

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 влияния природно-климатических условий на скорость гравитационного оседания частиц выбросов промышленных предприятий

УДК 551.508.9:628.518

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6А	Тайлашева Ксения Алексеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИЯТШ ОЯТЦ	Рыжакова Надежда Кирилловна	к.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП ОСГН	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИЯТШ ОЯТЦ	Гоголева Татьяна Сергеевна	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИЯТШ ОЯТЦ	Бычков Петр Николаевич	к.т.н.		

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (КОМПЕТЕНЦИИ ВЫПУСКНИКОВ)

Код результата	Результат обучения (компетенции)
Общекультурные компетенции	
P1	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.
P2	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.
P3	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.
P4	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.
P5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
P6	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.

Код результата	Результат обучения (компетенции)
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 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).
Р9	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.
Р10	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.

Код результата	Результат обучения (компетенции)
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 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 Ядерная физика и технологии
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерного топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:
 Бычков П.Н.

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
0А6А	Тайлашева Ксения Алексеевна

Тема работы:

Изучение влияния природно-климатических условий на скорость гравитационного оседания частиц выбросов промышленных предприятий

Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.02.2020, №59-91/с
---	----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2020
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Концентрации химических элементов в пробах мха, определенные нейтронно-активационным анализом на исследовательском реакторе ИРТ-Т
--------------------------	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Обзор литературы по методам определения скорости гравитационного оседания. 2. Регрессионный анализ результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов-трансплантатов. 3. Расчет скорости гравитационного оседания частиц выбросов ТЭЦ-5 и КрАЗ. 4. Обсуждение, выводы.
Перечень графического материала	Презентация
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность	Гоголева Татьяна Сергеевна

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИЯТШ ОЯТЦ	Рыжакова Надежда Кирилловна	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6А	Тайлашева Ксения Алексеевна		

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 Ядерная физика и технологии
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерного топливного цикла
 Период выполнения (весенний семестр 2019/2020 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2020
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.03.20	Составление и утверждение технического задания	5
05.03.20	Обзор литературы по теме	7
11.03.20	Выбор направления исследования	5
15.03.20	Изучение метода исследования	5
18.03.20	Регрессионный анализ данных	40
20.04.20	Практический расчет	10
23.04.20	Анализ и описание результатов	20
25.05.20	Подготовка к защите ВКР	8

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

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

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ИЯТШ ОЯТЦ	Бычков Петр Николаевич	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
0А6А	Тайлашева Ксения Алексеевна

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Радиационная безопасность человека и окружающей среды

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды 30%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Анализ конкурентных технических решений</i>	Технология QuaD SWOT-анализ
<i>2. Формирование плана и графика разработки НИ</i>	Определение трудоемкости Разработка графика проведения НИ
<i>3. Составление бюджета инженерного проекта</i>	Определение плановой себестоимости
<i>4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности</i>	Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала:

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ШБИП ОСГН	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6А	Тайлашева Ксения Алексеевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
0А6А	Тайлашева Ксения Алексеевна

Школа	ИЯТШ	Отделение школы (НОЦ)	ОЯТЦ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Радиационная безопасность человека и окружающей среды

Тема ВКР:

Изучение влияния природно-климатических условий на скорость гравитационного оседания частиц выбросов промышленных предприятий	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Обработка результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов-трансплантантов на персональном компьютере.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 1.1. Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства. 1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя.	– Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020); – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте. 2.2. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия вредных и опасных факторов.	– вредные факторы на рабочем месте (микроклимат, освещение, шумы, вибрации, излучение); – опасные факторы на рабочем месте (электрической природы).
3. Экологическая безопасность:	– анализ влияния отходов производства ПЭВМ на окружающую среду; – утилизация и переработка электронных отходов.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	– анализ наиболее типичной чрезвычайной ситуацией на рабочем месте - пожар; – превентивные меры и порядок действий при возникновении ЧС.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ИЯТШ ОЯТЦ	Гоголева Татьяна Сергеевна	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6А	Тайлашева Ксения Алексеевна		

Реферат

Бакалаврская работа содержит 94 страницы, 10 рисунков, 18 таблиц, 36 источников и 10 приложений.

Ключевые слова: мелкодисперсные частицы выбросов промышленных предприятий, скорость гравитационного оседания частиц, турбулентная атмосфера, диффузионно-конвективное уравнение переноса, метод мхов-трансплантатов, концентрации химических элементов в образцах мха, регрессионный анализ.

Целью данной работы является изучение влияния природно-климатических условий на скорость гравитационного оседания частиц выбросов промышленных предприятий.

В процессе работы изучена диффузионно-конвективная модель переноса загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, изучен метод оценки скорости гравитационного оседания с помощью функции распределения загрязняющих веществ вдоль выбранного направления от точечного высотного источника, проведен регрессионный анализ результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов-трансплантатов, проведен расчет скоростей гравитационного оседания частиц выбросов промышленных предприятий и их анализ.

Настоящее исследование показало, что наряду с турбулентной диффузией одним из основных механизмов оседания частиц выбросов промышленных предприятий может являться их движение в вертикальных восходящих или нисходящих потоках. На скорость оседания частиц влияют характеристики природно-климатических условий. Одним из основных природных факторов является скорость ветра.

Бакалаврская работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016 с применением пакетов Microsoft Excel 2016 и Wolfram Mathematica 12.

Оглавление

Введение.....	14
1 Диффузионно-конвективная модель переноса и ее основные параметры... 17	17
1.1 Диффузионно-конвективное уравнение переноса и его решение для точечного высотного источника.....	17
1.2 Методы определения скорости гравитационного оседания.....	18
1.2.1 Метод, основанный на уравнении Стокса.....	19
1.2.2 Эмпирические методы.....	19
1.2.3 Метод, основанный на использовании функции распределения загрязняющих веществ	21
2 Регрессионный анализ результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов-трансплантатов, размещенных в зонах влияния угольной ТЭЦ и алюминиевого завода.....	23
2.1 Планирование эксперимента.....	23
2.2 Анализ результатов измерения концентраций химических элементов	27
2.3 Распределения концентраций химических элементов в зонах влияния угольной ТЭЦ и алюминиевого завода.....	28
3 Результаты оценок скорости гравитационного оседания и их анализ	31
3.1 Основные показатели природно-климатических условий на исследуемых территориях.....	31
3.2 Результаты расчета скорости гравитационного оседания и их анализ .	34
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 41	41
4.1 Технология QuaD	42
4.2 SWOT-анализ.....	43
4.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	46

4.3.1	Определение трудоемкости выполнения работ	47
4.3.2	Разработка графика проведения научного исследования	49
4.4	Календарный план-график в виде диаграммы Ганта	51
4.5	Определение плановой себестоимости проведения НИ	51
4.5.1	Расчет материальных затрат НИ	52
4.5.2	Расчет амортизации специального оборудования	52
4.5.3	Заработная плата исполнителей НИ	53
4.5.4	Отчисления во внебюджетные фонды	55
4.5.5	Накладные расходы	56
4.6	Определение ресурсной эффективности исследования	57
	Выводы по разделу.....	58
5	Социальная ответственность	60
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	60
5.1.1	Правовые нормы трудового законодательства	60
5.1.2	Организация рабочего места исследователя	61
5.2	Производственная безопасность	63
5.2.1	Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	63
5.2.2	Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия вредных факторов при работе на ПЭВМ.....	64
5.2.3	Электробезопасность	66
5.3	Экологическая безопасность.....	69
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	71
	Выводы по разделу.....	73
	Заключение	75
	Список литературы	77

Приложение А	81
Приложение Б	84
Приложение В.....	87
Приложение Г	88
Приложение Д.....	89
Приложение Е.....	90
Приложение Ж.....	91
Приложение И	92
Приложение К.....	93
Приложение Л.....	94

Введение

Изучение распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе является особенно важной задачей в настоящее время. Это обусловлено тем, что загрязнение воздуха представляет угрозу здоровью человека и окружающей среде. По причине загрязнения воздуха в промышленных районах увеличивается число случаев заболеваний, таких как хронический бронхит, эмфизема легких, астма. Наибольшее влияние оказывается на детей и людей старшего возраста. Несмотря на наличие на предприятиях систем очистки выбросов, они не очищаются от мелкодисперсной пыли, содержащей тяжелые металлы, которые и наносят вред здоровью людей, вдыхающих загрязненный воздух.

Методы исследования загрязнения воздуха включают в себя экспериментальное изучение и математическое моделирование переноса частиц. Очевидно, что экспериментальный метод требует большого объема временных и финансовых ресурсов, тогда как математическое моделирование лишено данных недостатков. Для решения задач массопереноса в турбулентной атмосфере широко используется диффузионно-конвективная модель [1-4].

В диффузионно-конвективной модели переноса имеются такие параметры, как скорость гравитационного оседания частиц V_g и вертикальная составляющая коэффициента турбулентности k_z . В расчетах вместо скорости гравитационного оседания часто используют скорость седиментации $v_{\text{сед}}$, которая определяется при оседании частиц примеси в неподвижной диспергирующей среде или в ламинарном пылегазовом потоке. Скорость седиментации частиц сложной формы определяется только экспериментально, так как теоретически возможно определить лишь скорость седиментации сферических частиц в спокойной однородной среде (с использованием решения уравнения Стокса). Теоретических методов определения скорости

гравитационного оседания частиц сложной формы V_g в турбулентной атмосфере также не существует [5-8].

Для оценки скорости гравитационного оседания частиц выбросов, движущихся в турбулентной атмосфере, в данной работе использован полуэмпирический метод, основанный на математической обработке измеренных вдоль выбранного направления от точечного высотного источника загрязнения функций распределения загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах предприятий. В качестве точечных высотных источников загрязнения были использованы алюминиевый завод и угольная ТЭЦ.

Выбросы высотных источников загрязнения могут переноситься на расстояния более 10-15 км. При отдалении от источника загрязнения содержание примеси в атмосферном воздухе уменьшается, поэтому на больших расстояниях от предприятий количество загрязняющих веществ в воздухе будет сравнительно малым. Инструментальные методы измерения концентраций химических элементов в атмосферном воздухе в этом случае малопригодны [6-8], так как для получения достоверных результатов необходим большой период экспозиции. В данном случае для измерения функций распределения загрязняющих веществ выбросов предприятий может успешно использоваться метод мхов-биоиндикаторов, основанный на сравнительном анализе концентраций химических элементов во мхах, отобранных на исследуемой и фоновой территории, период экспозиции для которого составляет от нескольких недель до нескольких лет. Биомониторинг с помощью мхов разделяется на пассивный, при котором используются произрастающие на исследуемой местности мхи, и активный, при котором отобранные на условно чистой территории мхи размещаются на деревьях исследуемой местности на специальных планшетах. В данной работе был использован активный метод мхов-биоиндикаторов [9-23].

Функции распределения загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах предприятий, вдоль выбранного направления были изучены с

помощью эпифитного мха *Pylaisia polyantha* (Hedw.). Концентрации химических элементов в образцах мха были измерены с помощью нейтронно-активационного анализа. Природное содержание химических элементов в используемых видах мха измерено в фоновых образцах, отобранных на расстояниях 50 км и более от населенных территорий.

Целью данной работы является изучение влияния природно-климатических условий на скорость гравитационного оседания частиц выбросов промышленных предприятий.

Поставленные задачи:

1. Изучить диффузионно-конвективную модель переноса загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы.
2. Сделать обзор литературы по методам определения скорости гравитационного оседания.
3. Изучить метод оценки скорости гравитационного оседания с помощью функции распределения загрязняющих веществ вдоль выбранного направления от точечного высотного источника.
4. Провести регрессионный анализ результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов-трансплантатов.
5. Провести расчет скорости гравитационного оседания частиц выбросов.
6. Собрать и систематизировать информацию о природно-климатических условиях на исследуемых территориях.
7. Провести анализ полученных результатов.

1 Диффузионно-конвективная модель переноса и ее основные параметры

Исследования распространения примесей в атмосферном воздухе проводились еще с середины прошлого столетия. Наметилось два основных подхода к исследованиям – первый, при котором используется решение уравнения турбулентной диффузии с постоянными коэффициентами, и второй, при котором используются формулы, полученные с помощью статистики, и распределение примеси вблизи точечного источника в разных направлениях описывается законом Гаусса. Второй подход получил широкое распространение. Позже выяснилось, что формулы отражают некоторые особенности распространения примеси в атмосфере качественно, но не количественно. Поэтому начали разрабатываться другие методы. К настоящему времени имеется множество формул для определения концентрации примеси в атмосферном воздухе, однако далеко не все из них широко используются. С точки зрения физики переноса очень наглядной является диффузионно-конвективная модель.

1.1 Диффузионно-конвективное уравнение переноса и его решение для точечного высотного источника

Моделирование пространственного распределения выбросов промышленных предприятий осуществляется на основе диффузионно-конвективного уравнения переноса, которое имеет вид [1]:

$$u \frac{\partial q}{\partial x} + V_g \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial q}{\partial z}, \quad (1.1.1)$$

где q – средние значения концентраций примеси в приземном слое атмосферы на расстоянии x от источника загрязнения; u – скорость ветра в направлении оси x ; V_g – скорость гравитационного оседания частиц примеси; k_z – вертикальный коэффициент турбулентной диффузии.

Из аналитического решения диффузионно-конвективного уравнения для точечных высотных источников следует, что функциональная

зависимость средних приземных концентраций примеси от расстояния от точечного высотного источника с учетом фоновых концентраций q_{ϕ} имеет вид [1, 5]:

$$q(x) = \theta_1 x^{-\theta_2} \exp\left(-\frac{\theta_3}{x}\right) + q_{\phi}. \quad (1.1.2)$$

Значения параметров θ_2 и θ_3 зависят от высоты трубы газоочистки, дисперсного состава примеси, рельефа местности и атмосферных условий. Коэффициент пропорциональности θ_1 зависит, в основном, от мощности и режима работы предприятия.

В предположении о том, что скорость ветра и вертикальный коэффициент турбулентной диффузии заданы степенными функциями, для параметров θ_2 и θ_3 могут быть записаны следующие выражения [1]:

$$\theta_2 = -\left(\frac{3}{2} + \frac{V_g}{k_{\text{пр}}(1+n)}\right); \quad \theta_3 = \frac{u_{\text{пр}} H^{1+n}}{(1+n)^2 k_{\text{пр}}} = \frac{u_1 \left(\frac{H}{z_1}\right)^n H}{(1+n)^2 k_{\text{пр}}}, \quad (1.1.3)$$

где H – высота трубы источника загрязнения; n – параметр, характеризующий изменение скорости ветра с высотой z : $u_z = u_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^n = u_{\text{пр}}(z)^n$; u_1 – скорость ветра на высоте z_1 ; $k_{\text{пр}}$ – коэффициент пропорциональности вертикальной диффузии: $k_z = k_1 \left(\frac{z}{z_1}\right)^m = k_{\text{пр}}(z)^m$, где k_1 – коэффициент вертикальной диффузии на высоте z_1 ; m – параметр, характеризующий изменение коэффициента вертикальной диффузии с высотой z (обычно $m = 1$).

