех, обеспечивают высокие значения сечений реакций и высокую чувствительность активационного анализа на медленных нейтронах.

Для измерения концентраций химических элементов с использованием нейтронно-активационного анализа можно использовать несколько методов: абсолютный и относительный [14-16]. Абсолютный метод подразумевает определение активности образовавшегося радиоактивного изотопа по формуле:

$$A = N_a \frac{mk \sigma F_0}{A_B} \left(1 - \exp \left(-\frac{\ln 2 t_1}{T_{1/2}} \right) \right) \exp \left(-\frac{\ln 2 t_2}{T_{1/2}} \right), \quad (1)$$

где m – количество определяемого элемента, г;

k – относительное содержание активируемого изотопа в элементе;

σ – эффективное сечение ядерной реакции, см² ;

F_0 – интенсивность потока бомбардирующих частиц, частиц/(см² ·сек);

t_1 – время облучения, сек;

t_2 – время после окончания активации, сек;

A_B – атомный вес элемента, из которого образуется радиоактивный изотоп;

$T_{1/2}$ – период полураспада образующегося изотопа, сек

Данный метод дает достоверные результаты при постоянной интенсивности потока ядерных частиц во всем объеме мишени, на протяжении всего времени облучения. В связи со сложностью обеспечения данных условий чаще используют относительный метод определения содержания химических элементов в образцах. В относительном методе при облучении образца, одновременно облучаются эталоны содержания химических элементов в которых является строго определенным, изученным на основании результатов многих независимых опытов. Затем у облученных образцов и эталонов измеряется активность при одинаковых условиях. [14-16] Содержание определенного элемента определяют по массе, из известного соотношения:

$$\frac{m_i}{m_{\text{эт}}} = \frac{A_i}{A_{\text{эт}}}, \quad (2)$$

где m_i – масса элемента в образце, мкг;

$m_{\text{эт}}$ – масса элемента в стандарте, мкг;

A_i – активность элемента, содержащегося в образце, Бк;

$A_{\text{эт}}$ – активность элемента, содержащегося в стандарте, Бк.

С помощью полупроводникового гамма – спектрометра измеряется активность для анализируемых проб и стандартов. Далее определяются концентрации элементов по формуле:

$$C_{xi} = C_{x\text{эт}} \frac{A_{xi} * m_{x\text{эт}}}{A_{x\text{эт}} * m_{xi}}, [\text{мкг/г}] \quad (3)$$

где C_{xi} – концентрация x-элемента в i-ой пробе мха;

$C_{x\text{эт}}$ – концентрация x-элемента в пробе эталона;

A_{xi} – удельная активность x-элемента в i-ой пробе мха;

$A_{x\text{эт}}$ – удельная активность x-элемента в пробе эталона;

m_{xi} – масса i-ой пробы мха;

$m_{x\text{эт}}$ – масса пробы эталона;

Активность элемента соответствующего данной аналитической γ -линии пропорциональна площади под пиком полного поглощения:

$$A_{xi} = \frac{S_{xi}}{n_j \varepsilon_j t m_i}, \quad (4)$$

где S_i – площадь под пиком полного поглощения, соответствующей энергии E_i радионуклида;

t – время измерения спектра радионуклида;

ε_i – эффективность регистрации γ -квантов с энергией E_i ;

n_i – квантовый выход i -ой линии E_i радионуклида, отн.ед.;

m – масса пробы.

В равных условиях измерения спектров радионуклидов в пробах и эталонах формулу (3) можно записать в виде:

$$C_{xi} = C_{xэт} \frac{S_{xi} * m_{xэт}}{S_{xэт} * m_{xi}}, \quad (5)$$

1.3 Регрессионный анализ

Изучение пространственного распределения химических элементов в образцах мха в зависимости от расстояния от источника осуществлено с помощью регрессионного анализа. Регрессионный анализ проведен в пакете «Математика» с помощью метода наименьших квадратов на основе зависимости вида [17, 18]:

$$q(x) = \theta_1 x^{\theta_2} \exp\left(-\frac{\theta_3}{x}\right) + q_{\phi}, \quad (6)$$

где $q(x)$ – зависимость концентрации элементов от расстояния;

q_{ϕ} – фоновые концентрации;

x – расстояние от источника загрязнения;

θ_1 , θ_2 и θ_3 – эмпирические параметры.

Данная зависимость является решением диффузионно-конвективного уравнения переноса загрязняющих примесей от точечных высотных источников. В данном исследовании высота трубы угольной ТЭЦ-5 составляет 260 метров, а загрязнение изучается на расстояниях нескольких километров.

2 Эксперимент

2.1 Планирование эксперимента

Планшеты с мхом *Pylaisia polyantha* были размещены в зоне влияния Новосибирской ТЭЦ-5 на расстоянии от 0,7 км до 4,1 км. Планшеты были закреплены на стволах деревьев на высоте 1,5-2 метра; схема размещения планшетов представлена на рисунке 1. Время экспозиции для данных образцов мха составило 3 месяца с августа по октябрь 2017 года.

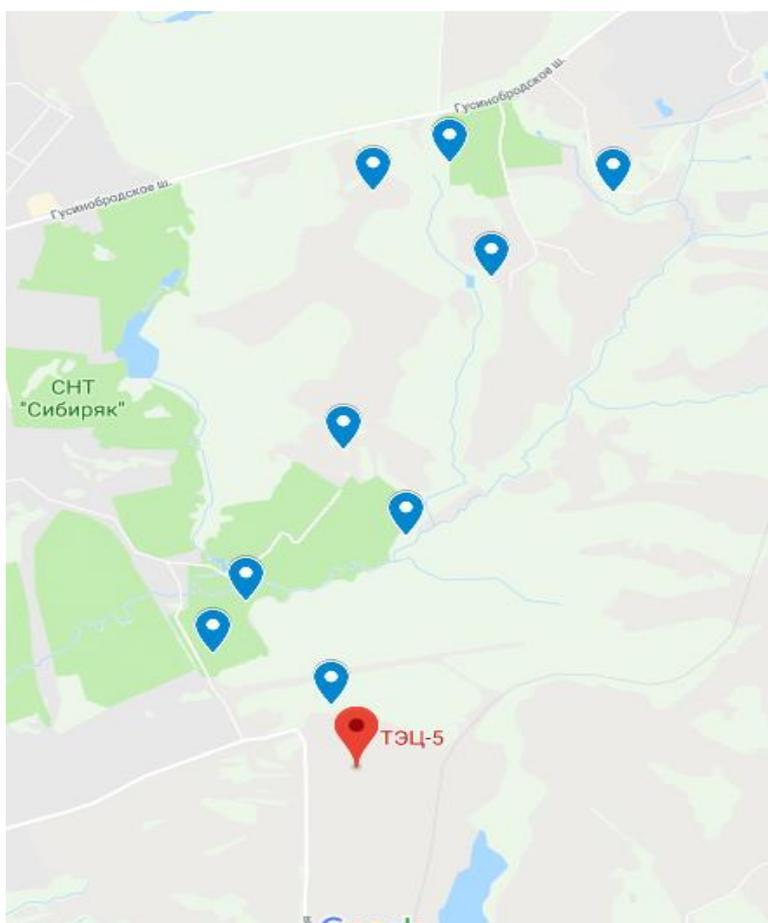


Рисунок 1 – Карта пробоотбора в зоне влияния ТЭЦ-5 г. Новосибирск

После сбора планшетов проведена подготовка проб к нейтронно-активационному анализу.

2.2 Построение розы ветров в пакете «MS Excel»

Для построения розы ветров был отобран массив данных (Гисметео), о направлении ветра в каждый из дней, во время экспонирования проб в районе ТЭЦ-5 г. Новосибирск. Далее данные заносятся в таблицу и подсчитывается количество дней с каждым из восьми основных направлений ветра (С, Ю, З, В, С-З, С-В, Ю-З, Ю-В). Полученное значение откладывается на соответствующих осях лепестковой диаграммы в программе «MS Excel».

Для изучения динамики пространственного распределения тяжелых металлов в атмосферном воздухе были построены розы ветров и диаграммы, отражающие скорость и вероятность направления ветра. Было рассмотрено два временных отрезка: первый с августа 2017 по октябрь 2017 года, время экспонирования планшетов с мхами. Второй временной отрезок - с июля 2007 – по июль 2010 года – соответствует периоду экспозиции в ранее проведенных исследованиях с помощью пассивного биомониторинга [10, 19]. Полученные результаты представлены на рисунках 2-5.

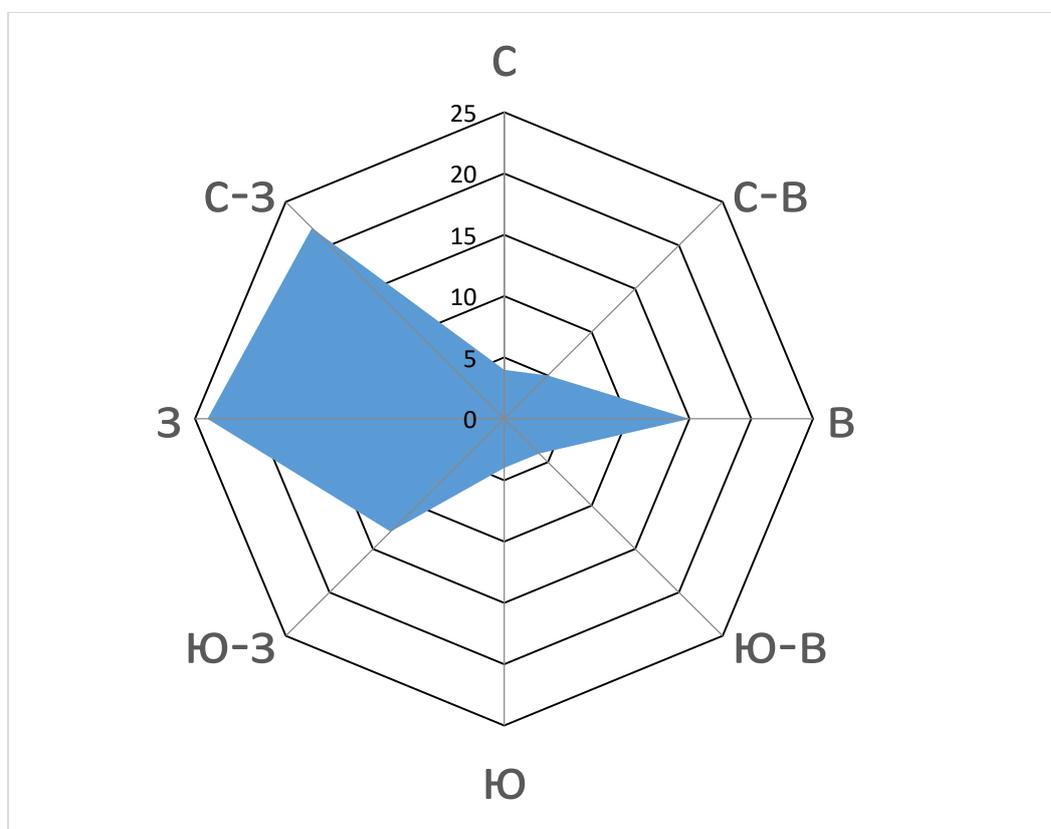


Рисунок 2 – Роза ветров в районе расположения ТЭЦ-5 г. Новосибирск за время экспонирования

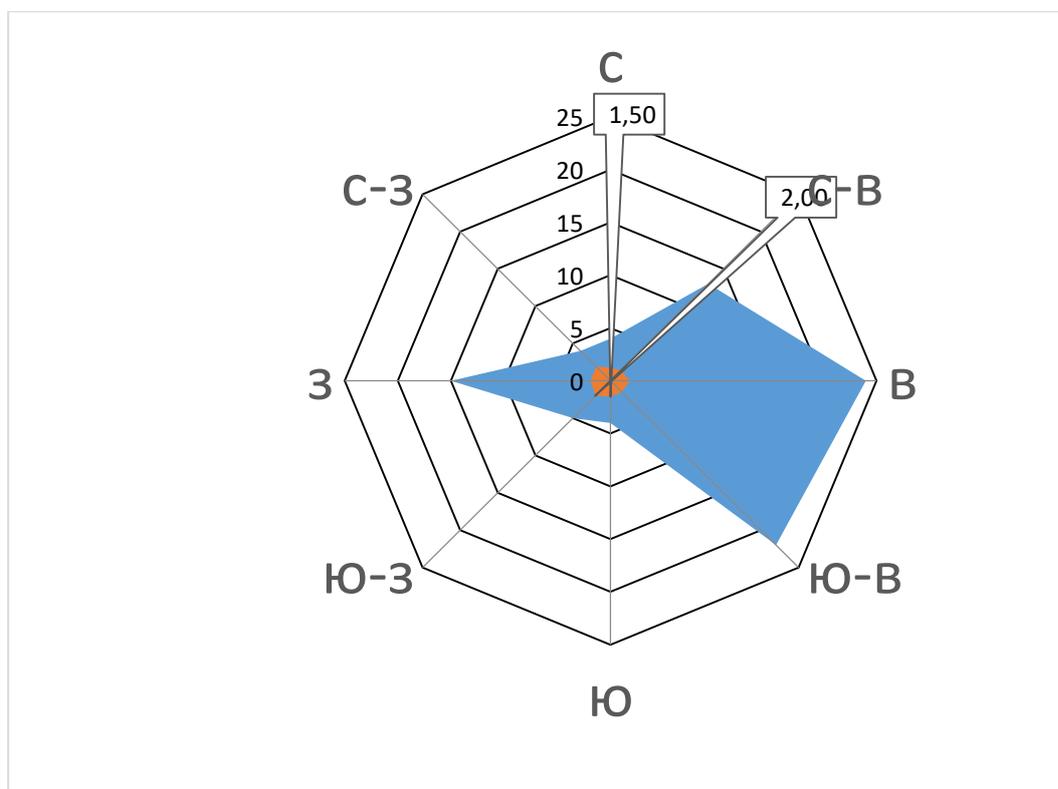


Рисунок 3 – Средняя скорость ветра и вероятность направления ветра относительно источника загрязнения за август 2017 - октябрь 2017 года.