1.2 Методы определения скорости гравитационного оседания

Скорость гравитационного оседания является одним из основных параметров диффузионно-конвективной модели. От величины скорости оседания зависят пространственные профили загрязняющих веществ и дальность переноса.

1.2.1 Метод, основанный на уравнении Стокса

Напомним, что в расчетах зачастую используется скорость седиментации $v_{\text{сед}}$ вместо скорости гравитационного оседания. Скоростью седиментации называется скорость гравитационного оседания частиц, определенная в неподвижных средах или ламинарных пылегазовых потоках. В настоящее время скорость седиментации хорошо изучена теоретически и экспериментально.

Для расчета скорости седиментации в воздухе используется формула, полученная на основе уравнения Стокса в предположении о сферической форме частиц, связывающая скорость седиментации с вязкостью среды, в которой происходит осаждение [6]:

$$v_{\text{сед}} = \frac{d^2 \rho g}{18\mu}, \quad (1.2.1)$$

где ρ – плотность частиц, г/см³; g – ускорение свободного падения, см/с²; d – диаметр частиц, см; μ – динамический коэффициент вязкости, Па·с.

Обзор иностранной литературы показывает, что скорость Стокса является нижней границей скорости гравитационного оседания для мелкодисперсных частиц с размерами не более 15 мкм.

1.2.2 Эмпирические методы

Скорость седиментации частиц летучей золы выбросов промышленных предприятий можно определить двумя методами. Все известные способы определения скорости седиментации $v_{\text{сед}}$ частиц летучей золы основаны на седиментометрическом принципе [6]: скорость и время оседания частиц различного размера и массы различны (более крупные и, соответственно, более тяжелые частицы оседают быстрее).

Первый метод заключается в отборе представительной пробы частиц летучей золы массой не менее 0,5 г и определении ее плотности и скорости

седиментации. Необходимо произвести отбор представительной пробы частиц летучей золы, а затем диспергирование золы в жидкой или газообразной неподвижной среде. При применении данного метода возникает ряд проблем. Во-первых, этим способом определяется скорость перемещения частиц за счет сил гравитации в неподвижной среде, тогда как в атмосфере воздушные массы находятся в непрерывном движении. Следовательно, на скорость оседания влияют также аэродинамические свойства частиц, зависящие от их формы. Во-вторых, скорость седиментации зависит от дисперсного состава пыли, а дисперсный состав уловленной пыли и пыли, содержащейся в атмосферном воздухе, могут сильно отличаться [6]. В-третьих, из-за сравнительно малых концентраций пыли в атмосферном воздухе время пробоотбора составляет не менее нескольких суток.

Второй метод предполагает одновременное выделение частиц из газового потока и определение скорости седиментации. Разделение пылегазового потока на фракции с различными массами происходит за счет гравитационных или инерционных, чаще центробежных сил (для тонкодисперсной пыли с размерами частиц не более нескольких мкм). Данный метод малоприменим для измерения скорости седиментации в атмосферном воздухе, так как он используется при достаточно высоких концентрациях пыли в потоке. Кроме того, аэродинамические свойства частиц, движущихся в турбулентной атмосфере и в пылегазовом потоке, могут сильно отличаться.

Из вышесказанного следует, что известные методы определения скорости седиментации частиц выбросов промышленных предприятий не подходят для определения скорости гравитационного оседания частиц сложной формы, движущихся в турбулентной атмосфере.

1.2.3 Метод, основанный на использовании функции распределения загрязняющих веществ

Для решения проблем изучения переноса частиц в вертикальном направлении в Томском политехническом университете на кафедре ПФ ФТИ был разработан полуэмпирический метод определения скорости гравитационного оседания частиц [24], основанный на измерении функций распределения загрязняющей примеси вдоль выбранного направления от точечного высотного источника загрязнения с помощью метода мхов-биоиндикаторов и высокочувствительных методов анализа проб растительности.

Содержание химических элементов, накопленных за время экспозиции во мхах, пропорционально их содержанию в атмосферном воздухе. Следовательно, зависимость концентраций химических элементов, накопленных за время экспозиции во мхах, и концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от расстояния от источника имеет один и тот же функциональный вид. Поэтому измеренные с помощью мхов-биоиндикаторов функции распределения концентраций химических элементов описываются зависимостью (1.1.2) [1].

Функциональная зависимость средних концентраций примеси от расстояния от точечного высотного источника, полученная с помощью решения диффузионно-конвективного уравнения переноса, содержит параметры θ_2 и θ_3 , выражения для которых, в свою очередь, содержат скорость гравитационного оседания частиц V_g и вертикальный коэффициент турбулентной диффузии k_z как параметры. Следовательно, скорость гравитационного оседания частиц V_g и вертикальный коэффициент турбулентной диффузии k_z можно определить, аппроксимируя измеренные концентрации выражением (1.1.2).

Численные значения параметров θ_2 и θ_3 определяются с помощью регрессионного анализа результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мха, отобранных на разных расстояниях от источника.

Тогда, используя выражения (1.1.3), получим формулы для вычисления V_g и $k_{пр}$, в которых содержится средняя за время экспозиции скорость ветра $\overline{u_1}$ на высоте z_1 :

$$k_{пр} = \frac{\overline{u_1} \left(\frac{H}{z_1}\right)^n H}{(1+n)^2 \theta_3}, V_g = \frac{(\theta_2 - \frac{3}{2}) \overline{u_1} \left(\frac{H}{z_1}\right)^n H}{(1+n) \theta_3}. \quad (1.2.2)$$

2 Регрессионный анализ результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов-трансплантатов, размещенных в зонах влияния угольной ТЭЦ и алюминиевого завода

Регрессионным анализом называют группу статистических методов исследования влияния независимой переменной (одной или нескольких) на зависимую переменную. В рамках статистического моделирования регрессионный анализ является методом оценки взаимосвязи между переменными [25].

Регрессионный анализ необходим, чтобы выявить изменение значений зависимой переменной, если значение одной из независимых переменных изменяется, а значения остальных независимых переменных постоянны.

Для проведения регрессионного анализа необходимо определить вид функции регрессионной зависимости f [26], которая зависит от некоторых параметров. Существуют линейные и нелинейные регрессионные модели. Линейная регрессия предполагает, что функция f линейно зависима от параметров. Значения параметров в данном случае определяются методом наименьших квадратов. Если зависимость нелинейная, то сумма квадратов должна быть сведена к минимуму с помощью метода итераций. Это сложный процесс, и результаты в случае применения нелинейной модели могут быть непредсказуемыми.

При моделировании переноса примеси в атмосферном воздухе функция регрессионной зависимости имеет вид (1.1.2).

2.1 Планирование эксперимента

Целью ВКР является изучение влияния природно-климатических условий на скорость гравитационного оседания частиц выбросов промышленных предприятий. Для исследования были выбраны Новосибирская ТЭЦ-5 и Красноярский алюминиевый завод (КраЗ).

В работе были использованы данные, полученные ранее методом активного биомониторинга с помощью эпифитного мха *Pylaisia polyantha* (Hedw.) и последующим нейтронно-активационным анализом образцов [27]. Были изготовлены планшеты с отобраным на условно чистой территории мхом. Затем планшеты были размещены на деревьях на различных расстояниях от исследуемых объектов. Направление размещения планшетов обусловлено отсутствием других крупных источников загрязнения, а также преимущественным направлением ветра на данной территории и доступностью точек размещения.

Расположение планшетов на исследуемых территориях показано на рисунках 2.1 и 2.2.

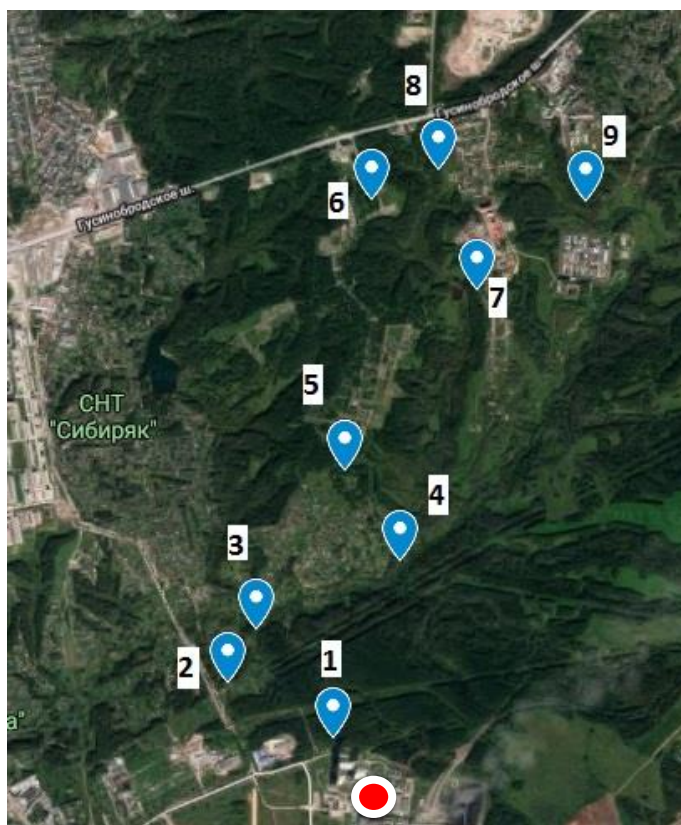


Рисунок 2.1 – Схема расположения точек размещения мхов-трансплантатов в зоне влияния ТЭЦ-5, г. Новосибирск

В зоне влияния Новосибирской ТЭЦ-5 планшеты были размещены 20.08.17 г. в северо-северо-восточном направлении на расстоянии: 1 – 0,75 км;

2 – 1,27 км; 3 – 1,35 км; 4 – 1,85 км; 5 – 2,5 км; 6 – 3,6 км; 7 – 4,15 км; 8 – 4,5 км и 9 – 5 км.

Планшеты для Красноярского алюминиевого завода были размещены 09.09.17 г. Всего было изготовлено 10 планшетов, 7 из которых размещались в северном направлении на расстоянии: 1 – 1 км; 2 – 2,3 км; 3 – 3,6 км; 4 – 5,4 км; 7 – 11,3 км; 5 – 12,2 км и 6 – 15,5 км. Еще 3 планшета размещались в северо-западном направлении на расстоянии: 8 – 3,6 км; 9 – 5,4 км и 10 – 6,8 км. Сравнительно большие расстояния, выбранные для размещения планшетов, обусловлены достаточно большой высотой труб газоочистки ТЭЦ (260 м) и алюминиевого завода (120 м).

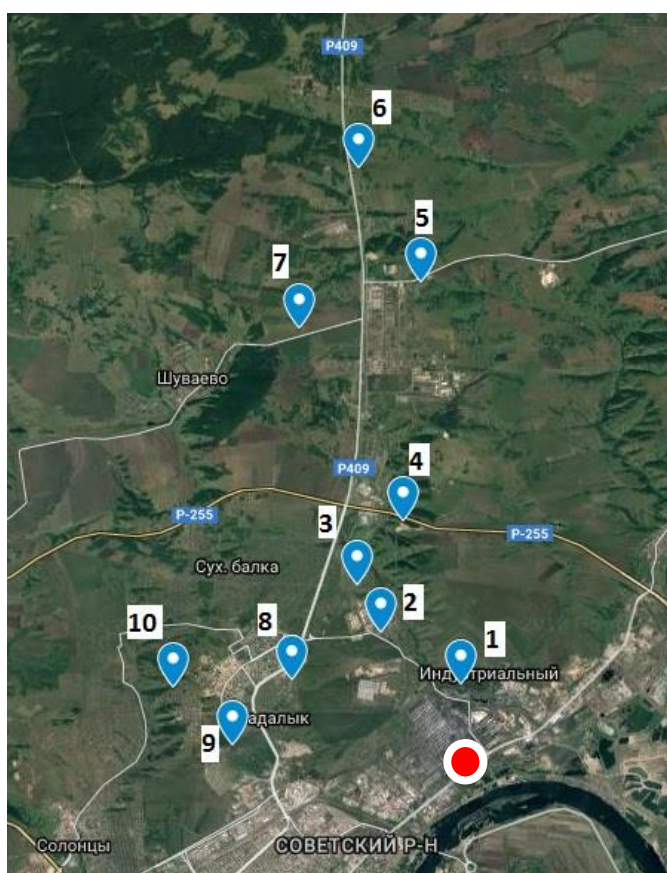


Рисунок 2.2 – Схема расположения точек размещения мхов-трансплантатов в зоне влияния алюминиевого завода, г. Красноярск

Планшеты прикрепляли к коре тополей и берез на высоте 1,5 м от земли; в каждой точке было прикреплено по 4 образца.

Снятие образцов было произведено через периоды экспозиции 2 месяца (для ТЭЦ-5 – 28.10.17 г., для КрАЗ – 04.11.17 г.) и 8 месяцев (для ТЭЦ-5 – 06.05.18 г., для КрАЗ – 01.05.18 г.). Одновременно снимались 2 из 4 образцов в каждой из точек, далее они помещались в отдельные полиэтиленовые пакеты.

Содержание химических элементов в образцах мха определяется с помощью НАА на исследовательском ядерном реакторе ИРТ-Т ТПУ. Одновременно с исследуемыми образцами облучались эталоны с известным содержанием определяемых элементов.



Рисунок 2.3 – Планшет, закрепленный на коре березы

Пробоподготовка мхов-трансплантатов к измерениям была проведена в соответствии с методикой [20, 23]. В процессе пробоподготовки к нейтронно-активационному анализу из каждого планшета получают по 2 таблетки образца мха, составляющих выборку параллельных проб. Таким образом уменьшается погрешность результатов измерения.

В исследуемых образцах с помощью НАА определены следующие элементы: *As, Ba, Br, Ca, Ce, Co, Cr, Cs, Eu, Fe, Hf, K, La, Lu, Mo, Na, Nd, Rb,*

Sb, Sc, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, U, Yb, Zn; погрешность измерений, в зависимости от химического элемента, составляет 15-20 %.

Для анализа результатов измерения проведено усреднение концентраций загрязняющих веществ для каждой точки по выборке параллельных проб.

2.2 Анализ результатов измерения концентраций химических элементов

Результаты измерений показали, что для ТЭЦ-5 содержание только одного элемента – *Ba* – не превышает фонового значения (под фоновым значением понимается среднее значение фонового диапазона); концентрации элементов *Br, Co, Cr, Eu, Fe, Na, Nd, Rb* не превышают фонового диапазона [20]; концентрации всех других химических элементов выше фоновых.

В зоне влияния угольной ТЭЦ обнаружено большое содержание *As, Ca, Ce, Cs, Hf, La, Lu, Mo, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, U, Yb, Zn*, для которых максимальные концентрации превышают фоновые значения в несколько раз и более. Однако, для периода экспозиции 2 месяца, концентрации трех из вышеперечисленных элементов (*As, Ca, Ce*) не превышают фоновых.

Для элементов *Cs, Hf, La, Mo, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, Yb* концентрации на расстоянии 750 м от предприятия оказались выше фоновых в несколько раз для обоих периодов экспозиции, что может быть обусловлено влиянием посторонних факторов, таких как движение грузовых автомобилей на территории угольной ТЭЦ, проведение погрузо-разгрузочных работ и т.д. Кроме того, превышения концентраций элементов *Mo, Sb, Yb* на расстоянии 750 м от ТЭЦ были выявлены только за период экспозиции 8 месяцев, а высокая концентрация *U* была обнаружена только за период экспозиции 2 месяца.

Концентрации *Cs, La, Lu, Mo, Sb, Sc, Sm, Tb, Th, U, Yb, Zn* на расстоянии 4-5 км для двух периодов экспозиции выше фоновых в несколько раз, что объясняется влиянием других источников загрязнения, например,

расположенной недалеко автомагистрали. Отметим, что превышения концентраций *Lu, Mo, Sb, Sc, Tb, Th, Yb, Zn* были выявлены только для периода экспозиции 8 месяцев.

Для КрАЗ содержание только одного элемента – *Ba* – не превышает фонового значения; концентрации элементов *As, Br, Ce, Co, Fe, Rb* не превышают фонового диапазона; концентрации всех других химических элементов выше фоновых.

В зоне влияния Красноярского алюминиевого завода обнаружено большое содержание *Ca, Cr, Cs, Eu, Hf, La, Lu, Mo, Na, Nd, Sb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, U, Yb, Zn*, для которых максимальные концентрации превышают фоновые значения в несколько раз и более. Однако, для периода экспозиции 2 месяца, концентрации четырех из вышеперечисленных элементов (*Eu, Sc, Sm, Zn*) не превышают фоновых. Кроме того, концентрации трех из вышеперечисленных элементов (*Cs, La, U*) не превышают фоновых значений за период экспозиции 8 месяцев.

На расстояниях более 10 км концентрации некоторых элементов (*Eu, La, Lu, Mo, Nd, Sb, Ta, Yb*) снова возрастают, что можно объяснить переносом на большие расстояния частиц тонкодисперсной фракции, доля которой особенно велика в выбросах алюминиевого завода [28].

Необходимо отметить, что концентрации *Na* в зимне-осенний период близки к фоновым, тогда как в летне-осенний период концентрации превышают фоновые в несколько раз. Возможно, это объясняется происхождением *Na* из пыли, а не из трубы газоочистки КрАЗ.

2.3 Распределения концентраций химических элементов в зонах влияния угольной ТЭЦ и алюминиевого завода

Анализ результатов измерений показал, что для данных источников загрязнения на расстояниях более 1 км концентрации большинства химических элементов с увеличением расстояния сначала возрастают, на

расстояниях от 1,5 до 4 км становятся максимальными и затем убывают. Кривая с максимумом характерна для распределения монодисперсной загрязняющей примеси в приземном слое атмосферы для точечного высотного источника и описывается функциональной зависимостью (1.1.2). Графики распределений концентраций химических элементов приведены в приложениях А и Б: точками изображены результаты измерений концентраций химических элементов в зависимости от расстояния от источника загрязнения, кривая линия – результат регрессионного анализа, горизонтальная прямая – фоновые концентрации химических элементов во мхах-трансплантатах.

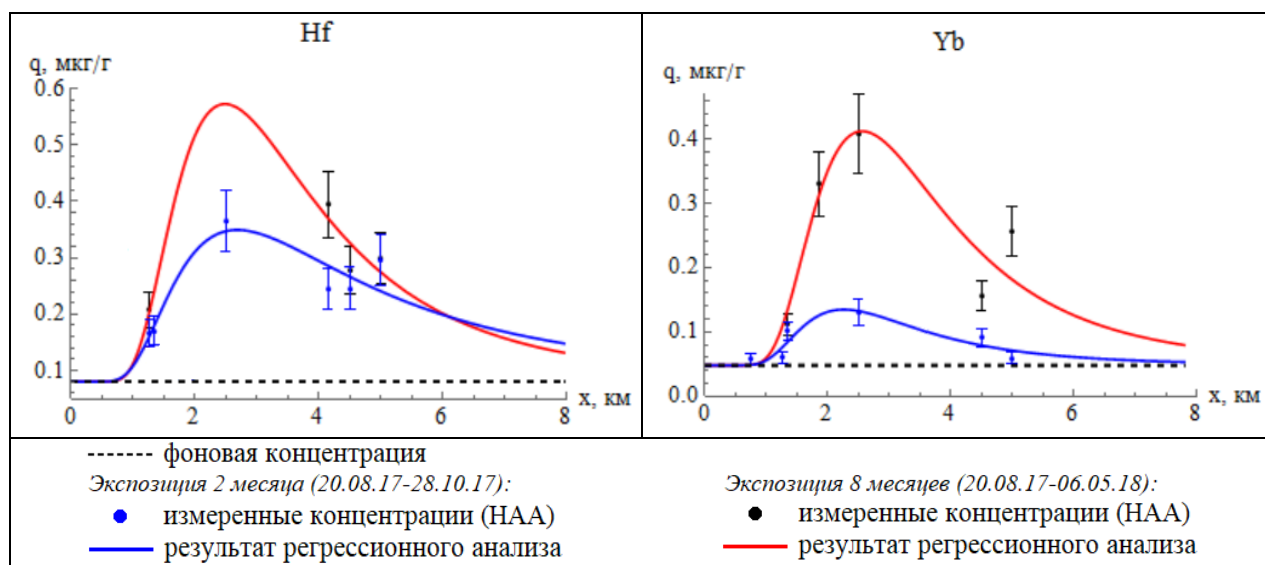


Рисунок 2.4 – Концентрации химических элементов во мхах, отобранных в зоне влияния угольной ТЭЦ

В качестве примера на рисунках 2.4, 2.5 изображены распределения концентраций для некоторых химических элементов для Новосибирской ТЭЦ-5 и Красноярского алюминиевого завода. При проведении регрессионного анализа не учитывались концентрации некоторых элементов в образцах мха, трансплантированных вблизи предприятий, так как результаты для них могут быть обусловлены влиянием посторонних факторов (движение грузовых автомобилей на территории предприятия, проведение погрузо-разгрузочных работ и пр.). Также не учитывались концентрации, принадлежащие фоновому диапазону [20] (природное содержание элементов

во мхах); высокие концентрации отдельных элементов, обнаруженные на больших расстояниях, обусловленные переносом на большие расстояния частиц тонкодисперсной фракции, доля которой особенно велика в выбросах АЗ.

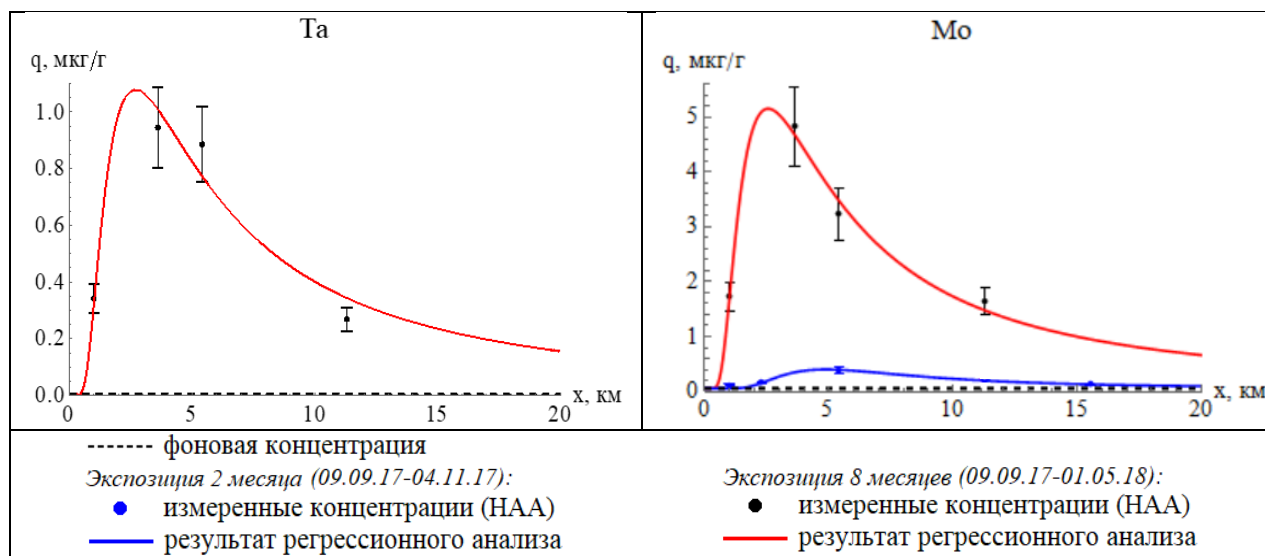


Рисунок 2.5 – Концентрации химических элементов во мхах, отобранных в зоне влияния алюминиевого завода

В результате регрессионного анализа были получены значения параметров θ_1 , θ_2 , θ_3 и погрешность в определении данных параметров (таблицы 3.1, 3.2, 3.3, 3.4). В приложениях В, Г, Д и Е приведены определенные методом НАО значения концентраций химических элементов в образцах мха, закрепленных на территориях, находящихся в зоне действия предприятий, и на фоновых территориях.

3 Результаты оценок скорости гравитационного оседания и их анализ

В данной работе была проведена оценка средних значений вертикальной компоненты скорости движения частиц выбросов промышленных предприятий, которую мы и называем скоростью гравитационного оседания.

Обзор иностранной литературы показывает, что на значения скорости оседания сильное влияние оказывает скорость и направление ветра.

3.1 Основные показатели природно-климатических условий на исследуемых территориях

Климат города Новосибирска, в котором расположена угольная ТЭЦ-5, является континентальным, характеризующимся холодной зимой и жарким летом. В Новосибирске продолжительная зима, сравнительно короткое лето и короткие весна и осень, отличающиеся неустойчивой погодой, поздними весенними и ранними осенними заморозками. Средняя годовая температура воздуха составляет $+1,7$ °С. Абсолютный максимум – $+36,6$ °С, минимум – $-46,3$ °С. Годовое количество осадков – 459 мм, из них в сентябре и октябре в среднем выпадает 88 мм осадков, в период с ноября по апрель – 157 мм. Ветры в основном южные, юго-западные, реже – восточные и западные. Розы ветров города Новосибирска за периоды экспозиции 2 месяца и 8 месяцев представлены на рисунках 3.1 и 3.3.

Алюминиевый завод находится в городе Красноярске, климат которого также является континентальным. Средняя годовая температура воздуха составляет $+1,6$ °С. Абсолютный максимум – $+36,4$ °С, минимум – $-52,8$ °С. Годовое количество осадков – 487 мм, из них в сентябре и октябре в среднем выпадает 92 мм осадков, в период с ноября по апрель – 146 мм. Ветра в основном юго-западные, западные, реже – южные. Розы ветров города Красноярска за периоды экспозиции 2 месяца и 8 месяцев представлены на

рисунках 3.2 и 3.4. Розы ветров построены по данным Gismeteo, приведенным для высоты $z_1 = 10$ м.

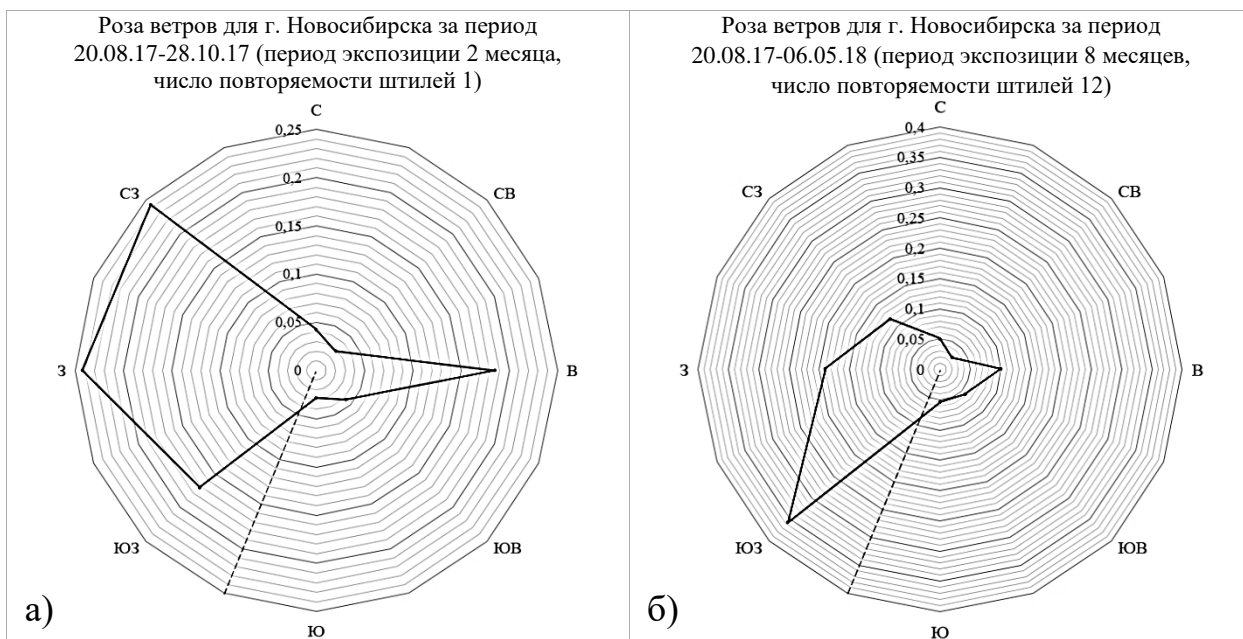


Рисунок 3.1 – Роза ветров для г. Новосибирска (отображается вероятность):
а) период с 20.08.17 по 28.10.17; б) период с 20.08.17 по 06.05.18