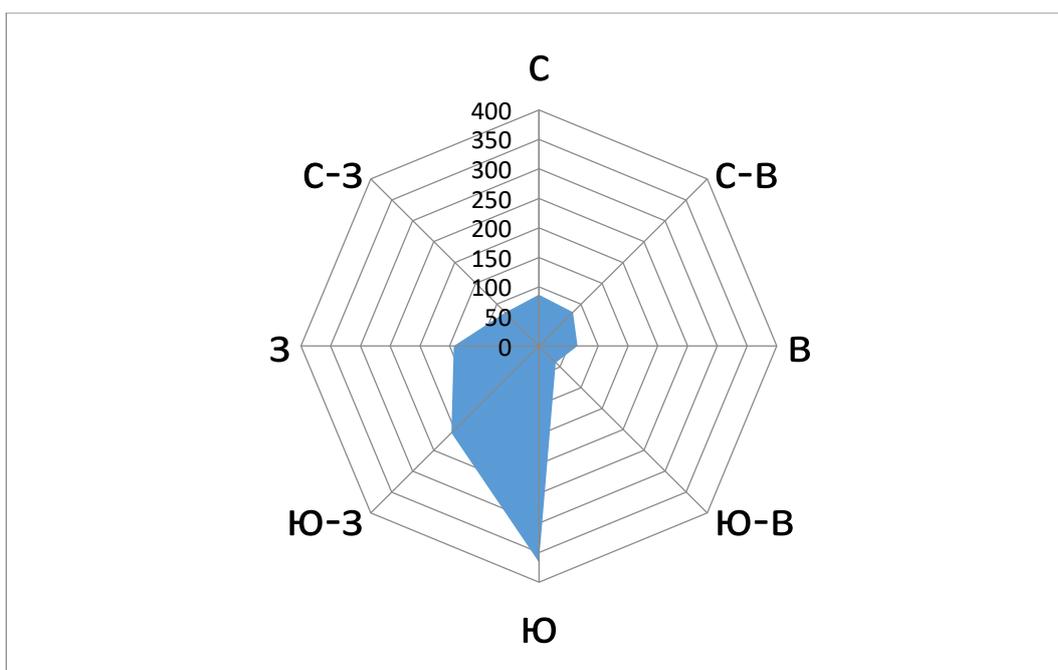


Рисунок 4 – Роза ветров в районе расположения ТЭЦ-5 г. Новосибирск за июль 2007 – июль 2010 года.

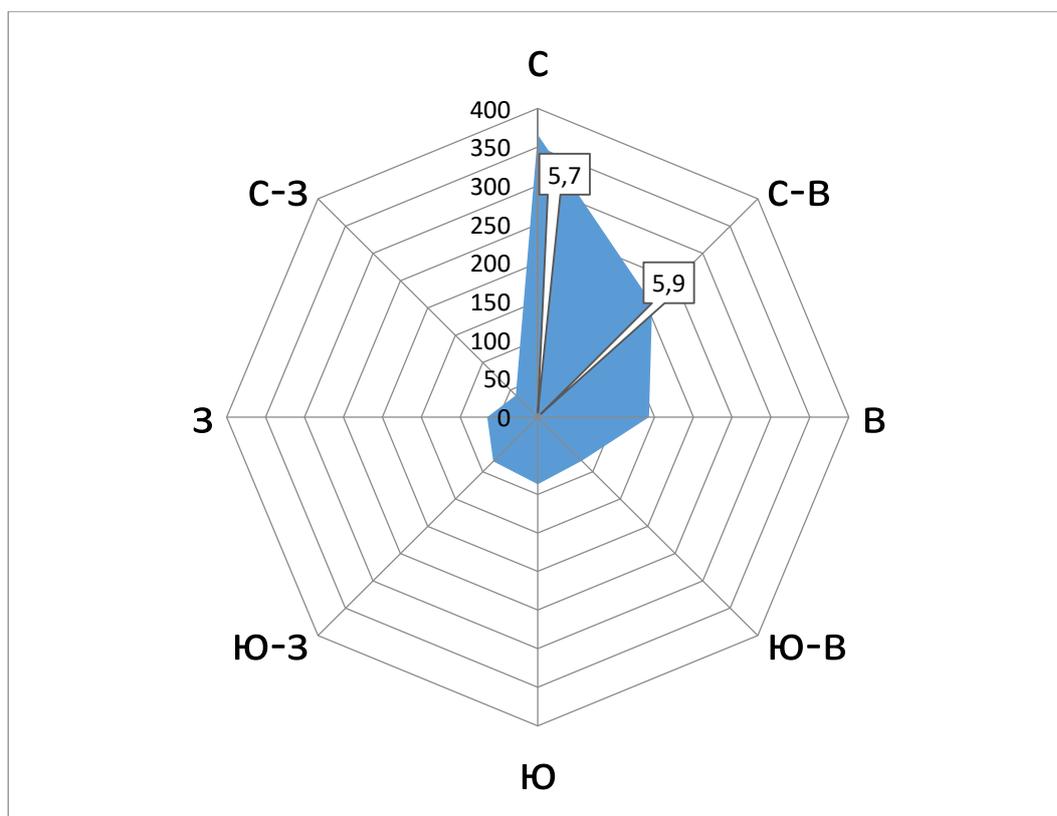


Рисунок 5 – Средняя скорость ветра и вероятность направления ветра относительно источника загрязнения за июль 2007 – июль 2010 года.

3 Результаты и обсуждение

В ходе проведения работы были рассчитаны концентрации для 29-ти элементов. В зоне исследования находилось 9 точек, на каждой из которых было по 2 планшета с мхом. После сбора каждая проба была разделена на 2-е, для составления выборки параллельных проб.

Концентрации Lu, Tb, Au, Ba, Cs, Rb, Ta, Co, K в пределах погрешности не превышали фоновых значений. Концентрации большинства остальных элементов на расстоянии 0,7 км превышают фоновые значения, что объясняется загрязнением данной территории источниками, связанными с сопутствующими деятельности ТЭЦ технологическими процессами (перевозка, складирование угля, золоотвал и т.д.) Концентрации Co, Cr, Sb, Sc, Cs, Eu, Hf, Th, Ce, Fe, Na в точках, наиболее удаленных от основного источника загрязнения, также выбивались из общей выборки данных. Этот результат объясняется расположенной вблизи этих точек автомагистрали с интенсивным движением. Поэтому концентрации, полученные на расстояниях 0,7 км, 4 км и 4,1 км не учитывались при проведении регрессионного анализа результатов измерения.

Количество элементов, для которых уровень загрязнения составил более 5 фоновых значений, по сравнению с исследованием, проведенным в 2007-2010 годы, уменьшилось на 80%. Отношение максимальных значений концентраций к фоновым также заметно уменьшилось по сравнению с результатами, полученными в 2007-2010 годах. Например, в образцах мха 2017 года отношение максимальной концентрации в образце к фоновой у Cr составило $q/q_{\text{ф}} \sim 2$, для Th - $q/q_{\text{ф}} \sim 3$, для Eu - $q/q_{\text{ф}} \sim 5$; а в образцах мха с периодом экспозиции 3 года эти отношения составили 10, 8 и 200 соответственно. Снижение уровня загрязнения в 2017 году могут быть связаны с несколькими факторами. Возможно, произошло улучшение системы отчистки выбросов на ТЭЦ-5 или другое усовершенствование производственного цикла, положительно повлиявших на экологическую обстановку. Наиболее вероятно, что снижение кратности превышения концентраций тяжелых металлов над фоновыми значениями

связано с режимами сезонной работы ТЭЦ и уменьшением на 90% периода экспозиции образцов. Напомним, что исследование в 2017 году проводилось летне-осенний период, когда ТЭЦ работает с минимальной нагрузкой, в то время как проведенное ранее исследование учитывает загрязнение в течение трех лет, в том числе в зимние периоды, когда работа ТЭЦ характеризуется высокой мощностью.

Следует отметить смещение положения максимума содержания элементов. В исследовании с мхами 2007-2010 годов максимум загрязнения располагался на расстоянии 2,1-2,5 км от источника загрязнения, в исследовании с образцами 2017 года максимум находится на расстоянии 1,8-2,3 км. Уменьшение расстояний, на которых наблюдаются максимальные уровни загрязнения в 2017 году по сравнению с 2007-2010 годами, объясняется вероятностью соответствующего пробоотбору направления ветра и его скоростью в период экспозиции. Так, в 2007-2010 годах вероятность северного – северо-восточного ветра была 54% (именно в этом направлении располагаются точки отбора проб), а средняя скорость ветра составляла примерно 5 м/с. В августе – октябре 2017 года вероятность в соответствующем пробоотбору направлению ветра составила 18% при средней скорости 2 м/с.

Зависимости концентраций от расстояния для исследуемых элементов представлены в приложении А.

Для оценки динамики пространственного распределения тяжелых металлов в зоне влияния ТЭЦ-5 были использованы данные исследования, проведенного ранее [10, 19]. с использованием пассивного метода биоиндикации; время экспонирования образцов мха составляло 3 года.

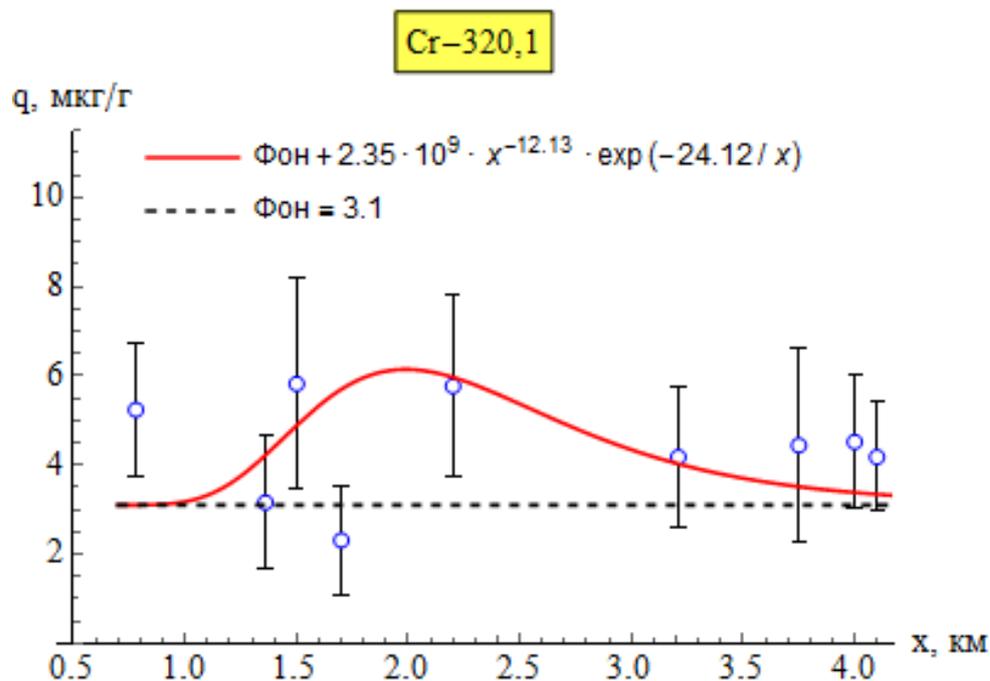


Рисунок 6 – Пространственное распределение железа во мхах в зависимости от расстояния от ТЭЦ (время экспонирования август 2017-октябрь 2017)

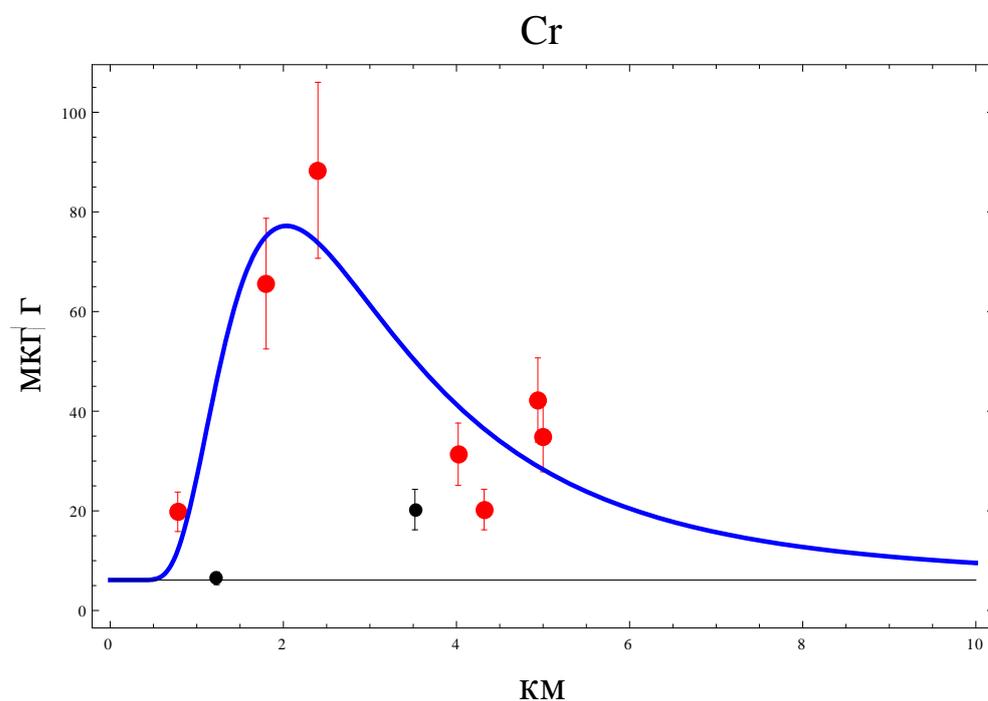


Рисунок 7 – Пространственное распределение железа во мхах в зависимости от расстояния от ТЭЦ (время экспонирования 2007-2010)

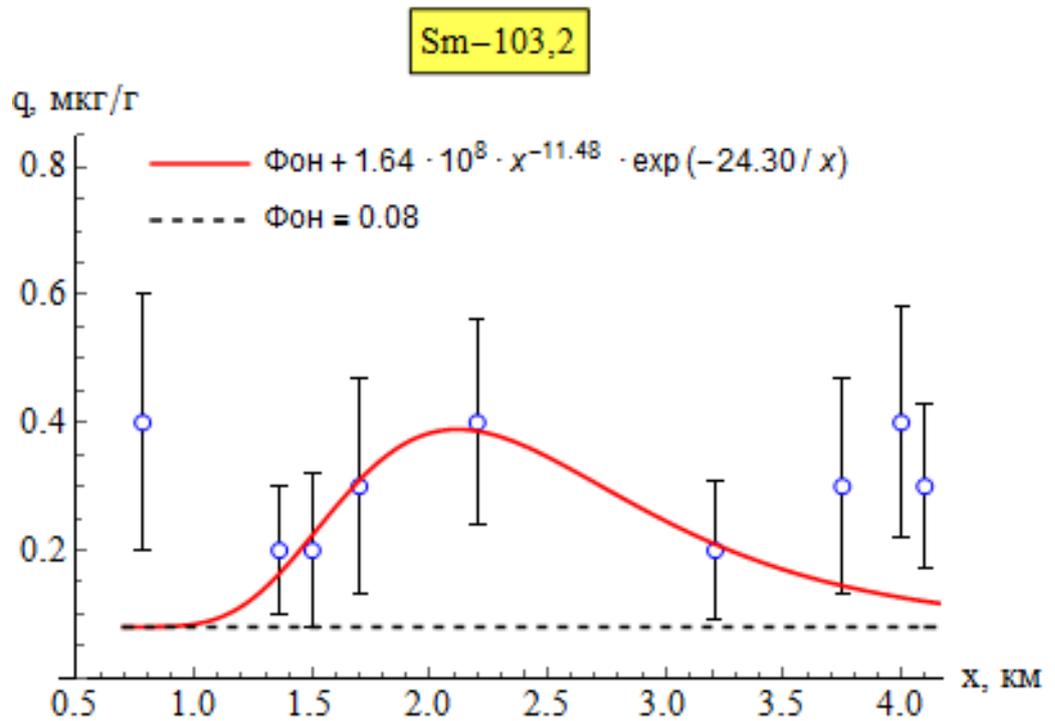


Рисунок 8 – Пространственное распределение самария во мхах в зависимости от расстояния от ТЭЦ (время экспонирования август 2017-октябрь 2017)