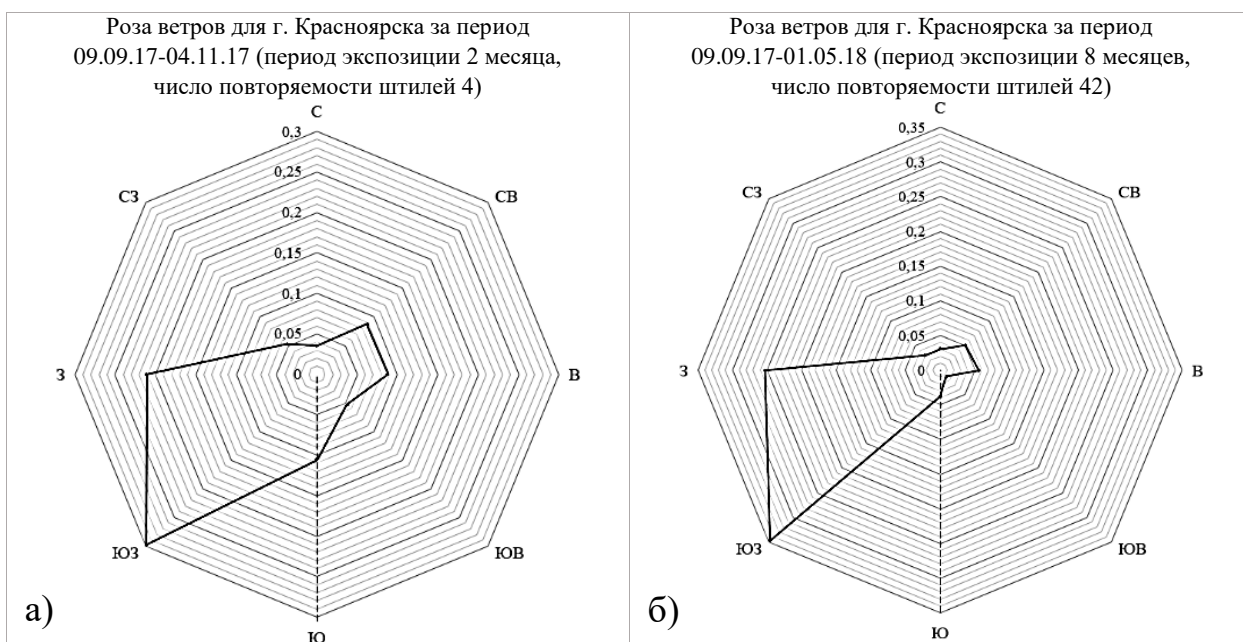


Рисунок 3.2 – Роза ветров для г. Красноярска (отображается вероятность):
а) период с 09.09.17 по 04.11.17; б) период с 09.09.17 по 01.05.18

Роза ветров для г. Красноярска практически не изменяется с течением времени; в основном наблюдаются юго-западные ветры, реже – западные. Вероятность южного ветра уменьшилась в 2,5 раза. Роза ветров для

г. Новосибирска значительно меняется: в период с 20.08.17 по 28.10.17 преобладают ветры восточного и западных направлений; в период с 20.08.17 по 06.05.18 наиболее вероятными были ветры юго-западного направления. Вероятность ветра юго-юго-западного направления увеличилась в 2 раза.

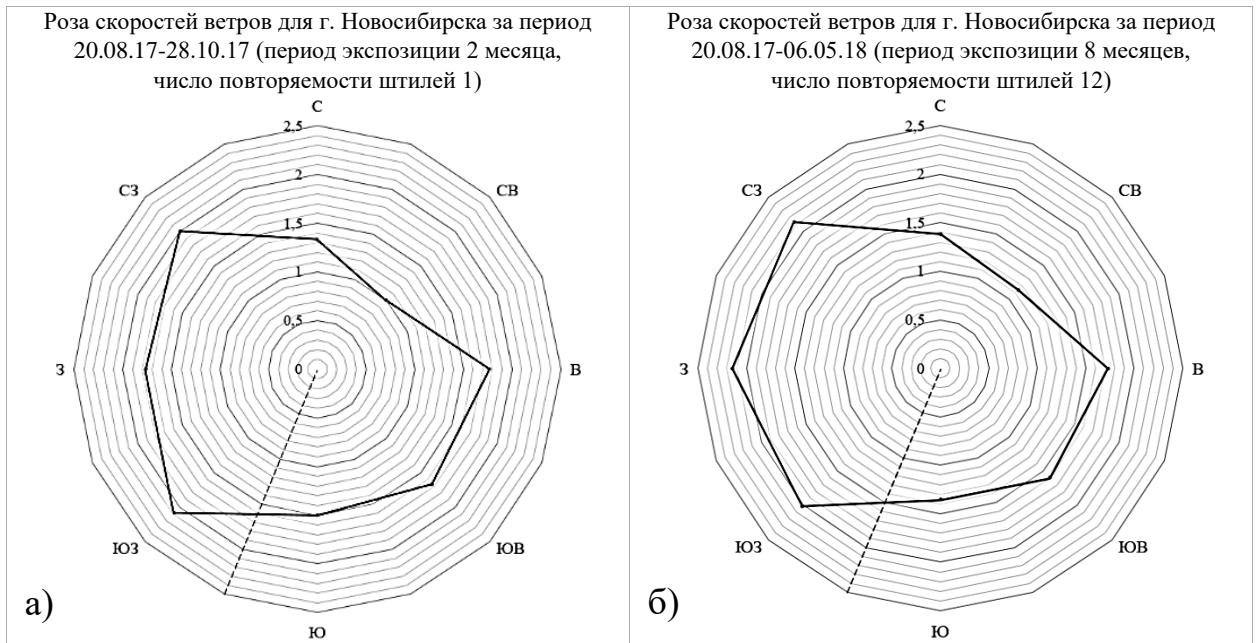


Рисунок 3.3 – Роза ветров для г. Новосибирска (отображается скорость ветра): а) период с 20.08.17 по 28.10.17; б) период с 20.08.17 по 06.05.18

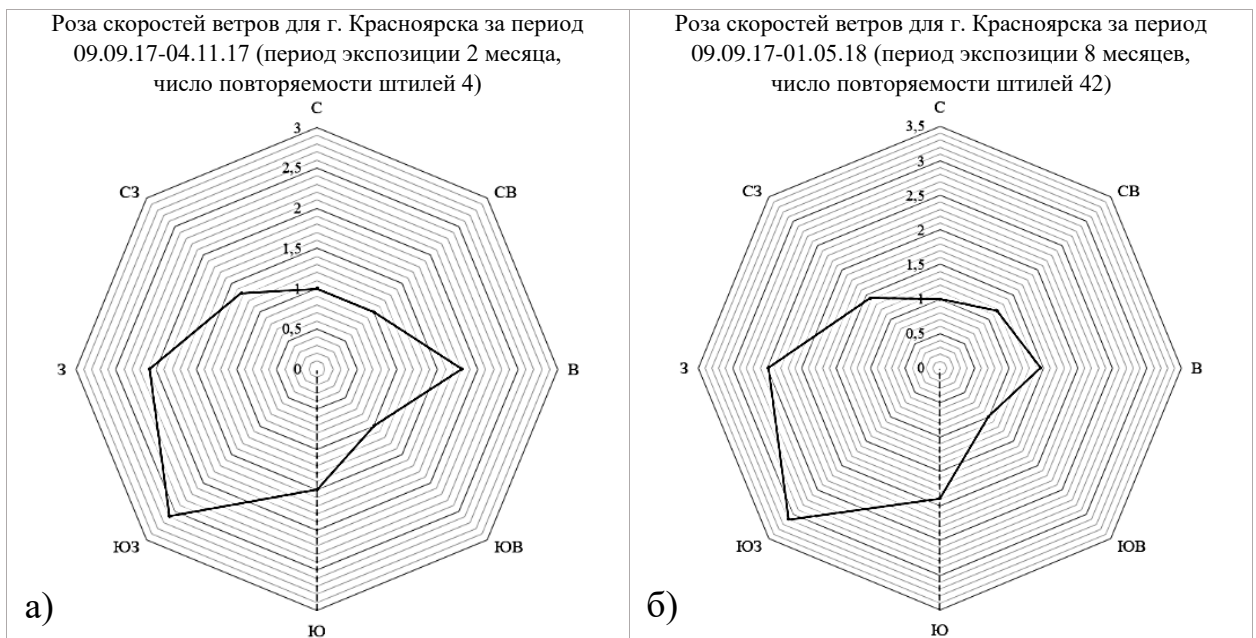


Рисунок 3.4 – Роза ветров для г. Красноярска (отображается скорость ветра): а) период с 09.09.17 по 04.11.17; б) период с 09.09.17 по 01.05.18

Розы скоростей ветров для Новосибирска и Красноярска практически не изменяются с течением времени.

Зона влияния ТЭЦ-5 расположена на равнине, где находится густой лес. Рельеф зоны влияния алюминиевого завода холмистый и неоднородный, полосы с густой растительностью (преобладают сосна, кедр, лиственница, береза, осина) чередуются с полями.

3.2 Результаты расчета скорости гравитационного оседания и их анализ

При расчете параметров переноса (скорости гравитационного оседания частиц примеси V_g и коэффициента пропорциональности вертикальной диффузии $k_{пр}$) по формулам (1.2.2) использовались значения средних за период экспозиции скоростей ветра $\overline{u_1}$, определенные по розам ветров (см. рисунки 3.3, 3.4). В таблицах 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 приведены значения параметров θ_1 , θ_2 , θ_3 , погрешность в определении параметров θ_2 , θ_3 , скорость гравитационного оседания V_g и значения k_z ($z = 1$) при $n = 0,2$ для некоторых химических элементов. Численные значения коэффициента турбулентной диффузии k_z при $z = 1$ совпадают со значениями коэффициента пропорциональности вертикальной диффузии $k_{пр}$.

Для анализа были выбраны только те химические элементы, для которых максимум прослеживается отчетливо. В этом случае зависимость отчетливо видна и результаты можно считать надежными. Список элементов, участвующих в анализе: для ТЭЦ-5 и периода экспозиции 2 месяца – *Hf, Mo, Sb, Sc, Sm, Th, U, Yb, Zn*; для ТЭЦ-5 и периода экспозиции 8 месяцев – *As, Ce, Cs, Hf, Sb, Sc, Th, Yb, Zn*; для КрАЗ и периода экспозиции 2 месяца – *Ca, Cr, Lu, Mo*; для КрАЗ и периода экспозиции 8 месяцев – *Eu, Mo, Nd, Sm, Ta, Yb, Zn*. Далее будем рассматривать только вышеперечисленные элементы.

Таблица 3.1 – Значения параметров θ_1 , θ_2 , θ_3 , скорости гравитационного оседания V_g и вертикального коэффициента турбулентной диффузии k_z ($z = 1$ м) для ТЭЦ-5, период экспозиции – 2 месяца с 20.08.17 по 28.10.17 ($n = 0,2$; $\bar{u}_1 = 1,6$ м/с; $z_1 = 10$ м; $H = 260$ м)

Элемент	θ_1 , мкг/г	θ_2	Стандартная ошибка в определении θ_2 , %	θ_3 , км	Стандартная ошибка в определении θ_3 , %	k_z , м ² /с ($z=1$ м)	V_g , м/с
Hf	168,84	3,24	1,15	8,70	2,89	0,06	0,13
Mo	1,49·10 ⁴	7,19	1,24	10,87	2,15	0,05	0,35
Sb	9,73·10 ⁴	6,65	2,13	14,70	4,74	0,04	0,23
Sc	186,05	3,64	2,74	9,34	6,80	0,06	0,15
Sm	2,89·10 ³	4,55	5,37	14,96	16,77	0,04	0,14
Th	50,74	2,65	4,27	8,76	12,08	0,06	0,09
U	259,48	3,38	0,94	7,67	2,02	0,07	0,16
Yb	1,49·10 ³	5,37	1,96	12,14	4,24	0,05	0,21
Zn	1,22·10 ⁵	3,93	1,09	8,99	2,44	0,06	0,18
Среднее значение:						0,05	0,18

Заметим, что для ТЭЦ-5 для периода экспозиции 2 месяца было получено 9 положительных значений V_g , которые находятся в диапазоне от 0,09 м/с до 0,35 м/с, среднее значение 0,18 м/с. Статистическая обработка полученных значений V_g показала, что медианное значение выборки составляет 0,18 м/с – выборка симметрична (медиана совпадает со средним значением); коэффициент вариации составляет 39% – вариация умеренная.

Таблица 3.2 – Значения параметров θ_1 , θ_2 , θ_3 , скорости гравитационного оседания V_g и вертикального коэффициента турбулентной диффузии k_z ($z = 1$ м) для ТЭЦ-5, период экспозиции – 8 месяцев с 20.08.17 по 06.05.18 ($n = 0,2$; $\bar{u}_1 = 1,5$ м/с; $z_1 = 10$ м; $H = 260$ м)

Элемент	θ_1 , мкг/г	θ_2	Стандартная ошибка в определении θ_2 , %	θ_3 , км	Стандартная ошибка в определении θ_3 , %	k_z , м ² /с ($z=1$ м)	V_g , м/с
As	6,45·10 ⁴	4,40	1,48	11,79	4,14	0,04	0,15
Ce	1,19·10 ³	2,72	1,49	6,90	3,61	0,08	0,11
Cs	3,09·10 ⁹	11,05	5,04	31,28	14,82	0,02	0,19
Hf	4,24·10 ³	4,74	3,91	11,78	8,83	0,04	0,17
Sb	3,46·10 ⁴	5,43	1,85	12,91	4,44	0,04	0,19
Sc	424,21	3,62	4,25	8,94	9,10	0,06	0,15
Th	197,61	3,36	2,02	7,64	4,33	0,07	0,15

Продолжение таблицы 3.2

Элемент	θ_1 , мкг/г	θ_2	Стандартная ошибка в определении θ_2 , %	θ_3 , км	Стандартная ошибка в определении θ_3 , %	k_z , м ² /с (z=1м)	V_g , м/с
Yb	$1,66 \cdot 10^4$	5,53	2,18	14,15	5,87	0,04	0,18
Zn	$5,41 \cdot 10^7$	6,70	2,27	14,09	4,56	0,04	0,23
Среднее значение:						0,05	0,17

Для ТЭЦ-5 для периода экспозиции 8 месяцев было получено 9 положительных значений V_g , которые находятся в диапазоне от 0,11 м/с до 0,23 м/с, среднее значение 0,17 м/с. Статистическая обработка полученных значений V_g показала, что медианное значение выборки составляет 0,18 м/с – выборка симметрична (медиана практически совпадает со средним значением); коэффициент вариации 19% – вариация слабая.

Таблица 3.3 – Значения параметров θ_1 , θ_2 , θ_3 , скорости гравитационного оседания V_g и вертикального коэффициента турбулентной диффузии k_z (z = 1 м) для КрАЗ, период экспозиции – 2 месяца с 09.09.17 по 04.11.17 (n = 0,2; $\bar{u}_1 = 1,5$ м/с; $z_1 = 10$ м; H = 120 м)

Элемент	θ_1 , мкг/г	θ_2	Стандартная ошибка в определении θ_2 , %	θ_3 , км	Стандартная ошибка в определении θ_3 , %	k_z , м ² /с (z=1м)	V_g , м/с
Ca	$6,46 \cdot 10^4$	0,44	0,04	1,05	0,11	0,19	-0,25
Cr	69,99	1,01	0,40	1,90	1,05	0,11	-0,06
Lu	3,35	1,73	0	5,28	0	0,04	0,01
Mo	$1,62 \cdot 10^3$	3,27	1,51	15,97	6,62	0,01	0,03
Средние значения:						0,09	0,02/-0,16

Для алюминиевого завода для периода экспозиции 2 месяца было получено лишь два положительных и два отрицательных значения V_g , поэтому статистическая обработка не производилась.

Таблица 3.4 – Значения параметров θ_1 , θ_2 , θ_3 , скорости гравитационного оседания V_g и вертикального коэффициента турбулентной диффузии k_z ($z = 1$ м) для КрАЗ, период экспозиции – 8 месяцев с 09.09.17 по 01.05.18 ($n = 0,2$; $\bar{u}_1 = 1,9$ м/с; $z_1 = 10$ м; $H = 120$ м)

Элемент	θ_1 , мкг/г	θ_2	Стандартная ошибка в определении θ_2 , %	θ_3 , км	Стандартная ошибка в определении θ_3 , %	k_z , м ² /с ($z=1$ м)	V_g , м/с
Eu	84,01	2,12	0,85	5,20	1,89	0,05	0,04
Mo	163,09	1,79	0,31	4,57	0,71	0,06	0,02
Nd	19,72	0,77	0,49	1,99	1,25	0,13	-0,12
Sm	3,26	0,54	0,39	2,26	1,31	0,12	-0,13
Ta	32,11	1,71	0,59	4,59	1,46	0,06	0,01
Yb	$3,23 \cdot 10^4$	6,08	2,01	14,25	5,00	0,02	0,10
Zn	$2,57 \cdot 10^3$	0,53	0,46	1,66	1,38	0,16	-0,18
Средние значения:						0,09	0,04/-0,14

Для КрАЗ для периода экспозиции 8 месяцев 4 значения V_g из 7 оказались положительными, они находятся в диапазоне от 0,01 м/с до 0,10 м/с, среднее значение 0,04 м/с. Статистическая обработка значений V_g с положительным знаком показала, что медианное значение выборки составляет 0,03 м/с – выборка симметрична (медиана практически совпадает со средним значением); коэффициент вариации составляет 82% (вариация сильная). Отрицательные значения находятся в диапазоне от -0,12 м/с до -0,18 м/с, среднее значение -0,14 м/с; коэффициент вариации составляет 18% (вариация слабая).

Напомним, что отрицательные значения V_g соответствуют перемещению частиц вверх от земной поверхности. Таким образом, частицы выбросов ТЭЦ-5 перемещаются преимущественно вниз (см. приложение Ж, приложение И). Для КрАЗ получены и отрицательные значения скорости (см. приложение К, приложение Л), значит, часть частиц перемещается преимущественно вверх. Известно, что движение частиц в атмосферном воздухе происходит в турбулентных и конвективных потоках в поле сил гравитации. Градиенты температуры в горизонтальных направлениях приводят к возникновению ветра. В вертикальном направлении также

наблюдаются температурные градиенты, и в результате в неустойчивой атмосфере возникают вертикальные перемещения воздуха.

Наблюдаются вертикальные скорости конвективных воздушных потоков самых разных масштабов и значений. Под масштабом понимаются размеры областей, в пределах которых вертикальная скорость сохраняет определенный знак. Масштаб (размер) объемов воздуха с одним знаком вертикальной скорости может принимать самые разные значения. Чем больше характерный размер области, тем меньше абсолютная величина вертикальной скорости. В зонах влияния предприятий с характерными размерами от нескольких километров до нескольких десятков километров наблюдаются мезомасштабные вертикальные движения со скоростью от нескольких см/с до нескольких десятков см/с. Именно этому диапазону принадлежат результаты оценок V_g для выбросов ТЭЦ-5 и КрАЗ.

Из вышесказанного следует, что в зонах влияния крупных предприятий одним из основных механизмов переноса частиц в вертикальном направлении может быть их движение в восходящих или нисходящих потоках воздуха, наблюдающихся при неустойчивых состояниях атмосферы. Отметим, что неупорядоченные вертикальные движения в прилегающих к земной поверхности слоях воздуха характерны для расстояний до нескольких сотен метров и описываются турбулентной диффузией. Мелкомасштабная приземная турбулентность вряд ли может являться эффективным механизмом переноса частиц в вертикальном направлении из-за отсутствия когерентных структур в турбулентных потоках.

Средние положительные значения скорости гравитационного оседания частиц угольной ТЭЦ в несколько раз выше, чем для выбросов алюминиевого завода. Коэффициент вариации V_g для ТЭЦ ниже в 3 раза по сравнению с коэффициентом вариации для положительных значений V_g для АЗ. Эти результаты согласуются с известным дисперсным составом угольной и глиноземной пыли [28]. Действительно, согласно данным, приведенным в справочном издании [28], в угольной пыли массовое содержание частиц с

размерами более 10 мкм составляет примерно 80%, причем доли частиц с размерами 10...30 мкм и более 30 мкм примерно одинаковы. Характерные размеры частиц глиноземной пыли меньше, чем угольной, и находятся в более узком диапазоне 1...40 мкм, к тому же глиноземная пыль характеризуется высоким содержанием мелкодисперсной фракции – 62% частиц имеют размеры около 15 мкм [28].

Для оценки влияния действия сил гравитации проведем сравнение полученных средних скоростей гравитационного оседания для двух источников загрязнения со скоростями седиментации, определенными по формуле (1.2.1) для частиц с медианным диаметром. В расчете используем динамический коэффициент вязкости воздуха $\mu_{\text{возд}} = 1,84 \cdot 10^{-5}$ Па·с при $t = 20$ °С и плотности частиц выбросов ТЭЦ и АЗ: $\rho_{\text{ТЭЦ}} = 2810$ кг/м³, $\rho_{\text{АЗ(БШ)}} = 2400$ кг/м³, $\rho_{\text{АЗ(К)}} = 3220$ кг/м³ [28]; ускорение свободного падения $g = 9,8$ м/с².

В таблице 3.5 приведены справочные данные о скорости витания (т.е. скорости движения частиц в неподвижном воздухе) v частиц золы от сжигания угля Назаровского месторождения, частиц пыли печи спекания бокситной шихты и пыли печи кальцинации алюминиевого завода. В таблице приведены также значения g – содержание частиц диаметром менее d .

Таблица 3.5 – Скорость витания в воздухе v частиц золы угольной ТЭЦ и пыли алюминиевого завода и значения g [28]

Зола от сжигания угля Назаровского месторождения								
d , мкм	2,5	4,0	6,3	10	16	25	40	
v , см/с	0,05	0,13	0,33	0,83	2,13	5,20	13,32	
g , % (по массе)	7,5	13	21	32,6	48	63	77	
Пыль печи спекания бокситной шихты алюминиевого завода								
d , мкм	1,0	2,5	4,0	6,3	10	16	25	40
v , см/с	0,01	0,04	0,11	0,28	0,71	1,82	4,44	11,37
g , % (по массе)	10	22	32	43	57	68	80	88
Пыль печи кальцинации алюминиевого завода								
d , мкм	2,5	4,0	6,3	10	16	25		
v , см/с	0,06	0,15	0,38	0,96	2,46	6,00		
g , % (по массе)	5	12	27	52	86	97,5		

Значение скорости Стокса частиц золы угольной ТЭЦ в воздухе, полученное для медианного диаметра $d_{50} = 17$ мкм, составляет $v = 2,4$ см/с; для пыли алюминиевого завода значения скорости Стокса в воздухе для медианных диаметров $d_{50} = 8$ мкм (пыль печи спекания бокситной шихты) и $d_{50} = 9,6$ мкм (пыль печи кальцинации), соответственно, $v = 0,5$ см/с и $v = 0,9$ см/с, среднее значение $v = 0,7$ см/с. Использование в расчетах медианных диаметров обусловлено тем, что в соответствии с данными [28] распределения частиц выбросов предприятий по диаметрам являются симметричными.

Сравним полученные значения скоростей Стокса в воздухе для частиц с медианным диаметром со средними значениями V_g , определенными в исследовании. Напомним, что были получены следующие значения V_g : для ТЭЦ-5 – 18 см/с (экспозиция 2 месяца) и 17 см/с (экспозиция 8 месяцев); для КрАЗ – 2 см/с (экспозиция 2 месяца) и 4 см/с (экспозиция 8 месяцев). Из сравнения видно, что скорости Стокса в воздухе меньше скоростей гравитационного оседания в несколько раз. Также отметим, что эта тенденция усиливается с ростом характерного размера частиц и увеличением скорости ветра. Данный результат согласуется с результатами, представленными в иностранной литературе.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что скорость ветра является одним из основных факторов, влияющих на скорость гравитационного оседания частиц пыли. Климатические условия в зонах влияния ТЭЦ-5 и КрАЗ практически не отличаются. Для ТЭЦ-5 средняя скорость ветра юго-юго-западного направления незначительно снизилась с течением времени (для периода экспозиции 2 месяца – 1,6 м/с; 8 месяцев – 1,5 м/с), при этом средняя скорость гравитационного оседания частиц также незначительно снизилась. Для КрАЗ средняя скорость ветра южного направления для двух периодов экспозиции заметно отличается: 2 месяца – 1,5 м/с; 8 месяцев – 1,9 м/с; при этом средняя скорость гравитационного оседания частиц выбросов увеличивается в 2 раза.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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.

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 [29].

Целью данной ВКР является изучение влияния природно-климатических условий на скорость гравитационного оседания частиц выбросов промышленных предприятий.

4.1 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии лежит нахождение средневзвешенной величины групп показателей. Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации. В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{ср}} = \sum V_i B_i, \quad (4.1)$$

где $P_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки; V_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение $P_{\text{ср}}$ позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя $P_{\text{ср}}$ получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – перспективность средняя. Если от 39 до 20 – перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – перспективность крайне низкая.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение	Средневзвешенное значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,1	80	100	0,8	8
2. Помехоустойчивость	0,1	50	100	0,5	5
3. Надежность	0,12	80	100	0,8	9,6
4. Безопасность	0,11	90	100	0,9	9,9
5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,09	70	100	0,7	6,3
6. Простота эксплуатации	0,18	90	100	0,9	16,2
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность продукта	0,07	70	100	0,7	4,9
8. Цена	0,08	90	100	0,9	7,2
9. Финансовая эффективность научной разработки	0,09	70	100	0,7	6,3
10. Наличие сертификации разработки	0,06	50	100	0,5	3
Итого	1				76,4

Таким образом, средневзвешенное значение показателя качества и перспективности данной научной разработки получилось приблизительно равным 76, что позволяет говорить о том, что исследование является эффективным, так как обеспечивает хорошую точность и качество результатов. Дальнейший вклад инвестиций в данную разработку можно считать целесообразным.

4.2 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 4.2 – Матрица SWOT

	Сильные стороны проекта	Слабые стороны проекта
	<p>С1. Простота отбора образцов.</p> <p>С2. Экологичность технологии.</p> <p>С3. Простота обработки результатов.</p> <p>С4. Наличие отбора образцов в любое время года.</p> <p>С5. На данный момент не существует метода расчета скорости гравитационного оседания частиц выбросов сложной формы в турбулентной атмосфере.</p> <p>С6. Длительное время экспозиции (от нескольких недель до нескольких лет).</p> <p>С7. Небольшие погрешности при измерении концентраций методом НАА.</p> <p>С8. Возможность проведения НАА на базе исследовательского реактора НИИ ТПУ.</p>	<p>Сл1. Необходимо много образцов для более точного результата.</p> <p>Сл2. Сложность пробоподготовки образцов.</p> <p>Сл3. Процессы турбулентности атмосферы и влияния ее на движение частиц сложной формы очень сложны и поэтому моделей для математического описания гравитационного оседания частиц не существует.</p>

Продолжение таблицы 4.2

<p>Возможности</p> <p>В1. Использование результатов исследования для оценки и прогнозирования загрязнений атмосферы.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт.</p> <p>В3. Сотрудничество с рядом новых организаций.</p> <p>В4. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p> <p>В5. Разработка нового полуэмпирического метода оценки скорости гравитационного оседания частиц в условиях турбулентной атмосферы.</p> <p>В6. Публикации в высокорейтинговых журналах поспособствуют поднятию статуса ВУЗа.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»</p> <p>1. Простота обработки результатов даст возможность увеличить спрос на продукт.</p> <p>2. Надежность и безопасность метода даст возможность установить сотрудничество с рядом новых организаций.</p> <p>3. Длительное время экспозиции позволит исключить использование известных инструментальных методов измерения, что снизит себестоимость работ.</p> <p>4. Исследование актуально и не имеет аналогов.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»</p> <p>1. Сложность пробоподготовки образцов приводит к тому, что данный метод оценки займет от недели до месяца, что нельзя назвать оперативным.</p> <p>2. Приоритет конкурентных организаций из-за длительного срока исследований.</p> <p>3. Зависимость от качества работы приборов приводит к тому, что при неполадках в лаборатории есть возможность получить неточные результаты или испортить образцы.</p> <p>4. Отсутствие существующей математической модели, описывающей гравитационное оседание частиц сложной формы в турбулентной атмосфере, усложняет математическую обработку и трактовку полученных результатов.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Высокая цена технологии.</p> <p>У2. Конкуренция.</p> <p>У3. Отсутствие финансирования со стороны университета и государства.</p> <p>У4. Сложность поставки образцов для исследований.</p> <p>У5. Нежелание многих предприятий сотрудничать.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»</p> <p>1. Экологичность технологии дает преимущество перед конкурентами.</p> <p>2. Осуществление обработки результатов без применения сложных программ не станет причиной задержки получения полных результатов исследования.</p> <p>3. Работа актуальна и не имеет аналогов.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»</p> <p>1. Невостребованность технологии за счет ее неустойчивой конкурентоспособности.</p> <p>2. Стагнация исследований из-за отсутствия финансирования.</p>

Основываясь на результатах анализа, можно сделать вывод о трудностях и проблемах, с которыми может столкнуться данный исследовательский проект. Сильные стороны проекта включают в себя возможность сотрудничества с новыми организациями за счет надежности и безопасности данного продукта и увеличение спроса на продукт.

Слабыми сторонами являются необходимость отбора большого числа представительных проб для увеличения точности результата, сложность пробоподготовки образцов и отсутствие действующей математической модели гравитационного оседания частиц выбросов сложной формы, движущихся в турбулентной атмосфере. Угрозы для данного исследования – не востребованность технологии из-за ее неустойчивой конкурентоспособности и стагнация исследований из-за отсутствия финансирования. Кроме того, сложность пробоподготовки образцов значительно увеличит время проведения оценки состояния атмосферы представленным методом. Однако процесс обработки можно ускорить, компенсируя время, затраченное на пробоподготовку. Для этого необходимо осуществить обработку результатов измерения концентраций загрязняющих веществ в образцах мхов с помощью аппроксимации измеренных значений функцией (1.1.2) методом наименьших квадратов без применения сложных программ.