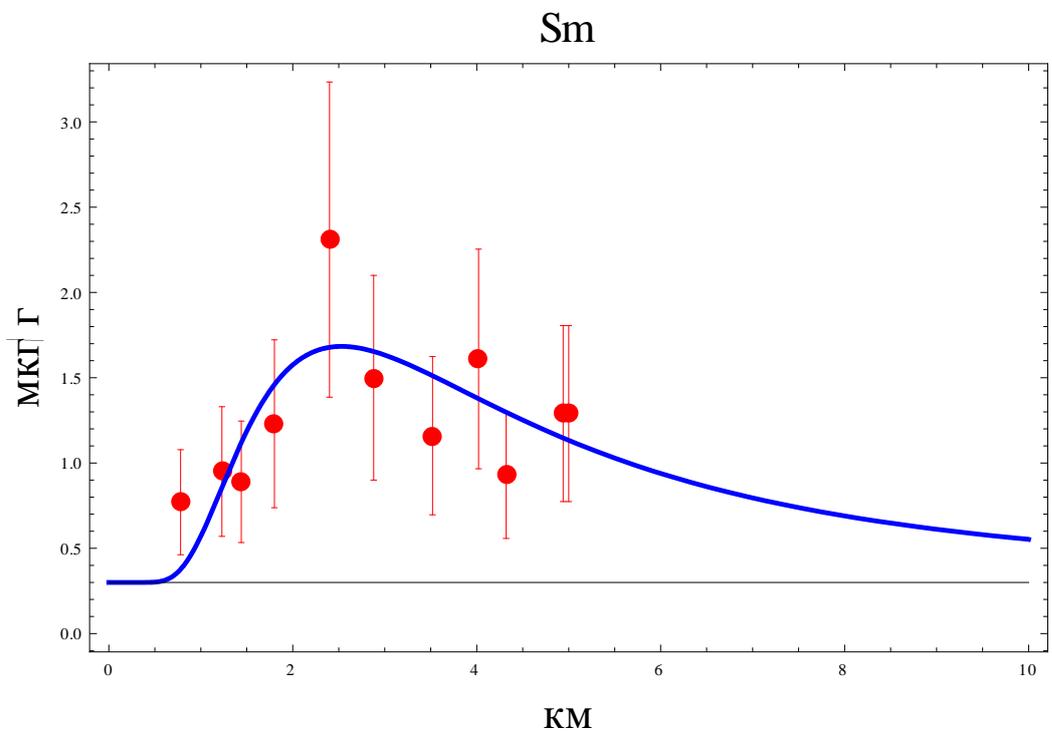


Рисунок 9 – Пространственное распределение самария во мхах в зависимости от расстояния от ТЭЦ (время экспонирования 2007-2010)

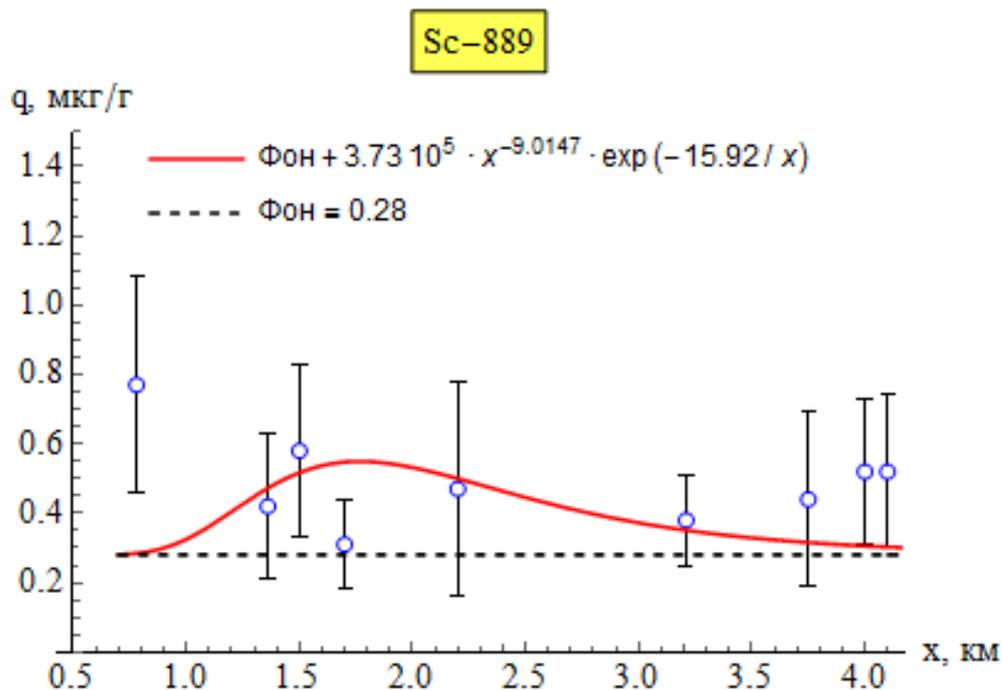


Рисунок 10 – Пространственное распределение скандия во мхах в зависимости от расстояния от ТЭЦ (время экспонирования август 2017-октябрь 2017)

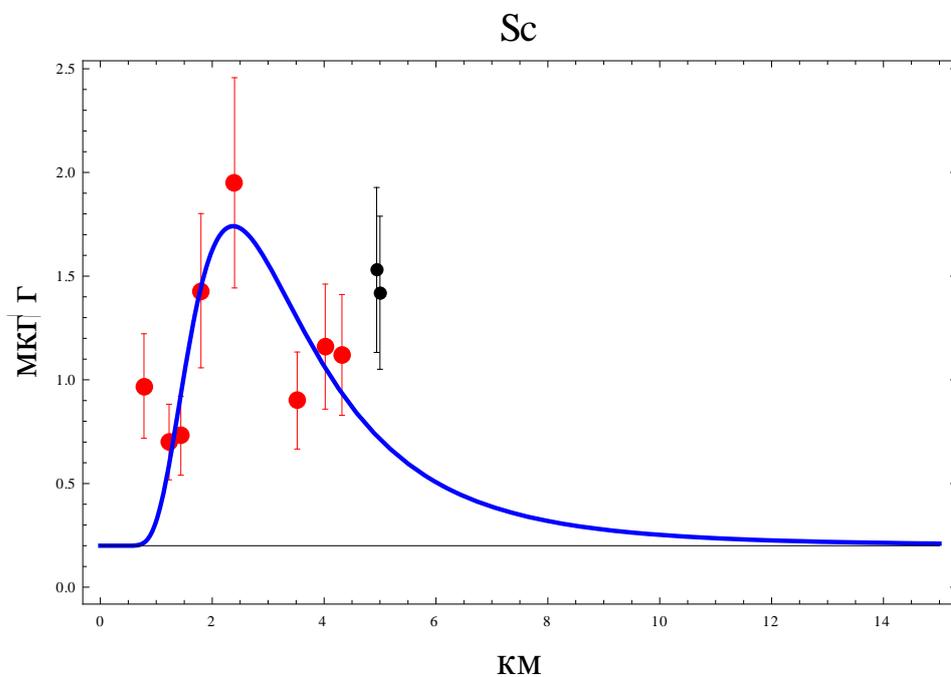


Рисунок 11 – Пространственное распределение скандия во мхах в зависимости от расстояния от ТЭЦ (время экспонирования 2007-2010)

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;

– определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования [25].

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

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

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

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

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты. Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_j, \quad (7)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_j – балл i -го показателя.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок) представлена в таблице 1. Для сравнения выбраны инструментальный метод мониторинга загрязнения воздуха (K_1) и метод отбора проб снега (K_2).

Таблица 1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{K1}	B_{K2}	K_{ϕ}	K_{K1}	K_{K2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,027	2	3	1	0,054	0,081	0,027
2. Удобство в эксплуатации	0,107	3	4	1	0,321	0,428	0,107
3. Помехоустойчивость	0,12	3	3	3	0,36	0,36	0,36
4. Энергоэкономичность	0,04	4	3	4	0,16	0,12	0,16
5. Надежность	0,12	4	5	4	0,48	0,6	0,48
7. Безопасность	0,053	4	4	3	0,212	0,212	0,159
8. Потребность в ресурсах памяти	0,027	5	4	5	0,135	0,108	0,135
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,08	4	2	3	0,32	0,16	0,24
10. Простота эксплуатации	0,093	5	3	5	0,465	0,279	0,465
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Готовность потребителей использовать разработку	0,067	3	4	2	0,201	0,268	0,134
2. Затраты	0,12	5	2	4	0,6	0,24	0,48
3. Возможность привлечения средств для разработки	0,067	3	4	3	0,201	0,268	0,201
4. Наличие стандартизированной методики	0,08	4	5	4	0,32	0,4	0,32
Итого	1	49	46	42	3,829	3,524	3,268

Уязвимость позиций конкурентов обусловлена для конкурентной технологии К1 использованием громоздкого и дорогого оборудования, невозможностью проводить мониторинг в течение длительного времени и одновременно охватывать большие территории, как следствие, невозможность определения пространственного распределения концентраций загрязняющих веществ и их распространения; для конкурентной технологии К2 – неудобством процедуры отбора проб для проведения мониторинга и её длительностью.

Конкурентное преимущество представляемой разработки заключается в высокой функциональности (определение пространственного распределения концентраций химических элементов в воздухе и их распространение, изучение физических параметров приземного слоя атмосферы), низкой стоимости, удобстве и простоте эксплуатации.

Развитие данной технологии должно происходить по следующим направлениям: повышение помехоустойчивости и надежности, стандартизация метода и разработка спецификации.

4.1.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT-анализ заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде (таблица 2).

Таблица 2 – Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта	Слабые стороны проекта
	<p>С1. Доступность исходных материалов и образцов.</p> <p>С2. Дешевизна материалов.</p> <p>С3. Простота в изготовлении трансплантатов.</p> <p>С4. Метод наиболее простой и достаточно эффективный среди аналогов.</p>	<p>Сл1. Отсутствует единый протокол действий в рамках выбранного метода биомониторинга.</p> <p>Сл2. Необходимо большое количество трансплантатов для покрытия всей исследуемой территории.</p>

Продолжение таблицы 2

<p align="center">Возможности</p> <p>В1. Использование результатов для оценки загрязнения химическими элементами исследуемой территории.</p> <p>В2. Использование методики природоохранными организациями.</p>	<p align="center">Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</p> <p>1. Доступность и дешевизна исходных материалов, а также широкая распространенность образцов мха позволят увеличить спрос на нашу методику.</p> <p>2. Простота методики биомониторинга даст возможность сотрудничества с заинтересованными организациями</p>	<p align="center">Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p> <p>1. Отсутствие единого алгоритма действий в данной области исследований ограничивает сотрудничество с другими исследовательскими группами. Поэтому необходимы дальнейшие исследования для изучения свойств мха</p>
<p align="center">Угрозы</p> <p>У1. Отсутствие финансирования.</p> <p>У2. Исчезновение образцов в ходе эксперимента в силу вандализма и природных факторов.</p>	<p align="center">Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»</p> <p>1. Метод трансплантации мхов дает достоверные данные о содержании химических элементов в атмосферном воздухе, при этом являясь мало затратным, что делает его привлекательным для финансирования.</p> <p>2. Экологичность технологии дает преимущество перед конкурентами.</p>	<p align="center">Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»</p> <p>1. Невостребованность технологии за счет ее неустойчивой конкурентоспособности.</p> <p>2. Уменьшение числа трансплантатов искажает картину загрязнения исследуемой территории, что может привести к потере финансирования. Необходимо размещать трансплантаты в недоступном для прохожих мест, либо размещать специальные знаки.</p>

На основе результатов проведенного анализа можно сделать вывод о трудностях и проблемах, с которыми так или иначе может столкнуться исследовательский проект. Сильные стороны дают возможность устанавливать сотрудничество с новыми организациями за счет надежности и безопасности представленной технологии и увеличить на нее спрос. Слабые стороны

разработки порождают такие угрозы, как не востребованность технологии за счет ее неустойчивой конкурентоспособности и стагнации исследований из-за отсутствия финансирования; сложность пробоподготовки образцов значительно увеличит время проведения оценки состояния атмосферы представленным методом. Однако осуществление обработки результатов измерения концентраций загрязняющих элементов в образцах мхов без применения сложных программ позволяет ускорить процесс обработки данных, что компенсирует время, потраченное на пробоподготовку. Из рассмотренных сторон можно сделать вывод о необходимости вынесения данной технологии на российский рынок.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться от 2 до 15 человек. В рамках выполнения бакалаврской работы рабочая группа, обычно, состоит из дипломника и научного руководителя от ВУЗа. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ.