Из вышесказанного следует вывод, что данная технология должна выйти на российский рынок.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;

- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ по выполнению НИР, проведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок этапов и работ при выполнении бакалаврской работы приведен в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Изучение материалов по теме	Инженер
	3	Разработка общей методики проведения исследований	Руководитель
	4	Выбор направления исследования	Руководитель
	5	Календарное планирование работ по теме	Инженер
Теоретические исследования	6	Анализ литературных источников	Инженер
	7	Изучение метода расчета	Инженер
	8	Практический расчет	Инженер
	9	Систематизация данных	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 НИ	Руководитель Инженер
	15	Составление пояснительной записки	Инженер
	16	Подготовка к защите темы	Инженер

4.3.1 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 $t_{ожi}$ используется следующая формула:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5}, \quad (4.2)$$

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

$$\begin{aligned} t_{ож1} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8; & t_{ож2} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8; \\ t_{ож3} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8; & t_{ож4} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 2,2; \\ t_{ож5} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8; & t_{ож6} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8; \\ t_{ож7} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 6,8; & t_{ож8} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,8; \\ t_{ож9} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 8}{5} = 6,8; & t_{ож10} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 2,2; \\ t_{ож11} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8; & t_{ож12} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 5}{5} = 3,8; \\ t_{ож13} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 9 + 2 \cdot 11}{5} = 9,8; & t_{ож14} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 7}{5} = 5,8; \\ t_{ож15} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 4}{5} = 3,8; & t_{ож16} &= \frac{3t_{min.i} + 2t_{max.i}}{5} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 6}{5} = 4,8. \end{aligned}$$

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

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Таблица 4.4 – Продолжительность работы 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	1	4
4	2,2	1	2
5	4,8	1	4
6	3,8	1	5
7	6,8	1	7
8	2,8	1	3
9	6,8	1	7
10	2,2	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

4.3.2 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:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы, кал. дн.; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы, раб. дн.; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году; $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году; $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48.$$

В 2020 году 118 выходных и праздничных дней. Расчетная величина продолжительности работ T_{ki} была округлена до целых чисел. Расчетные данные сведены в таблице 4.5, на основании которой был построен календарный план-график.

Расчет для первой работы:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}} = 3 \cdot 1,48 = 4,44 \approx 4.$$

Таблица 4.5 – Временные показатели проведения НИ

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	7
3	3	5	3,8	1	4	6
4	1	3	2,2	1	2	3
5	3	5	4,8	1	4	6
6	4	6	3,8	1	5	7
7	6	8	6,8	1	7	10
8	2	4	2,8	1	3	4
9	6	8	6,8	1	7	10
10	2	4	2,2	1	3	4
11	3	5	3,8	1	4	6
12	3	5	3,8	2	2	3
13	9	11	9,8	2	5	7
14	5	7	5,8	2	3	4
15	2	4	2,8	1	5	7
16	4	6	5,8	1	5	7
Итого			138,6	-	67	195

Калькуляция плановой себестоимости проведения НИ составляется по следующим статьям затрат:

1. Материальные расходы.
2. Затраты на оплату труда работников, участвующих в НИ.
3. Дополнительная оплата труда исполнителей.
4. Отчисления во внебюджетные фонды.
5. Спецоборудование для научных и экспериментальных работ.
6. Накладные расходы.

4.5.1 Расчет материальных затрат НИ

Материальные затраты – это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Исследование, которое было проведено в ходе выполнения ВКР, является теоретическим. Результаты расчета материальных затрат представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Материальные затраты

Наименование	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплект канцелярских принадлежностей	340	4	1 200
Картридж для лазерного принтера	3 490	1	3 490
Итого			8 290

Цены приняты на основании прайс-листа поставщика материалов: <https://papyrus-tomsk.ru>, <https://mvideo.ru>.

4.5.2 Расчет амортизации специального оборудования

При проведении научного исследования использовалась ПЭВМ Hewlett-Packard. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года.

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме. Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.6)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (4.7)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Таблица 4.8 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПЭВМ	1	3	30	30
Итого		30 тыс. руб.			

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука с учетом того, что срок полезного использования составляет 3 года:

$$H_A = \frac{1}{3} = 0,33.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{0,33 \cdot 30000}{12} \cdot 3 = 2475 \text{ руб.}$$

4.5.3 Заработная плата исполнителей НИ

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной

плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (4.8)$$

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

Основная заработная плата научного руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) Оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор.

2) Стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) Иные выплаты. В заработной плате следует предусмотреть: надбавку за степень (кандидат наук – 3000 руб., доктор наук – 6000 руб.); районный коэффициент.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб} \quad (4.9)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника, руб.; $T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.10)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника с учетом регионального коэффициента (для Томска – 1,3), руб.; M – количество месяцев работы без

отпуска в течение года. При отпуске в 28 рабочих дней $M = 11,2$ месяца, пятидневная рабочая неделя; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала за вычетом отпуска и больничных, раб. дн.; $F_d = 225$ дн.

Основная заработная плата руководителя за период проведения работ (37 рабочих дней) равна:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d} = \frac{25000 \cdot 11,2}{225} = 1244,44 \text{ руб.},$$

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} = 1244,44 \cdot 69 = 85866,67 \text{ руб.}$$

Итого $Z_{\text{осн}} = 85866,67 + 3000 = 88866,67$ руб, где 3000 руб. надбавка за степень.

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 88866,67 = 13330 \text{ руб.}, \quad (4.11)$$

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

$$C_{\text{зп.пр}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} = 88866,67 + 13330 = 102196,67 \text{ руб.}$$

Заработная плата инженера состоит из стипендии. Инженер, выполнивший данную работу, получает стипендию в размере $Z_{\text{осн.ст}} = 2500$ руб. в месяц.

$$C_{\text{зп.ст}} = Z_{\text{осн.ст}} \cdot T_{\text{раб}} = 2500 \cdot 3 = 7500 \text{ руб.}$$

4.5.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды входят 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:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.12)$$

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

На 2020 г. в соответствии со статьей 425 НК РФ установлен размер страховых взносов равный 30%.

$$k_{\text{внеб}} = k_{\text{пф}} + k_{\text{с}} + k_{\text{пн}} = 0,3, \quad (4.13)$$

где $k_{\text{пф}}$ – коэффициент отчисления в пенсионный фонд; $k_{\text{с}}$ – коэффициент отчисления страховых взносов; $k_{\text{пн}}$ – коэффициент отчисления в подоходный налог.

Таким образом отчисления во внебюджетные фонды от затраты на оплату труда руководителя вычисляются следующим образом:

$$Z_{\text{внеб}} = 0,3 \cdot (88866,67 + 13330) = 30659 \text{ руб.}$$

4.5.5 Накладные расходы

Для учета накладных расходов нужно учесть расходы на содержание аппарата управления и общехозяйственных (общеуниверситетских) служб, которые в равной степени относятся ко всем выполняемым НИ. По этой статье учитываются оплата труда административно-управленческого персонала, содержание зданий, оргтехники и хозинвентаря, амортизация имущества, расходы по охране труда и подготовке кадров.

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей}/5) \cdot k_{\text{пр}} = 0,3, \quad (4.14)$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

Суммарные затраты на проведение НИ представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Затраты на проведение НИ

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты	8290,00
Амортизация	2475,00
Затраты на оплату труда работников, непосредственно занятых созданием НИ	109696,67

Продолжение таблицы 4.9

Наименование статей затрат	Сумма, руб.
Отчисления на социальные нужды	30659,00
Накладные расходы	6044,83
Итого	157165,50

4.6 Определение ресурсной эффективности исследования

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.15)$$

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 4.10.

Таблица 4.10 – 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:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{\text{р,исп1}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}}} = \frac{3,95}{0,5} = 7,9; \quad (4.16)$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{\text{р,исп2}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}}} = \frac{3,25}{0,73} = 4,45; \quad (4.17)$$

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

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}} = \frac{7,9}{4,45} = 1,78. \quad (4.18)$$

Таблица 4.11 – 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.

Выводы по разделу

1. Анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является эффективным, так как обеспечивает хорошую точность и качество результатов.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 95 дней; общее количество дней, в течение

которых работал инженер, составляет 82 дня; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 27 дней.

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 157165,5 руб.

4. 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. Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 3,95; значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 7,9. Значения выше, чем при исполнении 2, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

5 Социальная ответственность

На каждом производстве важно минимизировать вероятность травматизма, а также заболевания работающего человека. Не менее важным является обеспечение комфорта, ведь тогда производительность труда станет максимальной. С данными задачами призвана справляться охрана труда.

Охрана труда играет важную роль в трудовой жизни человека. Правильная организация труда значительно повышает его производительность и резко снижает возможность производственных травм. Благодаря этому уменьшаются финансовые расходы на лечение сотрудников. По статистике затраты на необходимые мероприятия и средства для охраны труда и безопасности жизнедеятельности в 10 раз меньше, чем расходы в результате несчастных случаев, связанных с несвоевременным проведением данных мероприятий.

Охрана труда – это система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия [30].

Правила охраны труда и безопасности жизнедеятельности являются обязательными для всех людей, находящихся на производстве.

Опасный производственный фактор – это производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме [30].

Вредный производственный фактор – это производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию [30].

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

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 специальное удостоверение.

Лица, работающие на ПЭВМ, не должны иметь медицинских противопоказаний. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

5.1.2 Организация рабочего места исследователя

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 показано на рисунке 5.1.

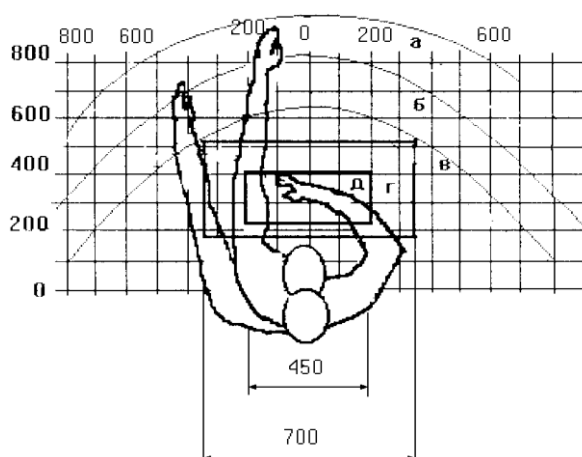


Рисунок 5.1 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости:
a – зона максимальной досягаемости рук; *б* – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; *в* – зона легкой досягаемости ладони; *г* – оптимальное пространство для грубой ручной работы; *д* – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

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

Рабочее кресло должно быть подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки до переднего края сиденья. 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 заглубленным передним краем [31].

Монитор должен быть расположен на уровне глаз на расстоянии 500-600 мм. Угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана. Наилучший угол обзора – 30° . Необходима возможность выбора уровня контрастности и яркости изображения на экране.

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана [31]:

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

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является ее размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15° [31]. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырехугольную форму с закругленными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели.

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают

внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной или физической напряженности, рекомендуются оттенки теплых тонов, которые возбуждают активность человека.

5.2 Производственная безопасность

5.2.1 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. В таблице 5.1 приведены основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Обработка результатов измерений на ПЭВМ	Микроклимат, освещение, шумы, вибрация, излучение	Электрический ток	– СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы; – ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность.

На инженера, который занимается обработкой информации на персональном компьютере, воздействуют следующие факторы:

1. Физические. При работе за компьютером на организм человека воздействуют такие факторы производственной среды как температура и влажность воздуха, вентиляция, шум, статическое электричество, электромагнитное поле низкой частоты и освещенность, ионизирующее излучение. Если на рабочем месте значения какого-либо из данных факторов

не соответствуют допустимым, производственную среду рассматривают как вредные условия труда. Например, недостаточное освещение рабочего места отрицательно влияет на зрение работника, при превышении допустимого уровня шума без защитных средств страдает слуховой аппарат человека, повышенная или пониженная влажность воздуха приводит к росту вероятности простудных заболеваний.

2. Психофизиологические. При напряженной работе могут возникать такие вредные производственные факторы, как физические перегрузки (статические, динамические) и нервно-психические перегрузки (умственное перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки). Последствия физического и психического истощения организма могут повлиять, как на работоспособность человека, так и на состояние здоровья в целом.

5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия вредных факторов при работе на ПЭВМ

Основными параметрами, характеризующими условия труда, являются микроклимат, шум, вибрация, электромагнитное поле, излучение, освещенность.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения показателей микроклимата устанавливаются в соответствии с [34] и приведены в таблице 5.2.

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путем. В помещение должны подаваться следующие объемы наружного воздуха: при объеме помещения до

20 м³ на человека – не менее 30 м³ в час на человека; при объеме помещения более 40 м³ на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция.

Таблица 5.2 – Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

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

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 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. Основной недостаток 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 органы слуха человека и на организм в целом 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 и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видеокабеля. Согласно [31] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см

вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

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

Плотность магнитного потока должна быть не более:

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

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.

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета. Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкбэр/час. Согласно [31], конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана не более 100 мкР/час.

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

5.2.3 Электробезопасность

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75%), высокой температуры (более 35 °С), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности

одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования. Оператор ЭВМ работает с электроприборами: компьютером (дисплей, системный блок и т.д.) и периферийными устройствами. Существует опасность поражения электрическим током в следующих случаях:

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

Электрический ток, протекая через тело человека, производит термическое, электролитическое, биологическое, механическое действие. Поражение электрическим током организма человека носит название электротравмы.

Сила тока, протекающего через тело человека, является главным фактором, от которого зависит исход поражения: чем больше сила тока, тем опаснее последствия. Ток зависит от напряжения, под которым оказался пострадавший, и суммарного электрического сопротивления, в которое входит сопротивление тела человека. При расчетах сопротивление тела человека принимается равным 1000 Ом.

Принято различать три пороговых значения тока по степени воздействия на организм [36]:

1) Ощутимый ток 0,6...1,5 мА для переменного тока частоты 50 Гц и 5...7 мА для постоянного тока. Возникают малоболезненные раздражения, человек может самостоятельно освободиться от токоведущей части, оказавшейся под напряжением.

2) Неотпускающий ток 10...15 мА (50 Гц) и 50...70 мА (постоянный). Такой ток вызывает болезненные судорожные сокращения мышц рук при касании (захвате) ими токопроводящих частей. Человек не может самостоятельно разжать руку и освободиться от воздействия тока.

3) Фибрилляционный ток 100 мА (50 Гц) и 300 мА (постоянный) при продолжительности воздействия более 0,5 с. Происходит фибрилляция сердца, остановка дыхания.

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от времени прохождения тока через тело человека. Чем больше будет время воздействия тока, тем сильнее будет поражение и тем меньше вероятность восстановления жизненных функций организма.

Из возможных путей протекания тока через тело человека (голова – рука, голова – ноги, рука – рука, нога – рука, нога – нога и т. д.) наиболее опасным является тот, при котором поражается головной мозг, сердце и легкие.