Порядок этапов и работ при выполнении бакалаврской работы приведен в таблице 3

Таблица 3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания на НИР	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
Выбор направления исследования	3	Разработка общей методики проведения исследований	Руководитель Инженер
	4	Выбор направления исследования	Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Инженер
Теоретические исследования	6	Анализ литературных источников	Инженер
	7	Проведение тестовых ручных расчетов	Инженер
	8	Сравнение тестовых расчетов с реальными данными	Инженер
	9	Практический расчет	Инженер
	10	Корректировка расчетов	Инженер
	11	Отчет перед руководителем	Инженер
Обобщение и оценка результатов	12	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель Инженер
	13	Составление и оформление расчетов	Руководитель Инженер
	14	Определение целесообразности проведения НИР	Руководитель Инженер
	15	Составление пояснительной записки	Инженер
	16	Подготовка к защите темы	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

$$t_{ожi} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5}, \quad (8)$$

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

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

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

$$t_{ож1} = \frac{3t_{min.1} + 2t_{max.1}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8,$$

$$t_{ож2} = \frac{3t_{min.2} + 2t_{max.2}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8,$$

$$t_{ож3} = \frac{3t_{min.3} + 2t_{max.3}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8,$$

$$t_{ож4} = \frac{3t_{min.4} + 2t_{max.4}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 2,2,$$

$$t_{ож5} = \frac{3t_{min.5} + 2t_{max.5}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8,$$

$$t_{ож6} = \frac{3t_{min.6} + 2t_{max.6}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8,$$

$$t_{ож7} = \frac{3t_{min.7} + 2t_{max.7}}{5} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 6,8,$$

$$t_{ож8} = \frac{3t_{min.8} + 2t_{max.8}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8,$$

$$t_{ож9} = \frac{3t_{min.9} + 2t_{max.9}}{5} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 6,8,$$

$$t_{ож10} = \frac{3t_{min.10} + 2t_{max.10}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8,$$

$$t_{ож11} = \frac{3t_{min.11} + 2t_{max.11}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8,$$

$$t_{ож12} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8,$$

$$t_{ож13} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 9 + 2 \cdot 11}{5} = 9,8,$$

$$t_{ож14} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 7}{5} = 5,8,$$

$$t_{ож15} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8,$$

$$t_{ож16} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8.$$

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (9)$$

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

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

$Ч_i$, чел. – численность исполнителей, выполняющих одновременно

одну и ту же работу на данном этапе.

Таблица 4 – Продолжительность работ в рабочих днях

№	$t_{ожi}$, чел-дн	$Ч_i$, чел.	T_{pi} , дней
1	2,8	1	3
2	4,8	1	5
3	3,8	2	2
4	1,8	1	2
5	3,8	1	4
6	4,8	1	5
7	6,8	1	7

Продолжение таблицы 4

8	2,8	1	3
9	6,8	1	7
10	2,8	1	3
11	3,8	1	4
12	3,8	2	2
13	9,8	2	5
14	5,8	2	3
15	2,8	1	3
16	4,8	1	5

Общая продолжительность исследования – 63 дня.

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \text{ кал. дн.} \quad (10)$$

где T_{ki} , кал. дн. – продолжительность выполнения i -й работы;

T_{pi} , раб. дн. – продолжительность выполнения i -й работы;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году 365;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году 52;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году 14.

В 2018 году 118 выходных и праздничных дней. Расчетная величина продолжительности работ T_{ki} была округлена до целых чисел. Расчетные данные сведены в таблице 5 на основании которой был построен календарный план-график.

Расчет для первой работы:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 3 \cdot 1,22 = 3,66 \approx 4.$$

Таблица 5 – Временные показатели проведения НИОКР

i	$t_{\min.i}$	$t_{\max.i}$	$t_{\text{ож.}i}$	Ч_i	T_{pi}	T_k
1	2	4	2,8	1	3	4
2	4	6	4,8	1	5	6
3	3	5	3,8	2	2	2
4	1	3	2,2	1	2	2
5	3	5	4,8	1	4	5
6	4	6	3,8	1	5	6
7	6	8	6,8	1	7	9
8	2	4	2,8	1	3	4
9	6	8	6,8	1	7	9
10	2	4	2,2	1	3	4
11	3	5	3,8	1	4	5
12	3	5	3,8	2	2	2
13	9	11	9,8	2	5	6
14	5	7	5,8	2	3	4
15	2	4	3,8	1	3	4
16	4	6	5,8	1	5	6
Итого			71,8	-	63	78

На основе таблицы 5 строится календарный план-график. График строится разбивкой по месяцам и декадам за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Календарный план-график выполнения данной дипломной работы представлен в таблице 6.

4.2.4.1 Расчет материальных затрат

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (11)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Расчет затрат для одного наименования:

$$Z_1 = (1 + 0,15) \cdot 106 \cdot 2 = 243,8$$

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 7.

Таблица 7 – Материальные затраты.

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Z _м), руб.
Нейлоновая сетка	м	2	106	243,8
Марля	м	2	43	96,6
Нитки	шт	1	29	66,7
Фольга	м	2	24	55,2
Итого				462,3

Материальные затраты составили 462 рубля.

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

Так как оборудование специально для проекта не покупается, то рассчитывается амортизация оборудования на время проекта. В таблице 8

рассчитаны затраты на амортизацию оборудования на период проведения исследовательской работы.

Таблица 8 – Расчет бюджета затрат на спецоборудование для научных работ.

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Срок службы	Общая стоимость оборудования, руб.
Спектрометр	1	7700	5 лет	7700
Итого:				7700

4.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Затраты на оплату труда работников, непосредственно занятых выполнением НИОКР, включает в себя основную заработную плату работников (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (12)$$

где $Z_{осн}$, руб – основная заработная плата;

$Z_{доп}$, руб – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата руководителя (лаборанта, инженера) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (13)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (14)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. 251

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (15)$$

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $Z_{тс}$);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таким образом заработная плата руководителя за период исследования:

$$Z_m = 23265 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 45367 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{45367 \cdot 10,4}{251} = 1880 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = 1880 \cdot 17 = \mathbf{31960} \text{ руб.}$$

Заработная плата младшего научного сотрудника 1 степени за период исследования:

$$Z_m = 14875 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 29006 \text{ руб.}$$

$$Z_{дн} = \frac{29006 \cdot 11,2}{251} = 1294 \text{ руб.}$$

$$Z_{осн} = 1294 \cdot 58 = \mathbf{69716} \text{ руб.}$$

4.2.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (16)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 6 ч. 1 ст. 58 Закона 212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2019 году вводится пониженная ставка – 28% .

Страховые отчисления на исполнителей:

$$Z_{\text{внеб } 1} = 0,28 \cdot 31960 = 8948,8 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{внеб } 2} = 0,28 \cdot 69716 = 19520,48 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{внеб } 1} + Z_{\text{внеб } 2} = 8948,8 + 19520,48 = \mathbf{28469,3 \text{ руб}}$$

4.2.4.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. В данном исследовании необходимо рассчитать затраты на электроэнергию. Потребляемая мощность спектрометра 0,5 кВт/ч, время работы 42 ч. Стоимость 1 кВт/час – составляет 5,8 руб.

Таким образом, накладные расходы составляют:

$$Z_{\text{накл}} = C \cdot k_{\text{нр}} = 0,5 \cdot 42 \cdot 5,8 = \mathbf{122 \text{ руб.}}$$

где C – расходы на электроэнергию;

$k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, 16%.

4.2.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет бюджета затрат НТИ.

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	462	Пункт 4.2.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	7700	Пункт 4.2.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	101676	Пункт 4.2.4.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	28469,3	Пункт 4.2.4.4
5. Накладные расходы	122	Пункт 4.2.4.5
6. Бюджет затрат НТИ	137514	Сумма ст. 1- 5

Бюджет затрат НТИ составил 137514 руб.

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (17)$$

где I_{pi} – 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.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности данного исследования представлен в форме таблицы 10.

Таблица 10 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Безопасность	0,2	5	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	2
3. Помехоустойчивость	0,15	3	3
4. Энергоэффективность	0,1	3	2
5. Надежность	0,15	4	3
6. Потребность в ресурсах памяти	0,25	4	5
ИТОГО	1	-	-

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,25 = 3,95,$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 = 3,25.$$

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

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}} = \frac{3,95}{0,5} = 7,9, \quad (18)$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} = \frac{3,25}{0,73} = 4,45, \quad (19)$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{7,9}{4,45} = 1,78, \quad (20)$$

Таблица 11 – Сравнительная эффективность разработки

Пп/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,95	3,25
2	Интегральный показатель эффективности	7,9	4,45
3	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,78	

Сравнивая значения интегральных показателей эффективности, можно отметить, что более эффективным вариантом решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности является исполнение 1.

5 Социальная ответственность

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 (Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ) [26].

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

Опасным производственным фактором, согласно [26], называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

Вредным производственным фактором называется такой производственный фактор, воздействие которого на работающего, в определенных условиях, приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

5.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

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

Опасные и вредные факторы, сформированные производственным процессом, приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы Наименование видов работ и параметров производственного процесса
	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ	Нормативные документы	
Обработка результатов измерений на ПК	Электромагнитное излучение, шум, вибрация		СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
		Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
		Пожароопасность	ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации

При проведении исследования и обработке результатов измерений на ПК на студента воздействуют следующие факторы:

- физические:
- температура и влажность воздуха;
- шум;

- статическое электричество;
- электромагнитное поле низкой чистоты;
- освещённость;
- наличие излучения;
- психофизиологические.

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы, делятся на: физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки).

5.3 Обоснование и разработка мероприятий по снижению уровней опасного и вредного воздействия и устранению их влияния при работе на ПК.

5.3.1 Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. 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 соответствующая его знаниям и опыту работы квалификационная группа по технике безопасности и выдается специальная удостоверение.

Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

5.3.2 Организация рабочего места оператора ПК

Рациональная планировка рабочего места предусматривает 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, как на рисунке 9.

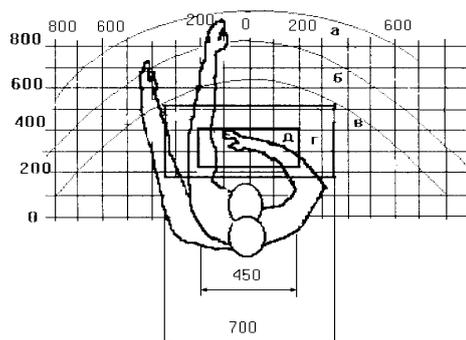


Рисунок 12 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости: а – зона максимальной досягаемости рук; б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в – зона легкой досягаемости ладони; г – оптимальное пространство для грубой ручной работы; д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук: *дисплей* размещается в зоне а (в центре); *клавиатура* – в зоне г/д; *системный блок* размещается в зоне б (слева); *принтер* находится в зоне а (справа); *документация*: в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола – литература, не используемая постоянно.

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования:

1) Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680-800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.

2) Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а так же расстоянию спинки до

переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420-550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем.

3) Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45 градусов к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30 градусов. Кроме того должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

4) Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15 градусов. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

5) При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветовые оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки тёплых тонов, которые возбуждают активность человека.

5.3.3 Условия безопасной работы

Основные параметры, характеризующие условия труда это: микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещённость.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии с [26] и приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	40	0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся: правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В помещение должны подаваться следующие объёмы наружного воздуха: при объёме помещения до 20 м³ на человека – не менее 30 м³ в час на человека; при объёме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

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 используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 40%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом – 20-25 °С, зимой – 13-15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух

поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основным недостатком такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания.

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ.

Экран (ЖК-монитора) и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Согласно [27] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц-2кГц – 25В/м;
- в диапазоне частот 2кГц-400кГц – 2,5В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более:

- в диапазоне частот 5Гц-2кГц – 250нТл;
- в диапазоне частот 2кГц-400кГц – 25нТл.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

- увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);
- применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

5.4 Электробезопасность

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ и другими электрическими установками в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35°C), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами.

Существует опасность электропоражения в следующих случаях:

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

Электрический ток оказывает на человека термическое, электролитическое, механическое и биологическое воздействие.

Термическое воздействие тока проявляется в ожогах, нагреве кровеносных сосудов и других органов, в результате чего в них возникают функциональные расстройства.

Электролитическое действие тока характеризуется разложением крови и других органических жидкостей, что вызывает нарушения их физико-химического состава.

Механическое действие тока проявляется в повреждениях (разрыве, расслоении и др.) различных тканей организма в результате электродинамического эффекта.

Биологическое действие тока на живую ткань выражается в опасном возбуждении клеток и тканей организма, сопровождающемся непроизвольными судорожными сокращениями мышц. В результате такого возбуждения может возникнуть нарушение и даже полное прекращение деятельности органов дыхания и кровообращения.

Причинами смерти от воздействия электрического тока могут быть остановка сердца или его фибрилляция. Фибрилляция (от лат. *fibra* - волокно) – хаотическое сокращение отдельных волокон сердечной мышцы, не способное поддерживать его эффективную работу и самостоятельно (без энергичных лечебных мер) не проходящее, прекращение дыхания и электрический шок – своеобразная нервно-рефлекторная реакция организма в ответ на сильное раздражение электрическим током, сопровождающаяся расстройством кровообращения, дыхания, обмена веществ и т.д. Шоковое состояние может продолжаться от нескольких десятков минут до суток. При длительном шоковом состоянии может наступить смерть.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы;
- вывешивание плакатов, указывающих место работы;
- заземление корпусов всех установок через нулевой провод;
- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией;
- недоступность токоведущих частей аппаратуры (заключение в корпуса электро-поражающих элементов, заключение в корпус токоведущих частей).

5.5 Пожарная и взрывная безопасность

Согласно [28] в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной и взрывной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение по степени пожаровзрывоопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности, издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер. Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов;
- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

При возникновении аварийной ситуации необходимо:

- Сообщить руководству (дежурному).
- Позвонить в соответствующую аварийную службу или МЧС (112).
- Принять меры по ликвидации аварии в соответствии с инструкцией.

Заключение

В ходе выполнения ВКР выполнены следующие задачи:

- Изучен метод мхов-биоиндикаторов на основе эпифитного мха-трансплантанта *Пилезия многоцветковая*.
- Изучены физические основы и методика нейтронно-активационного анализа на тепловых нейтронах.
- Построена роза ветров на территории экспонирования мхов в пакете «MS Excel».
- Рассчитаны концентрации содержания тяжелых металлов в образцах мха, экспонированных в зоне влияния ТЭЦ.
- Построены пространственное распределение тяжелых металлов в воздухе в зоне влияния ТЭЦ с помощью регрессионного анализа в пакете «Математика».
- Проведен анализ полученных результатов.

На основе проделанной работы можно сделать выводы:

- Концентрации Ba, Co, Lu не превышают фоновых уровней.
- Концентрации Sm, Ce, U, Th, Cr, Hf, Cs, Sc, Rb, Fe, Zn, Na, Eu, La, Sb в зоне влияния ТЭЦ превышают фоновые значения в среднем в 2-6 раз.
- Расстояния, на которых наблюдаются максимальные уровни загрязнения, зависят от розы ветров и скорости ветра в направлении пробоотбора.
- Количество элементов, для которых уровень загрязнения значительно превышал фон, существенно зависит от времени экспозиции и режимов работы ТЭЦ.