Степень поражения зависит также от рода и частоты тока. Наиболее опасным при напряжениях до 500 В является переменный ток частотой от 20 до 1000 Гц. При высоких напряжениях становится опаснее термическое действие тока, а при низких напряжениях основную опасность представляет электрический удар. При увеличении частоты тока относительно этого диапазона опасность поражения уменьшается, а при частотах в 450...500 кГц переменный ток в отношении электрического удара не опасен, хотя сохраняется опасность ожогов. Это объясняется поверхностным эффектом: ток высокой частоты проходит по нечувствительной поверхности кожи. При напряжениях, больших 500 В, опасным становится постоянный ток.

Состояние окружающей среды (температура, влажность, наличие пыли, паров, кислот) влияет на сопротивление тела человека и сопротивление изоляции, что в конечном итоге определяет характер и последствия поражения электрическим током.

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок выполняются в следующей последовательности:

1. Отключить напряжение с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа.
2. Принять меры по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы.
3. Вывесить плакаты, указывающие место работы.
4. Заземлить корпуса всех установок через нулевой провод.
5. Покрыть металлические поверхности инструментов изоляцией.

5.3 Экологическая безопасность

В условиях повсеместного увеличения количества компьютерной техники нельзя не учитывать влияние компьютеров на окружающую среду. Возможность загрязнения окружающей среды существует при производстве и утилизации ПЭВМ и прочей оргтехники.

Производство компьютеров контролируется стандартом ТСО. Согласно ему, сертификат выдается, если параметры оборудования и технология его производства соответствуют требованиям стандарта.

Ограничения на излучение от компьютерных мониторов и промышленной техники при их эксплуатации налагает стандарт MPR-II. Эргономичность и безопасность дисплеев регламентируется ТСО. Монитор, отвечающий этим требованиям, должен иметь низкий уровень электромагнитных излучений, обеспечивать автоматическое снижение электропотребления при долгом неиспользовании, отвечать европейским стандартам и электрической безопасности. Требования СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 касаются эксплуатации импортных ПЭВМ, используемых на производстве, в обучении.

Оргтехника списывается и утилизируется по специальной процедуре, предусмотренной законодательством, так как техника относится к опасным

отходам. При производстве компьютеров и другой оргтехники применяются вещества, опасные для жизнедеятельности (свинец, мышьяк и др.). Неправильная утилизация техники наносит вред экологии и здоровью людей.

Кроме того, в состав оргтехники входят детали, содержащие цветной металл, а также определенное количество драгоценных металлов (золото, серебро, платина). Металл можно извлечь и использовать повторно.

Статья 8.2 Административного кодекса запрещает выбрасывать технику наряду с бытовым мусором. П.2 ст. 20 Федерального закона № 41 от 26 марта 1998 года обуславливает ненадлежащую утилизацию техники как нарушение Налогового кодекса РФ из-за содержания в ней ценных металлов, которые должны быть переработаны и направлены в фонд государства.

Специализированным предприятиям разрешено утилизировать технику при наличии соответствующей лицензии, согласно Постановлению Правительства РФ № 524 от 26 августа 2006 года.

Список техники, подлежащей обязательной утилизации ввиду потенциальной опасности, содержится в приказе Министерства природных ресурсов, а также в Постановлении Правительства РФ № 818. В него входят компьютеры; мониторы; люминесцентные лампы; медицинская техника; бытовые приборы; аккумуляторы; сканеры; ксероксы; принтеры и картриджи для них и др. Нужно правильно утилизировать не только сами агрегаты, но и их лом, то есть даже отдельные части вышедшей из строя техники.

Первый этап утилизации производится силами организации с привлечением сертифицированных экспертов. Последующие этапы имеет право выполнять одна из специализированных фирм, зарегистрированных в Пробирной палате РФ. Список этапов утилизации следующий:

1. Получение акта списания: экспертная оценка; определение остаточной стоимости списываемой техники; заключение о невозможности ее дальнейшего использования; оформление выбытия ОС.

2. Демонтаж оборудования с отделением содержащих драгоценные металлы частей: обязателен акт об изъятии комплектующих, на основании

которого техника списывается с карточек учета; на его основании на каждую деталь заводится своя карточка учета (форма М-17), в которой указывается наименование лома (название узла), его общая масса и доля в ней драгметаллов каждого наименования.

3. Аффинаж – отделение драгоценных металлов от частей техники.
4. Оприходование полученных ценностей.
5. Передача драгметаллов в фонд государства.

Переработка промышленных отходов производится на специальных полигонах для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения токсичных отходов промышленных предприятий.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, представляющего опасность для окружающих, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [35].

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией на рабочем месте инженера, занимающегося обработкой экспериментальных данных на ПЭВМ, является возникновение пожара.

Согласно [32], 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 взрывопожарной и пожарной опасности 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 негорючих 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:

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

Выводы по разделу

На рабочем месте необходимо минимизировать вероятность травматизма и обеспечить комфорт, поэтому были определены факторы, воздействующие на инженера, который занимается обработкой информации на персональном компьютере. К ним относятся физические и психофизиологические факторы. Физические факторы – это температура и влажность воздуха, вентиляция, шум, статическое электричество, электромагнитное поле низкой частоты и освещенность, ионизирующее излучение. Значения данных параметров должны отвечать нормативным требованиям, чтобы условия работы были безопасными. Кроме того, необходима рациональная планировка рабочего места.

В процессе работы с ПЭВМ есть вероятность поражения

электрическим током, а также возникновения ЧС – пожара. В данном разделе были освещены основные правила электробезопасности, пожарной и взрывной безопасности.

Процесс утилизации ПЭВМ и периферийных устройств отличается от процесса утилизации бытовых отходов и является строго регламентированным. Это связано с тем, что неправильная утилизация деталей ПЭВМ может нанести вред окружающей среде и здоровью людей. Необходимый порядок утилизации оргтехники также был описан в данном разделе.

Заключение

В ходе данной работы были выполнены все поставленные задачи, а именно:

- 1) изучена диффузионно-конвективная модель переноса загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы;
- 2) сделан обзор литературы по методам определения скорости гравитационного оседания;
- 3) изучен метод оценки скорости гравитационного оседания с помощью функции распределения загрязняющих веществ вдоль выбранного направления от точечного высотного источника;
- 4) проведен регрессионный анализ результатов измерения концентраций химических элементов в образцах мхов-трансплантатов;
- 5) проведен расчет скорости гравитационного оседания частиц выбросов Новосибирской ТЭЦ-5 и Красноярского АЗ;
- 6) собрана и систематизирована информация о природно-климатических условиях на исследуемых территориях;
- 7) проведен анализ полученных результатов.

Выводы:

1. Обзор литературы показывает, что полной ясности о механизмах перемещения мелкодисперсных частиц в вертикальном направлении в турбулентной атмосфере пока нет. Одним из основных механизмов оседания частиц может являться их движение в вертикальных восходящих или нисходящих потоках.

2. Скорость перемещения мелкодисперсных частиц выбросов промышленных предприятий к поверхности земли в приповерхностном слое атмосферы в несколько раз больше, чем скорость оседания частиц в неподвижном воздухе. Это различие может быть связано с влиянием турбулентности атмосферы и наличием вертикальных нисходящих потоков.

3. У сравнительно крупных и тяжелых частиц выбросов ТЭЦ наблюдается движение преимущественно вниз, т.е. к поверхности земли, а в зоне влияния АЗ наблюдается движение части частиц вверх.

4. Скорость ветра является одним из основных природных факторов, влияющих на скорость гравитационного оседания частиц выбросов предприятий.

5. Механизмы вертикального перемещения частиц требуют дальнейшего изучения.

Список литературы

1. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 272 с.
2. Лайхтман Д. Л. Физика пограничного слоя атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 342 с.
3. Бызова Н. Л. Рассеивание примесей в пограничном слое атмосферы – М.: Гидрометеиздат, 1974. – 190 с.
4. Панин Г. Н., Бернхофер Х., 2008, Параметризация поверхностных потоков над неоднородными ландшафтами. Известия РАН, Физика атмосферы и океана, Т. 44, N. 6, 755-772.
5. Гусев Н. Г., Беляев В. А. Радиоактивные выбросы в биосфере: справочник – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. — 256 с.
6. П. А. Коузов, Л. Я. Скрябина. Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей. – Л.: Химия. 1983. – 131 с.
7. Перегуд Е. А., Горелик Д. О. Инструментальные методы контроля загрязнения атмосферы. – СПб.: Химия, 1981. – 384 с.
8. В. Л. Истомин, К. П. Куценогий Методика определения аэродинамического диаметра аэрозольных частиц сложной геометрической формы в диапазоне чисел Рейнольдса от 0,1 до 6,0. Теплофизика и аэромеханика, 2010, том 17, № 1
9. 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.
10. 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.

11. 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.
12. Shotbolt L., Bükér 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.
13. 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.
14. 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.
15. Hengl, T., Heuvelink, G.B.M., Stein, A., 2004. A generic framework for spatial prediction of soil variables based on regression-kriging. *Geoderma* 120 (1-2), p.75-93.
16. Schroder, W., Holy, M., Pesch, R., Zechmeister, H., Harmens, H., Ilyin, I., 2011. Mapping atmospheric depositions of cadmium and lead in Germany based on EMEP deposition data and the European Moss Survey 2005. *Environ. Sci. Eur.* 23 (19), 1-14.
17. Schroder, W., Pesch, R., Harmens, H., Fagerli, H., Ilyin, I., 2012. Does spatial-autocorrelation call for a revision of latest heavy metal and nitrogen deposition maps: *Environ. Sci. Eur.* 24 (20), 1-8.
18. Steinnes, E., Berg, T., Uggerud, H.T., 2011. Three decades of atmospheric metal deposition in Norway as evident from analysis of moss samples. *Sci. Total Environ.* 412-413, 351-358.

19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. Alvarez Montero, A., Estévez Alvarez, J. R., Iglesias Brito, H., Pérez Arriba, O., López Sánchez, D., Wolterbeek, H. T. 2006. Lichen based biomonitoring of air quality in Havana City west side. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 270 (1): 63–67.
23. M. Viana, I. Rivas, X. Querol, A. Alastuey, M. Álvarez-Pedrerol, L. Bouso, C. Sioutas, J. Sunyer. Partitioning of trace elements and metals between quasi-ultrafine, accumulation and coarse aerosols in indoor and outdoor air in schools: Atmospheric Environment. Available online 15 July 2014.
24. Название изобретения: пат. №2569767 от 20 ноября 2013 г. «Способ определения скорости гравитационного оседания частиц летучей золы выбросов промышленных предприятий в приземном слое атмосферы».
25. Налимов В. В. Применение математической статистики при анализе вещества // М.: Гос. изд-во физ.-мат. литературы. – 1960. – 430 с.
26. Р 50.1.037-2002. Рекомендации по стандартизации. Прикладная статистика: Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим. Часть II: Непараметрические критерии. – М.: Госстандарт РФ, 2002.

27. Бояркина А. П., Васильев Н. В. Резчиков В. И., Шелудько С. И. Нейтронно-активационный анализ в контроле окружающей среды. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
28. Алиев Г. М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справ. изд., М.: Metallurgy, 1986, 544 с.
29. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие / Под ред. М.Г. Карпунина и Б.И. Майданчика. – М.: Энергия, 1980. – 175 с.
30. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 24.04.2020).
31. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
32. Правила противопожарного режима в Российской Федерации (с изменениями на 23 апреля 2020 года).
33. ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
34. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
35. Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ (ред. от 01.04.2020) "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера".
36. ГОСТ 12.1.009-76 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Термины и определения.

Приложение А

(обязательное)

Пространственное распределение химических элементов во мхах в зависимости от расстояния от Новосибирской ТЭЦ-5