Список литературы

1. Махниченко А. С. Влияние тяжелых металлов на организм человека // журнал: science time, 2006, с395-401
2. Frontasyeva M. F., Steinnes E., Lyapunov S. M., Cherchintsev V. D., Smirnov L. I. Biomonitoring of heavy metal deposition in the South Ural region: some preliminary results obtained by nuclear and related techniques. J. Radioanal. Nucl. Chem., v. 245, № 2, (2000), 415-420.
3. Harmens H., David N. and participants of the moss survey. (2008): Spatial and Temporal Trends in Heavy Metal Accumulation in Europe (1990-2005). Bangor. Wales. Programme Coordination Centre for the ICP Vegetation. Centre for Ecology and Hydrology Centre for Ecology and Hydrology.
4. Coskun M., Cayir A., Coskun M., Kilic O. (2011): Heavy metal deposition in moss samples from east and south Marmara region, Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 174 (1-4): 219-227.
5. Shotbolt L., Bükер P., Ashmore M. (2007): Reconstructing temporal trends in heavy metal deposition: Assessing the value of herbarium moss samples. Environmental Pollution, 147 (1-3): 120-130.
6. Stefan Nickel, Anne Hertel, Roland Pesch, Winfried Schröder, Eiliv Steinnes, Hilde Thelle Uggerud. Modelling and mapping spatio-temporal trends of heavy metal accumulation in moss and natural surface soil monitored 1990–2010 throughout Norway by multivariate generalized linear models and geostatistics: Atmospheric Environment 01/2014; 99:85–93.
7. Harmens, H., Norris, D.A., Koerber, G.R., Buse, A., Steinnes, E., Pisspanen, J., Alber, L., et al., 2010. Mosses as biomonitors of atmospheric heavy metal deposition: spatial patterns and temporal trends in Europe: Environ. Pollut. 158(2010), p.144-156.
8. T.V. Varduni, T.M. Minkina, S.N. Gorbov, S.S. Mandzhieva, E.A. Buraeva, G.V. Omel'chenko, E.I. Shimanskaya, A.A. V'yukhina, S.S. Tagiverdiev, S.N. Sushkova, T.A. Abramova and E.A. Kolina. Analysis of Heavy Metals

in Pylaisiella Moss (Pylaisia Polyantha) Growing in the City of ROSTOV-ON-DON. // Journal: Middle-East Journal of Scientific Research 23. -2015. -P. 165-169.

9. Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г., Рогова Н.С. Контроль состояния атмосферы с помощью мхов-биоиндикаторов //Оптика атмосферы и океана, 2009 – т. 22, – №1. с. 101 – 104
10. Н.К. Рыжакова, В.Ф. Рапута, Н.С. Рогова, А.Л. Борисенко, Е.А. Покровская. Пространственное распределение химических элементов атмосферных выбросов угольной ТЭЦ // Экология и промышленность России. - 2013 - №. 1. - С. 52-55.
11. Рогова Н.С., Рыжакова Н.К., Борисенко А.Л., Меркулов В.Г. Изучение аккумуляционных свойств мхов, используемых при мониторинге загрязнения атмосферы // Оптика атмосферы и океана. - 2011 - Т. 24 - №. 1 - с. 79-83.
12. Р. А. Кузнецов Активационный анализ / Атомиздат, Москва – 1967
13. Р. А. Кузнецов Активационный анализ. Изд. 2-е. / Атомиздат, Москва – 1974, с. 344
14. Активационный анализ : курс лекций / В. И. Гутько. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2008. – 74 с.
15. А. П. Крешков. Основы аналитической химии. Физико-химические (инструментальные) методы анализа, Изд. «Химия», 1970, стр. 472.
16. Фронтасьева М. В. Нейтронный активационный анализ в науках о жизни //Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2011. – Т. 42. – №. 2.
17. Берлянд М. Е. Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 448 с
18. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. - 272 с
19. Рыжакова Н. К. , Рогова Н. С. , Кабанов Д. В. , Бабичева В. О. Пространственное распределение тяжелых металлов в приземном слое

- атмосферы в зоне влияния промышленных предприятий (на примере угольных ТЭЦ и алюминиевого завода) // Известия вузов. Физика. - 2015 - Т. 58 - №. 2/2. - С. 212-217
- 20.Мудрый И.В. Влияние химического загрязнения почвы на здоровье населения / И.В. Мудрый // Гигиена и санитария. -2008. №4. - С. 32-37.
- 21.Ермакова Е.В. совершенствование систем мониторинга атмосферных выпадений тяжелых металлов в промышленных районах центральной России на основе элементного анализа мхов: автореф. дис. ... канд. тех. Наук:03.00.16. – Тула, 2006. – 21 с.
- 22.Кузнецова В.Ф. Эпифитные лишайники как индикаторы загрязнения атмосферного воздуха газообразными поллютантами, тяжелыми металлами и радионуклидами: автореф. дис. ... канд. б. наук: 03.00.16. – Нижний Новгород, 2004. – 24 с.
- 23.Волков Н. Г., Христофоров В. А., Ушакова Н. П. Методы ядерной спектрометрии: Учеб. Пособие для вузов.- М.: Энергоатомиздат, 1990.- 256 с.
- 24.GISMETEО.RU: Gismeteo. Дневник погоды г. Новосибирск [Электронный ресурс] // официальный сайт. - Электрон.дан. – URL: <https://www.gismeteo.ru> (дата обращения: 24.05.2019)
- 25.Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. - М.: Энергия, 1980. - 175 с.
- 26.Федеральный закон «Об основах охраны труда» от 17.07.1999 г. № 181-ФЗ.
- 27.СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы».
28. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации

Приложение А

(обязательное)

Пространственное распределение химических элементов во мхах в зависимости от расстояния от ТЭЦ (время экспонирования август 2017 – октябрь 2017)

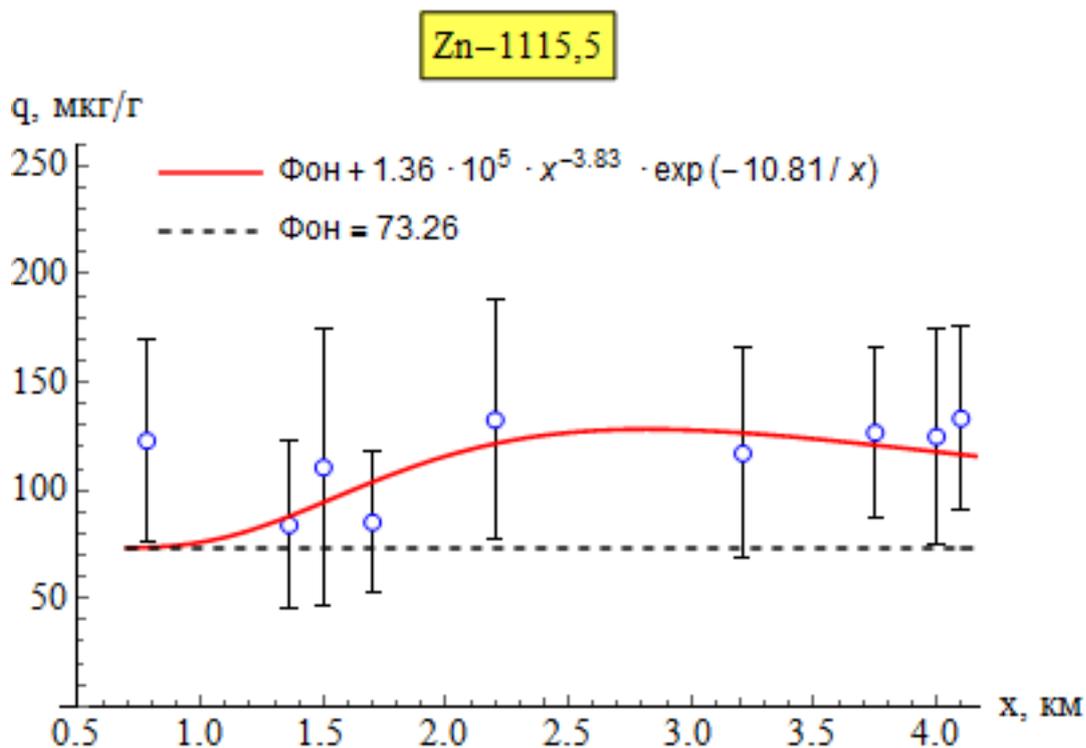


Рисунок А.1

U-277,6

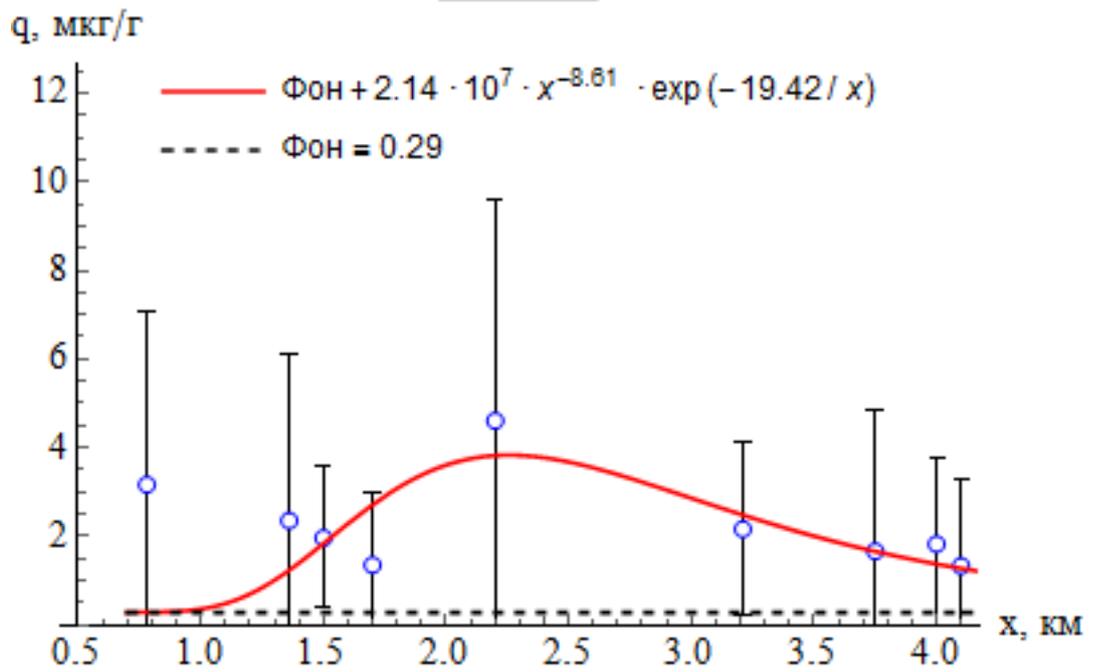


Рисунок А.2

Th-311,9

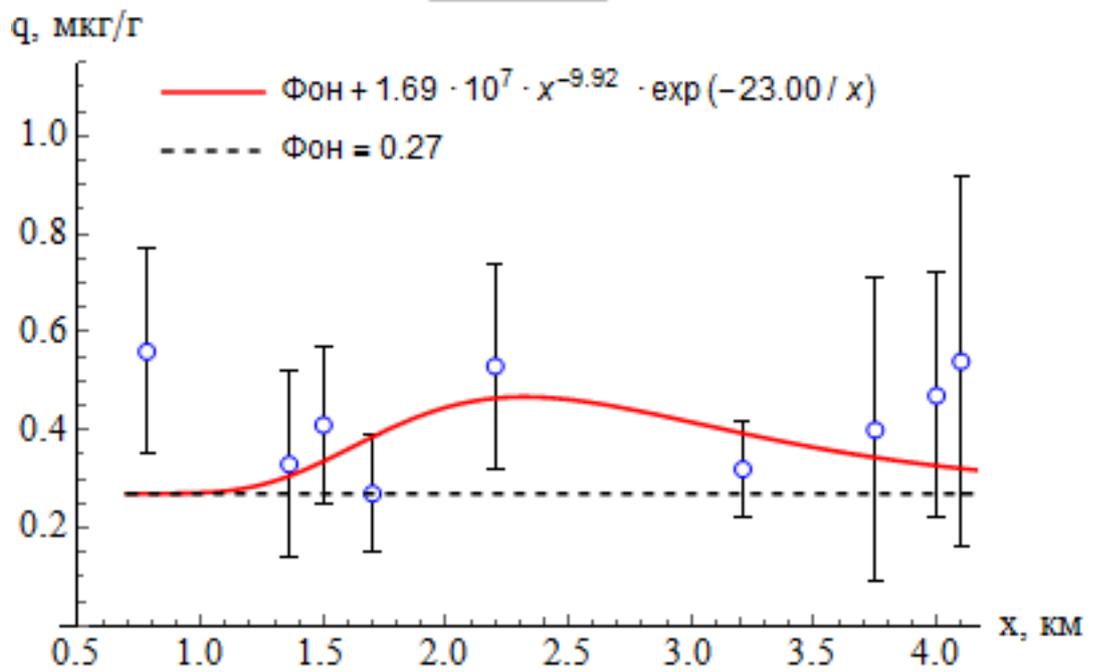


Рисунок А.3

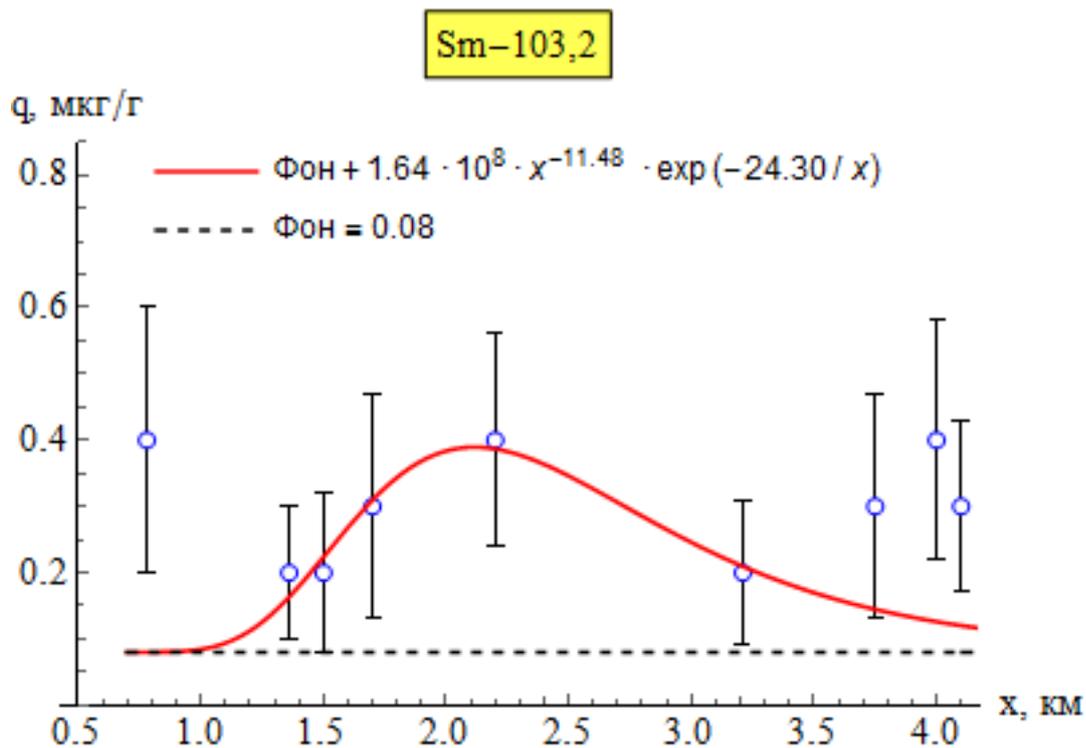


Рисунок А.4

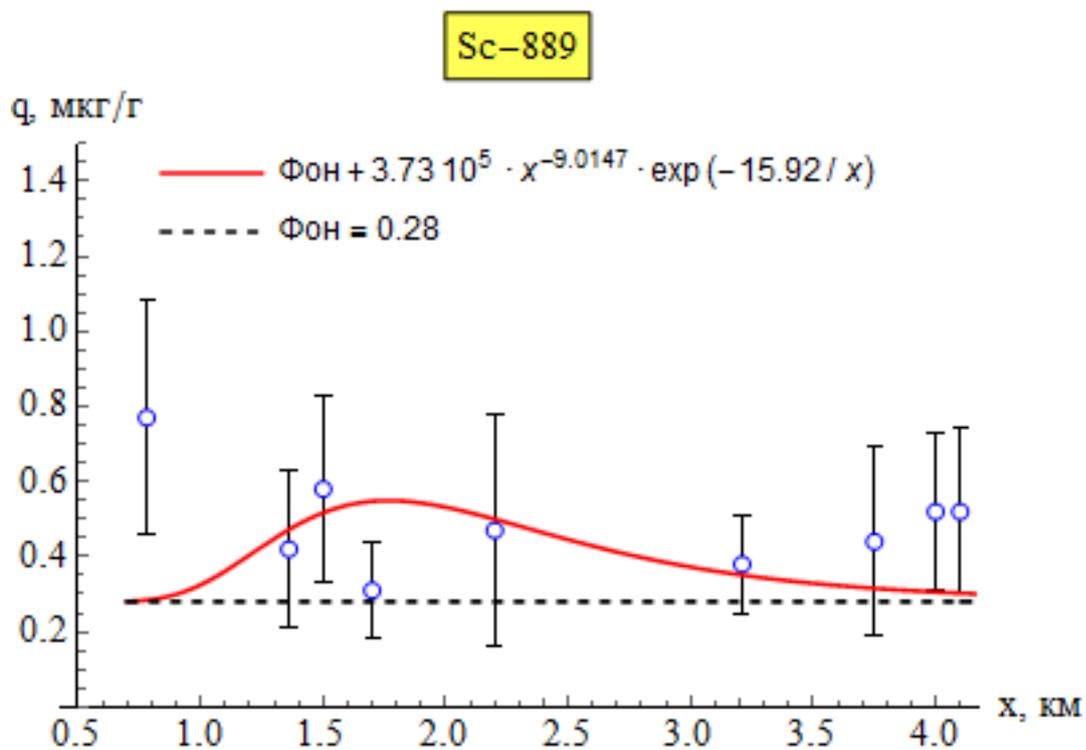


Рисунок А.5

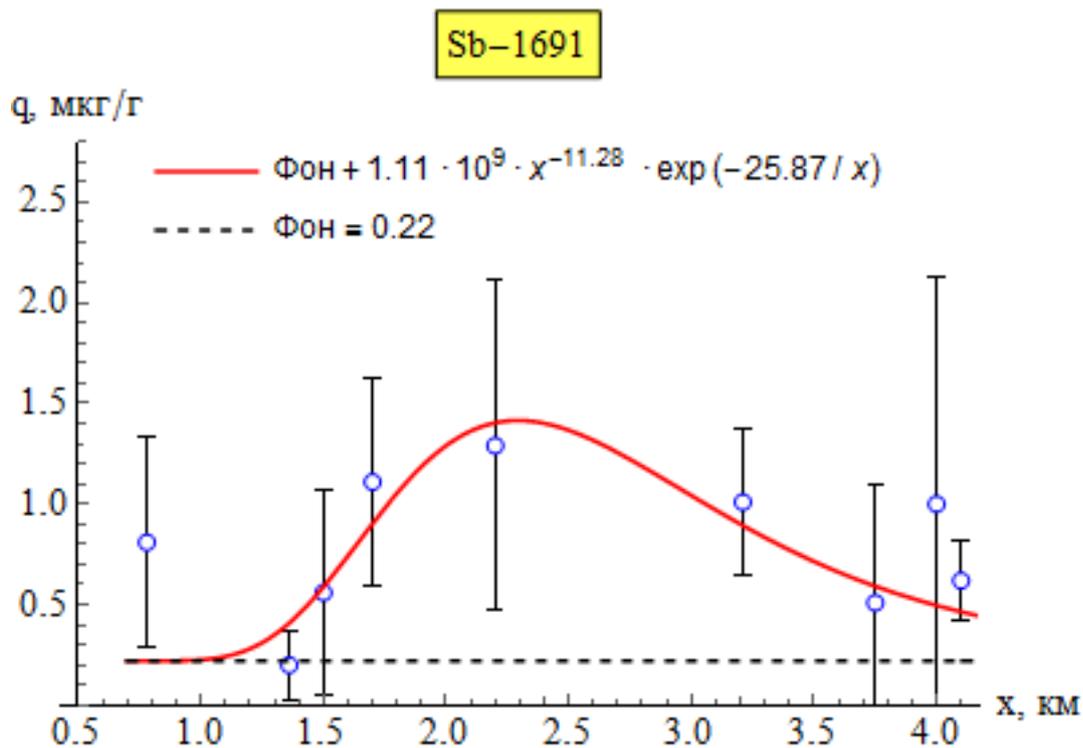


Рисунок А.6

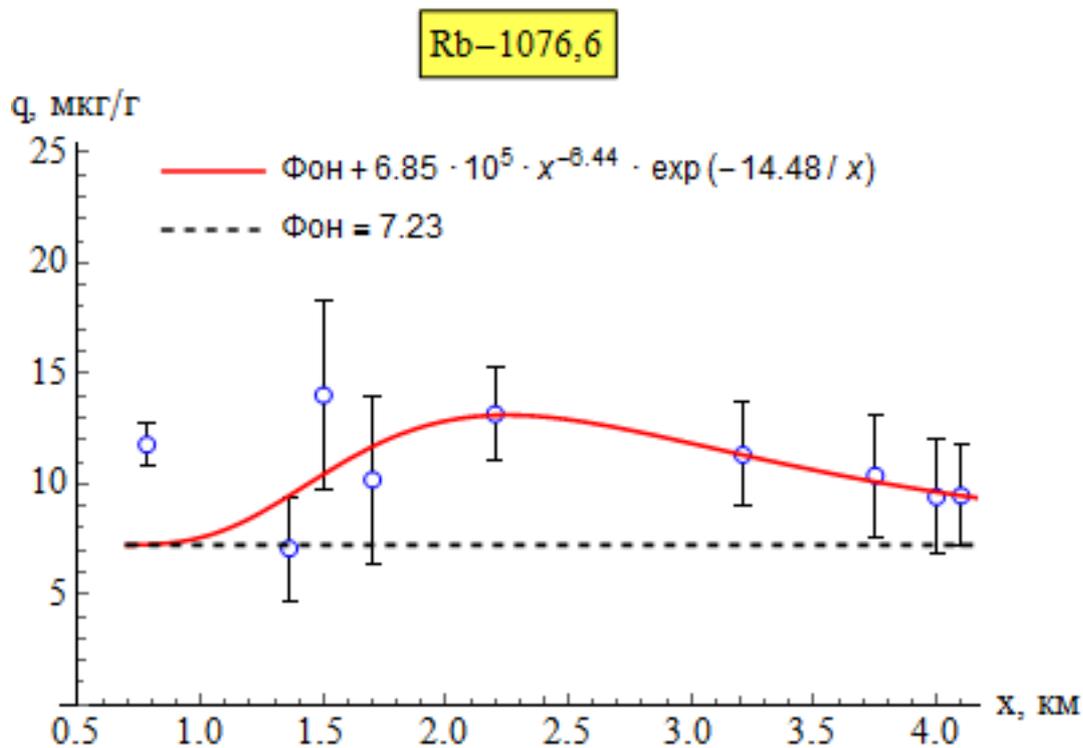


Рисунок А.7

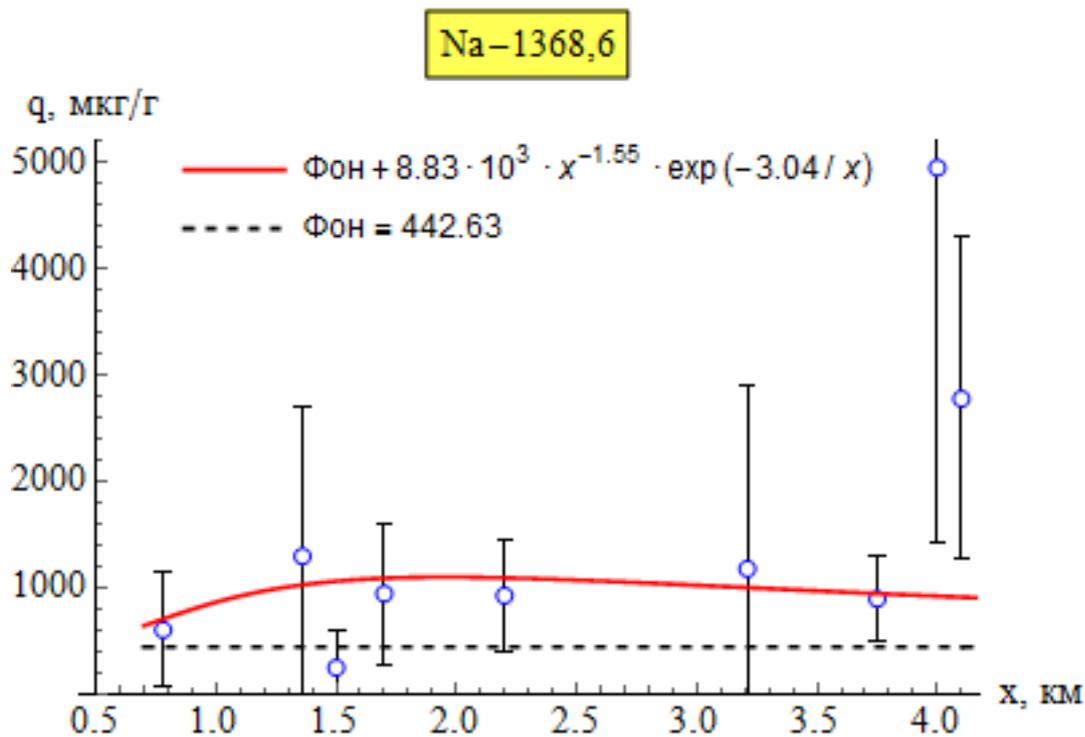


Рисунок А.8

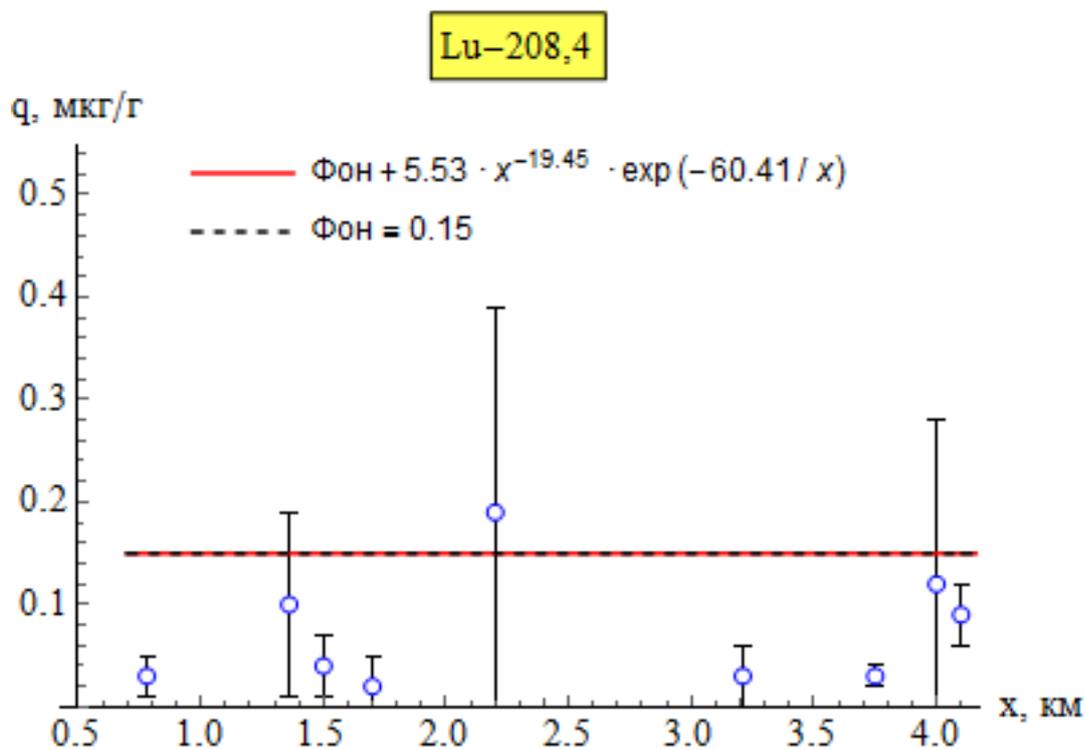


Рисунок А.9

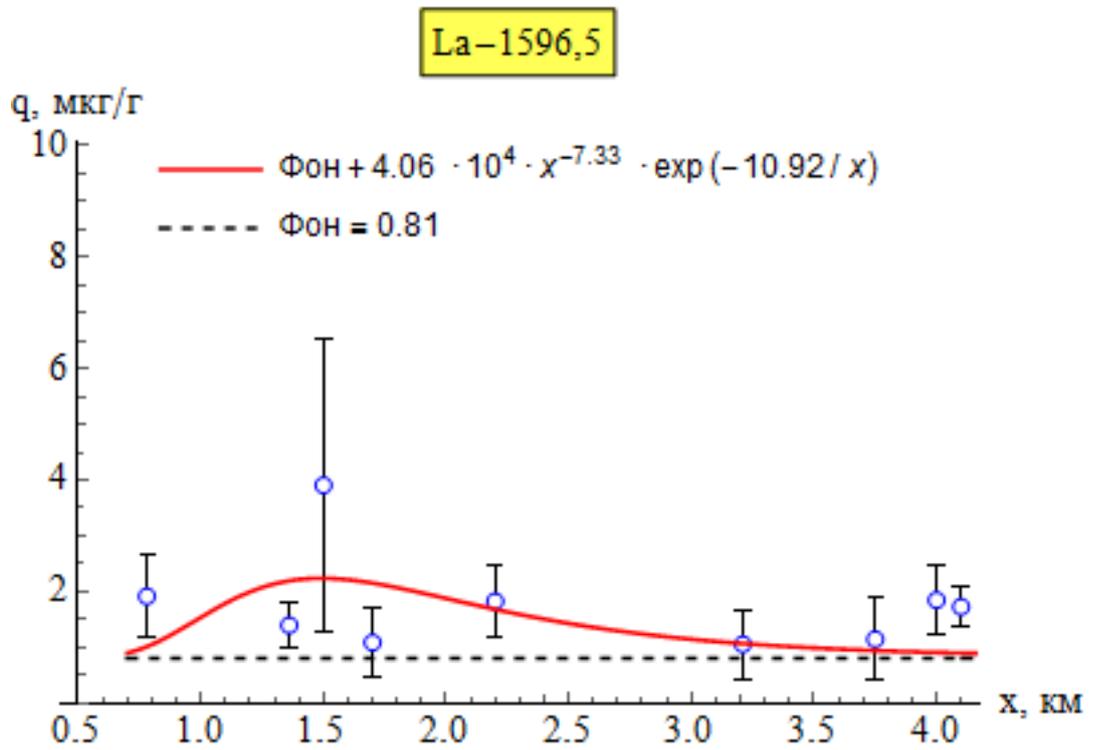


Рисунок А.10

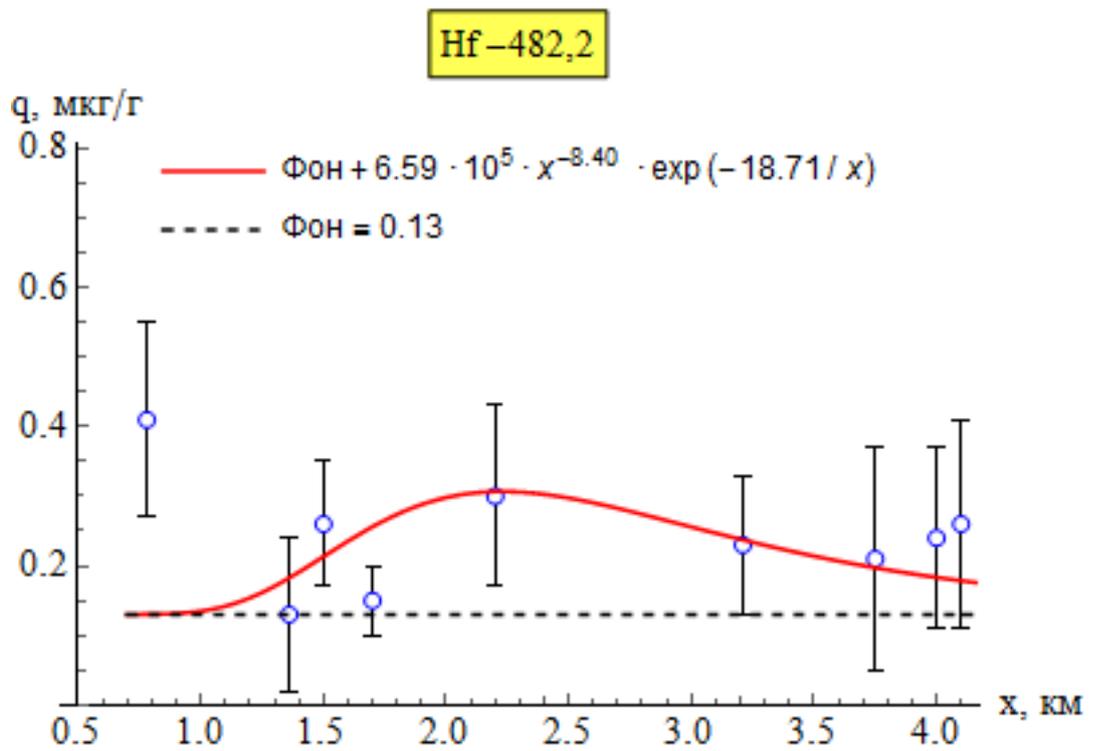


Рисунок А.11

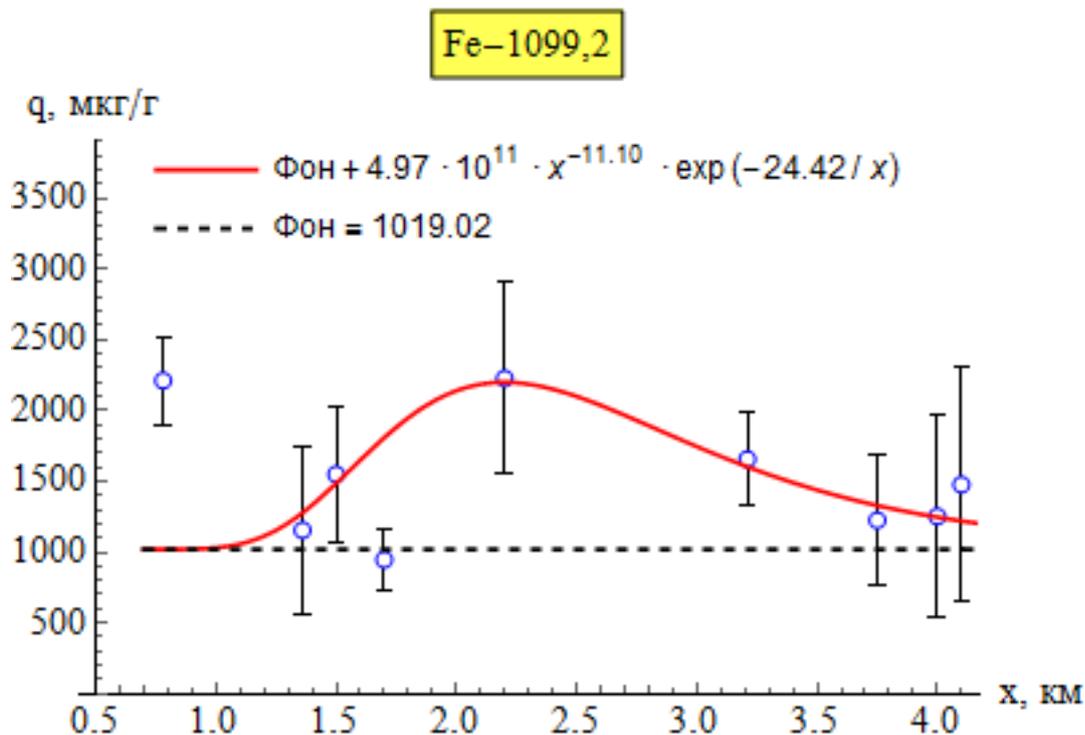


Рисунок А.12

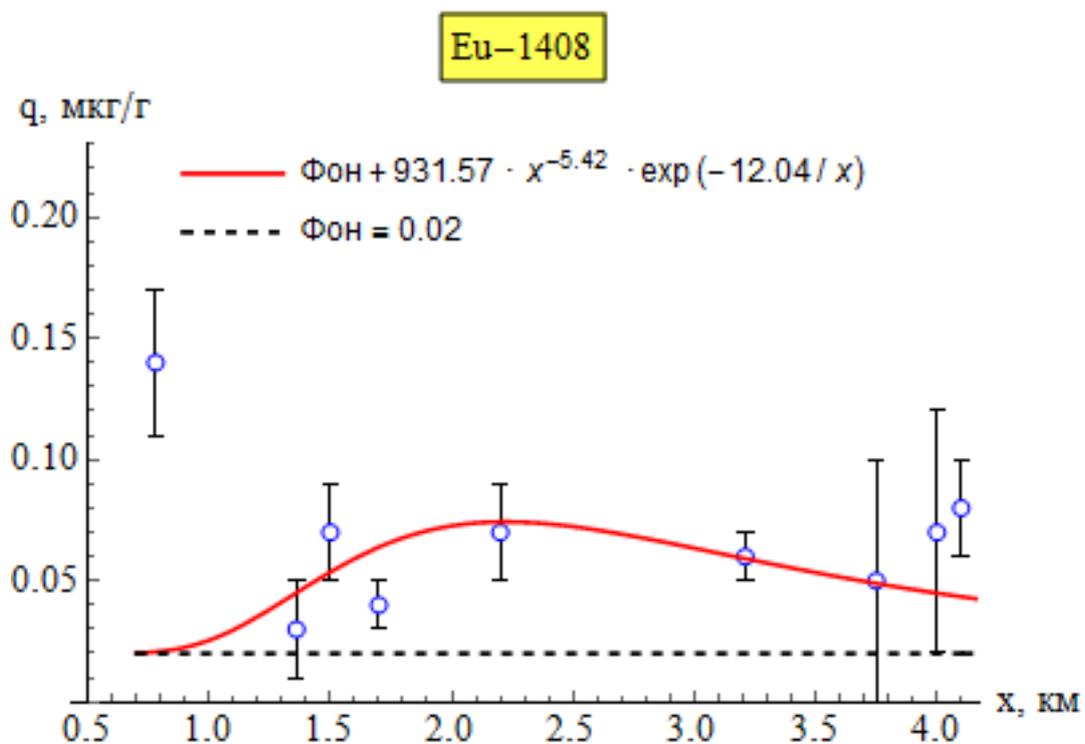


Рисунок А.13

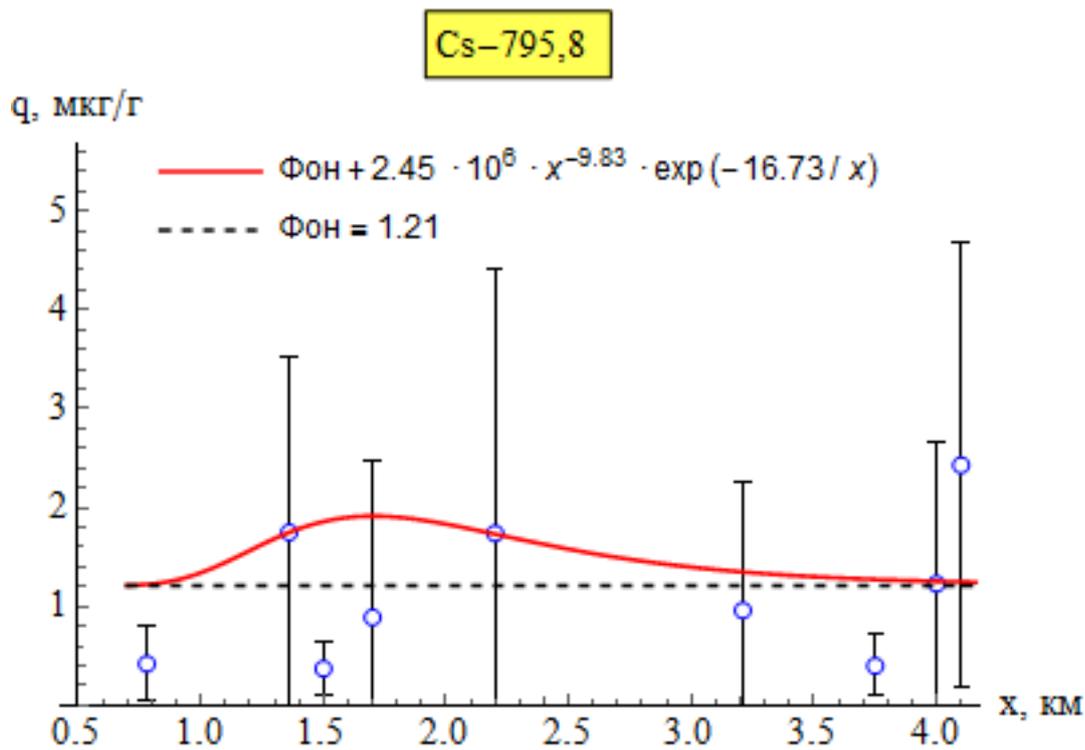


Рисунок А.14

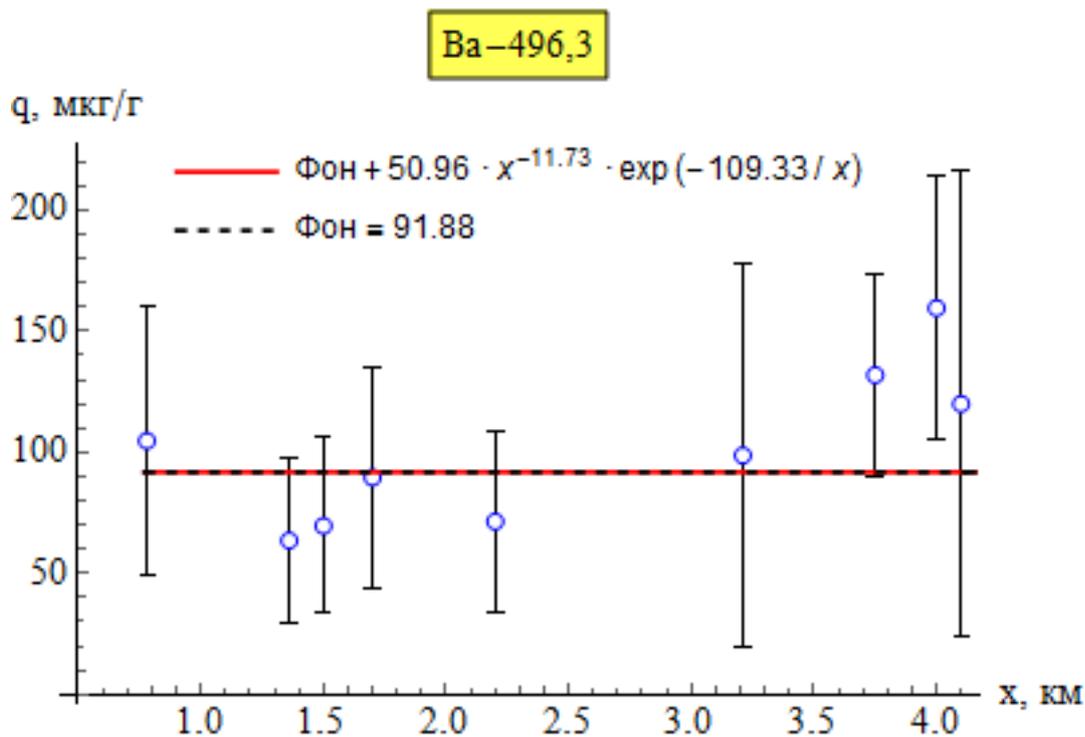


Рисунок А.15

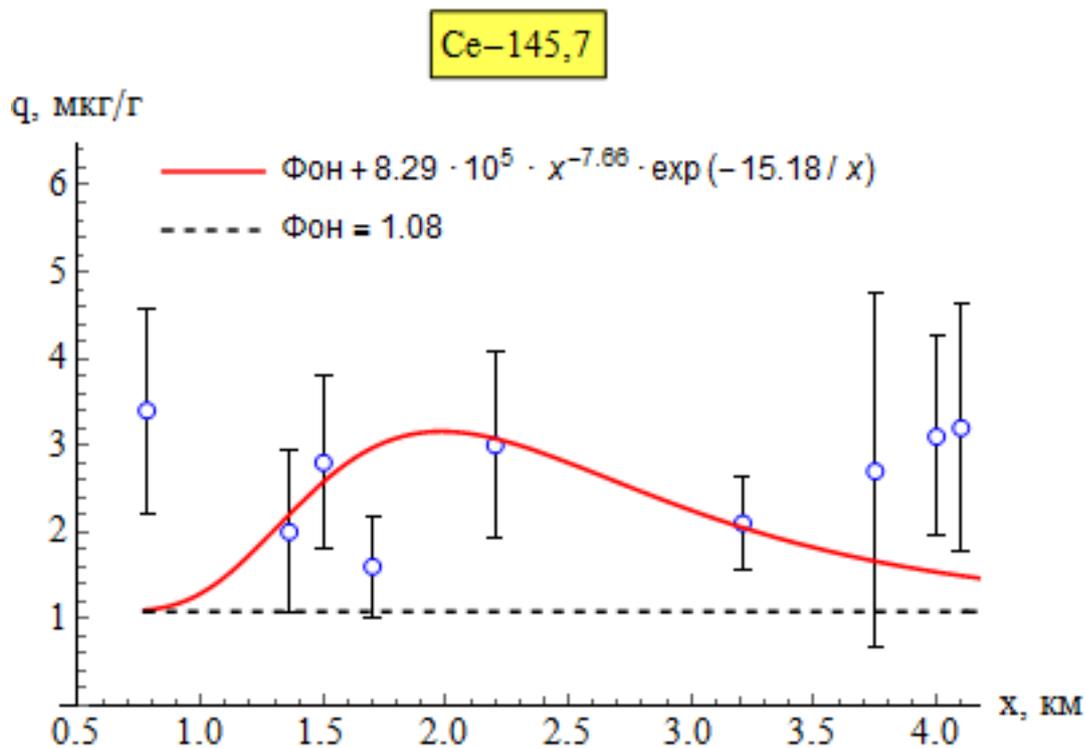


Рисунок А.16

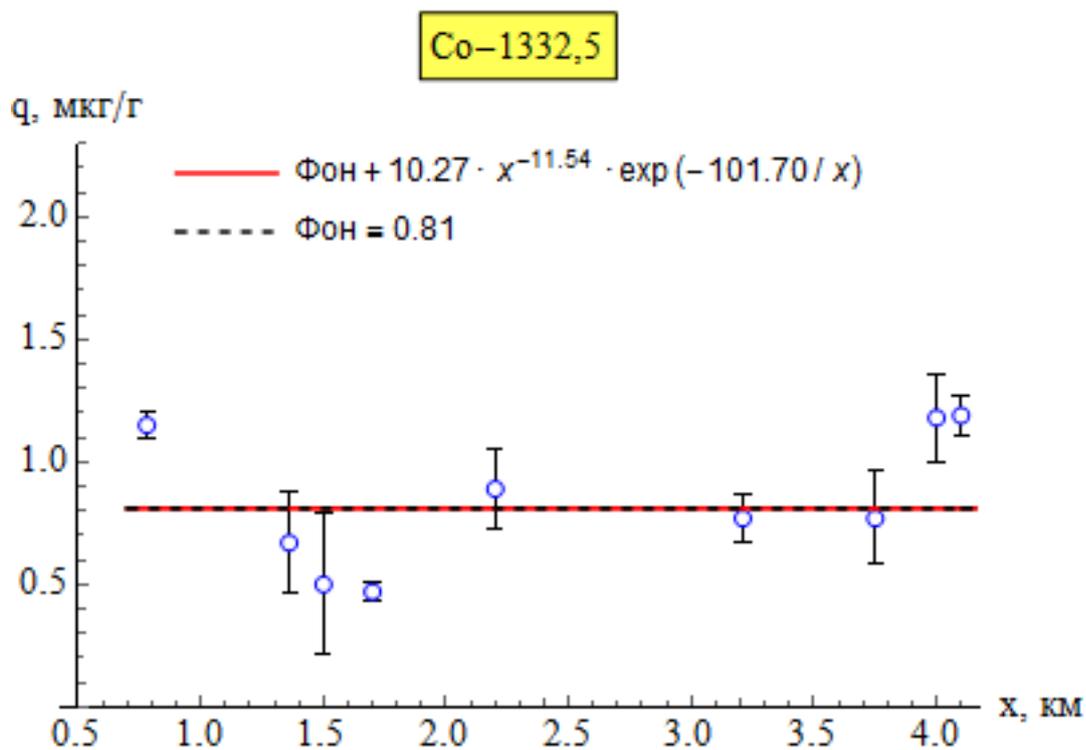


Рисунок А.17

Cr-320,1

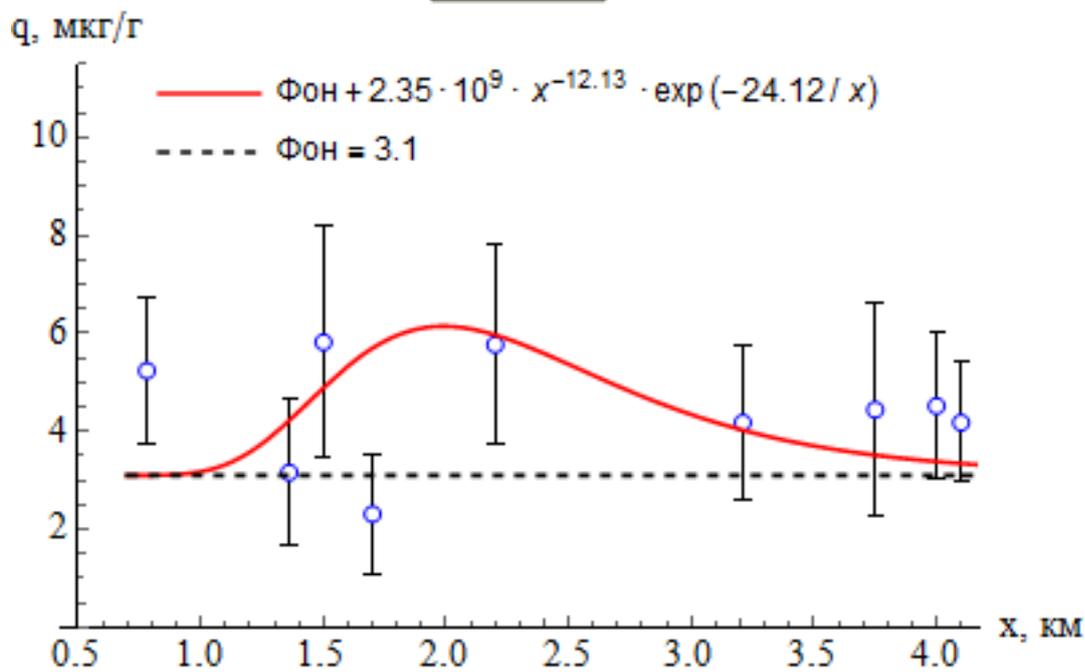


Рисунок А. 18

Приложение Б

Результаты измерений концентраций химических элементов, накопленных в пробах мха *Pyralisia polyantha* (Hedw.) за период экспозиции.

Химический элемент	Средние концентрации химических элементов для параллельных проб в точках отбора образцов мха, мкг/г									Фоновые концентрации химических элементов, мкг/г
	Номер точки пробоотбора									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	Расстояние от точечного источника загрязнения до точки пробоотбора, км									
	0,78	1,36	1,5	1,7	2,2	3,75	3,21	4	4,1	
Sm	0,42(±0,20)	0,20(±0,10)	0,25(±0,12)	0,26(±0,17)	0,37(±0,16)	0,33(±0,18)	0,19(±0,11)	0,35(±0,18)	0,31(±0,13)	0,08
Ce	3,37(±1,18)	2,04(±0,93)	2,78(±1,00)	1,55(±0,59)	2,95(±1,08)	2,66(±2,04)	2,12(±0,55)	3,13(±1,15)	3,23(±1,42)	1,08
Lu	0,03(±0,02)	0,10(±0,10)	0,04(±0,03)	0,02(±0,03)	0,19(±0,28)	0,03(±0,01)	0,03(±0,04)	0,12(±0,16)	0,09(±0,03)	0,15
U	3,17(±3,91)	2,36(±3,77)	1,97(±1,60)	1,36(±1,61)	4,61(±5,00)	1,67(±3,18)	2,17(±1,97)	1,83(±1,91)	1,34(±1,93)	0,29
Th	0,56(±0,21)	0,33(±0,19)	0,41(±0,17)	0,27(±0,12)	0,53(±0,21)	0,40(±0,31)	0,32(±0,10)	0,47(±0,25)	0,54(±0,38)	0,27
Cr	5,24(±1,50)	3,16(±1,48)	5,82(±2,39)	2,31(±1,23)	5,77(±2,02)	4,44(±2,19)	4,18(±1,58)	4,52(±1,48)	4,18(±1,22)	3,10
Hf	0,41(±0,14)	0,13(±0,11)	0,26(±0,10)	0,15(±0,05)	0,30(±0,14)	0,21(±0,17)	0,23(±0,10)	0,24(±0,14)	0,26(±0,15)	0,13
Ba	104,79(±56,08)	63,57(±33,87)	69,66(±36,38)	89,62(±45,64)	71,45(±37,43)	131,97(±41,83)	98,76(±79,31)	159,69(±54,04)	120,05(±96,56)	160,82
Cs	0,42(±0,39)	1,75(±1,77)	0,37(±0,27)	0,89(±1,58)	1,74(±2,66)	0,40(±0,30)	0,96(±1,30)	1,23(±1,43)	2,43(±2,26)	1,21

Sc	0,77(±0,31)	0,42(±0,21)	0,58(±0,25)	0,31(±0,13)	0,47(±0,31)	0,44(±0,25)	0,38(±0,13)	0,52(±0,20)	0,52(±0,22)	0,28
Rb	11,78(±1,0 1)	7,08(±2,35)	14,02(±4,2 7)	10,19(±3,7 8)	13,17(±2,1 4)	10,38(±2,7 8)	11,32(±2,3 5)	9,42(±2,64)	9,47(±2,27)	7,23
Fe	2211,32(±3 11,22)	1155,20(±5 86,74)	1549,47(±4 78,11)	947,66(±21 0,17)	2226,40(±6 74,62)	1225,94(±4 57,43)	1656,43(±3 21,93)	1253,01(±7 11,29)	1476,85(±8 26,38)	1019,02
Zn	122,88(±47 ,30)	83,85(±38, 99)	110,52(±64 ,36)	85,17(±33, 07)	132,58(±55 ,79)	126,67(±39 ,11)	117,04(±48 ,82)	124,83(±50 ,29)	133,27(±42 ,41)	73,26
Co	1,15(±0,05)	0,67(±0,21)	0,50(±0,29)	0,47(±0,04)	0,89(±0,16)	0,77(±0,19)	0,77(±0,09)	1,18(±0,18)	1,19(±0,09)	0,81
Na	602,29(±53 9,38)	1294,56(±1 407,57)	246,26(±35 0,08)	943,71(±66 2,99)	924,81(±53 1,08)	893,40(±39 6,42)	1176,11(±1 717,36)	4951,64(±1 0540,98)	2777,44(±1 515,18)	442,63
Eu	0,14(±0,03)	0,03(±0,02)	0,07(±0,02)	0,04(±0,01)	0,07(±0,02)	0,05(±0,05)	0,06(±0,01)	0,07(±0,05)	0,08(±0,01)	0,02
La	1,92(±0,72)	1,40(±0,40)	3,91(±2,62)	1,09(±0,61)	1,83(±0,66)	1,15(±0,73)	1,06(±0,62)	1,85(±0,64)	1,73(±0,37)	0,81
Sb	0,81(±0,52)	0,20(±0,17)	0,56(±0,52)	1,11(±0,52)	1,29(±0,83)	0,51(±0,58)	1,01(±0,36)	1,00(±1,13)	0,62(±0,19)	0,22
Ca	28465(±11 276)	36800(±11 965)	31060(±13 623)	28721(±17 665)	32612(±11 936)	36433(±11 551)	40949(±22 900)	30471(±10 506)	31462(±11 216)	21306,70
Tb	0,07(±0,04)	0,03(±0,03)	0,04(±0,03)	0,03(±0,03)	0,07(±0,06)	0,03(±0,04)	0,04(±0,03)	0,06(±0,06)	0,07(±0,06)	0,04
Yb	0,08(±0,03)	0,08(±0,02)	0,09(±0,04)	0,07(±0,07)	0,10(±0,04)	0,08(±0,03)	0,06(±0,03)	0,11(±0,04)	0,10(±0,03)	0,02
Au	0(±)	0(±)	0,01(±)	0(±)	0(±)	0(±)	0(±)	0(±)	0(±)	0
Br	159,92(±17 3,89)	242,02(±12 2,94)	200,94(±18 6,06)	228,29(±20 6,73)	302,56(±24 4,39)	184,11(±20 8,51)	232,00(±13 2,67)	178,41(±19 8,32)	272,80(±13 2,34)	91,88

As	1,09(±0,63)	1,41(±0,88)	1,08(±0,56)	3,89(±2,85)	1,33(±1,30)	1,25(±0,93)	0,87(±0,43)	1,74(±0,58)	1,58(±0,95)	0,80
Ag	0,11(±0,11)	0,19(±0,39)	0,04(±0,04)	0,05(±0,05)	0,08(±0,08)	0,06(±0,05)	0,20(±0,30)	0,50(±0,73)	0,87(±1,29)	0,04
K	36887(±17 338)	121550(±1 3763)	26511(±14 403)	85018(±55 50)	22486(229 49±)	54234(±23 579)	30408(±61 031)	93368(±57 002)	54200(±68 027)	104932