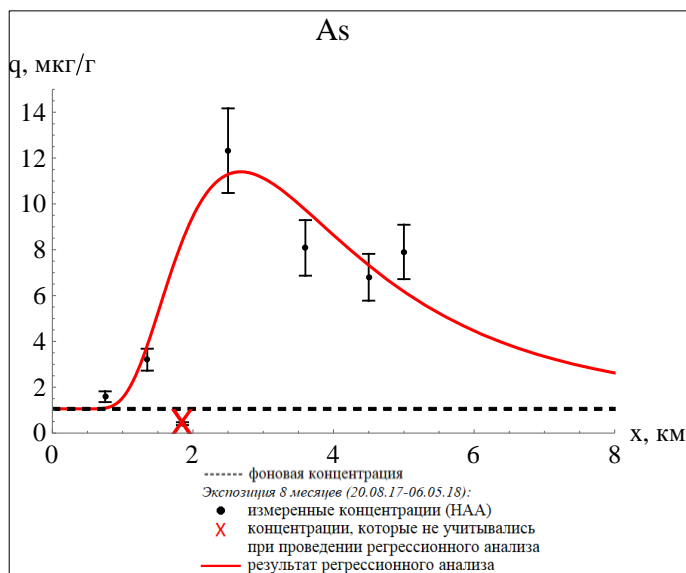


Рисунок А.1

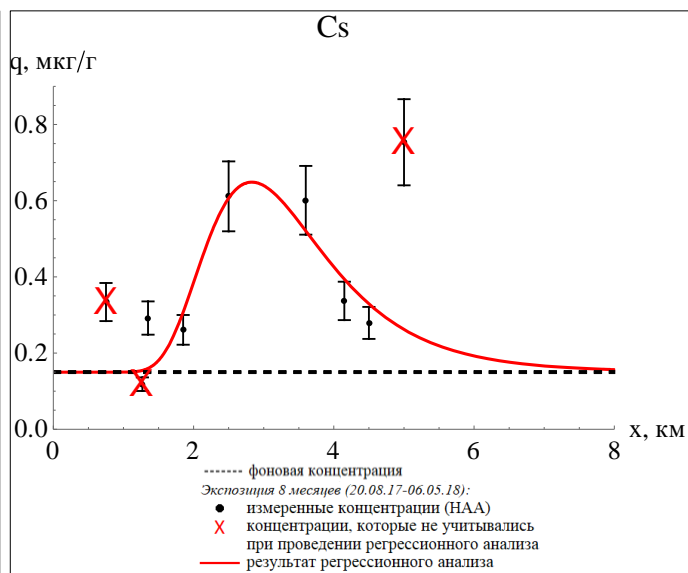


Рисунок А.3

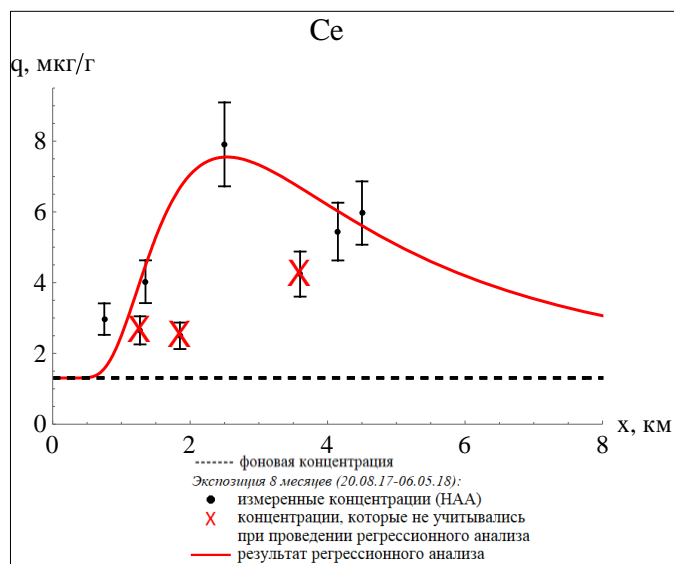


Рисунок А.2

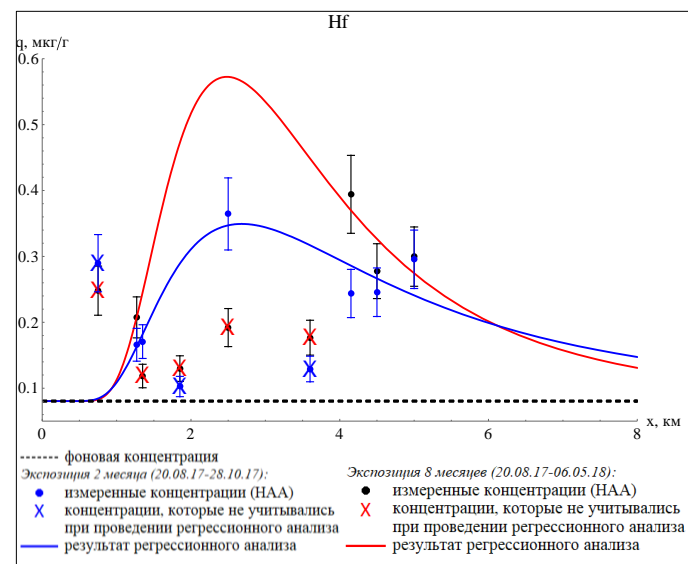


Рисунок А.4

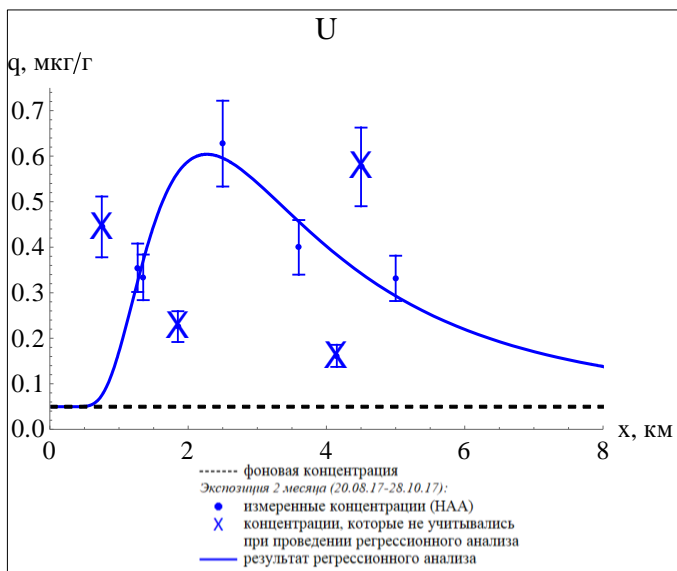


Рисунок А.11

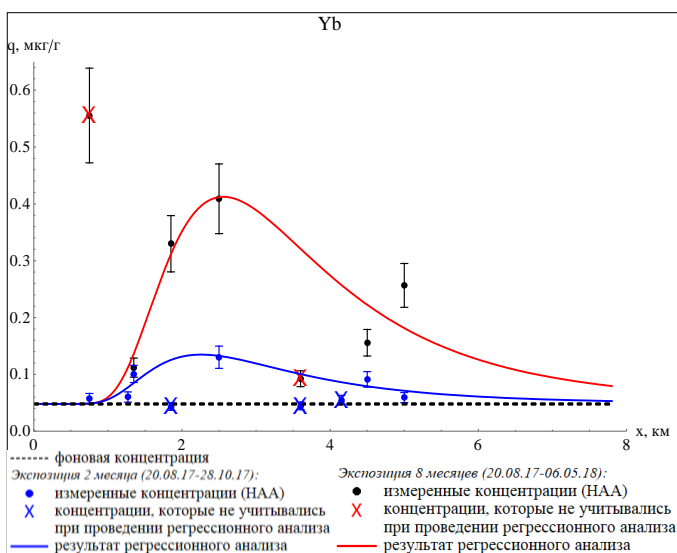


Рисунок А.12

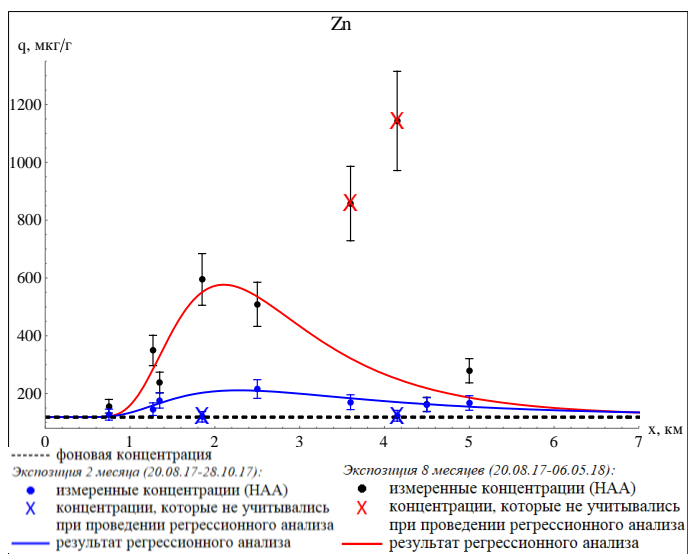


Рисунок А.13

Приложение Б

(обязательное)

Пространственное распределение химических элементов во мхах в зависимости от расстояния от Красноярского алюминиевого завода

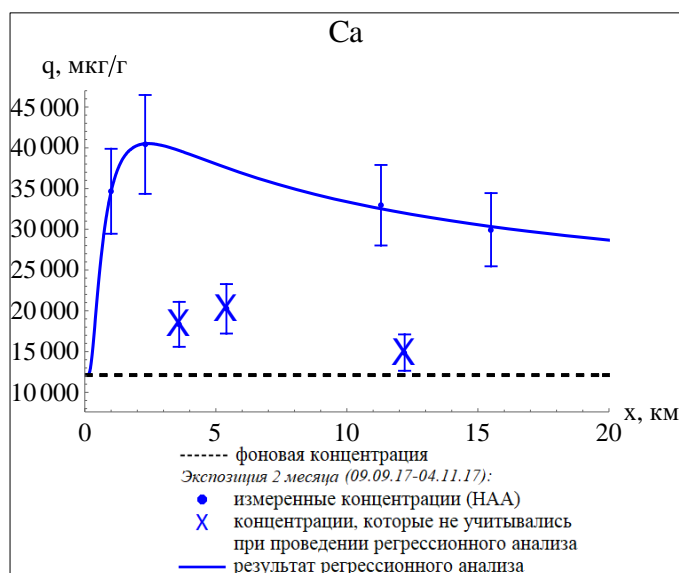


Рисунок Б.1

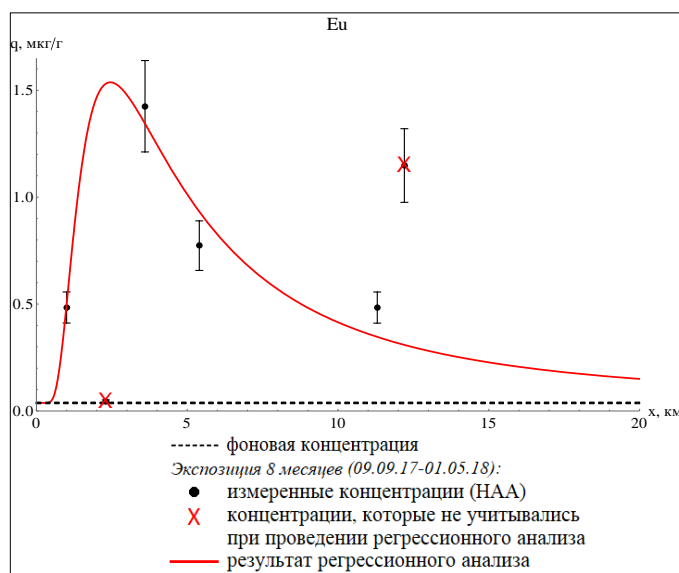


Рисунок Б.3

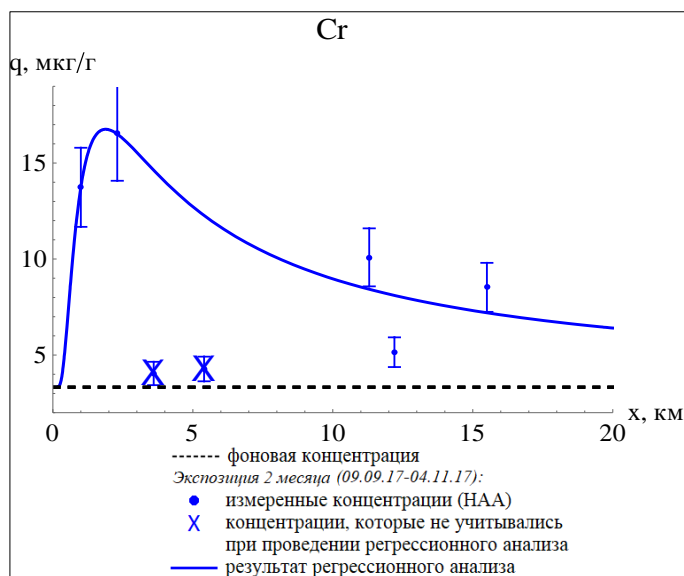


Рисунок Б.2

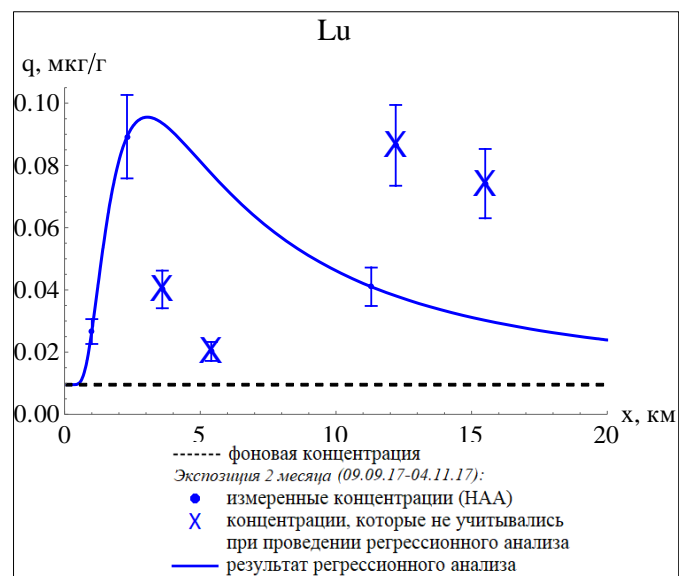


Рисунок Б.4

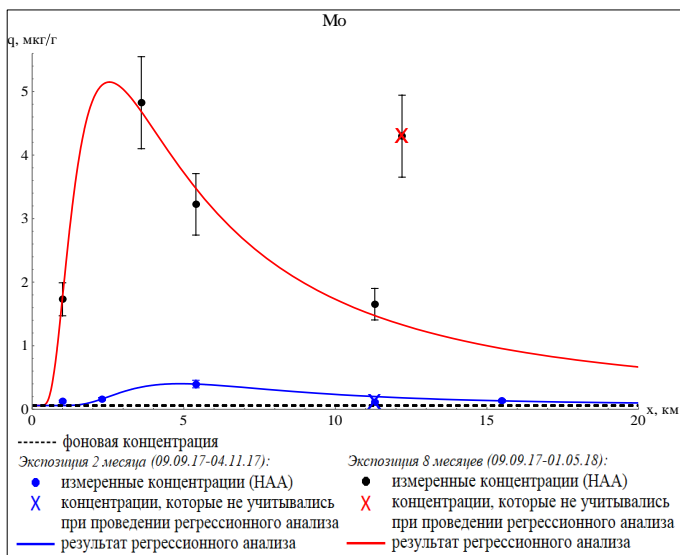


Рисунок Б.5

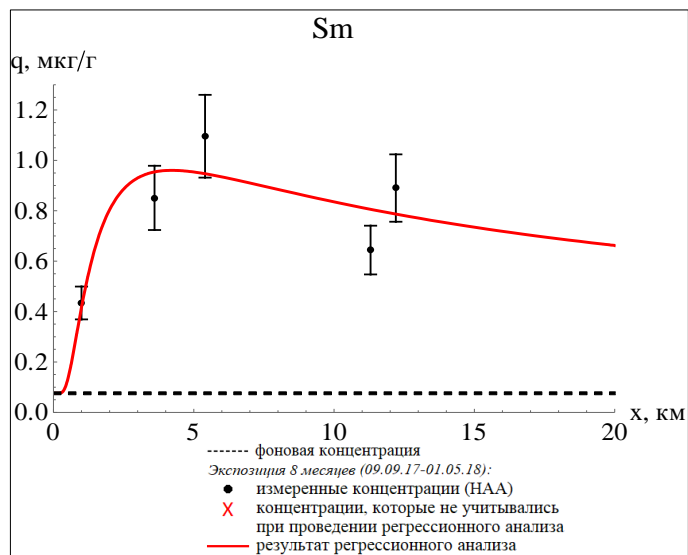


Рисунок Б.8

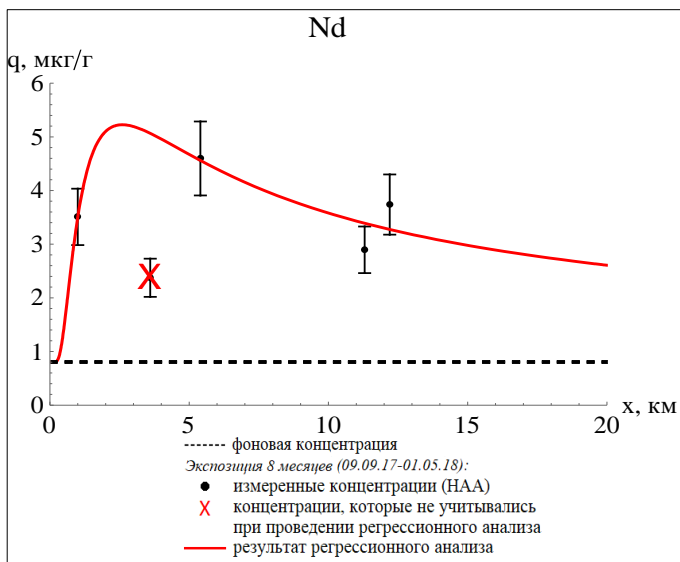


Рисунок Б.6

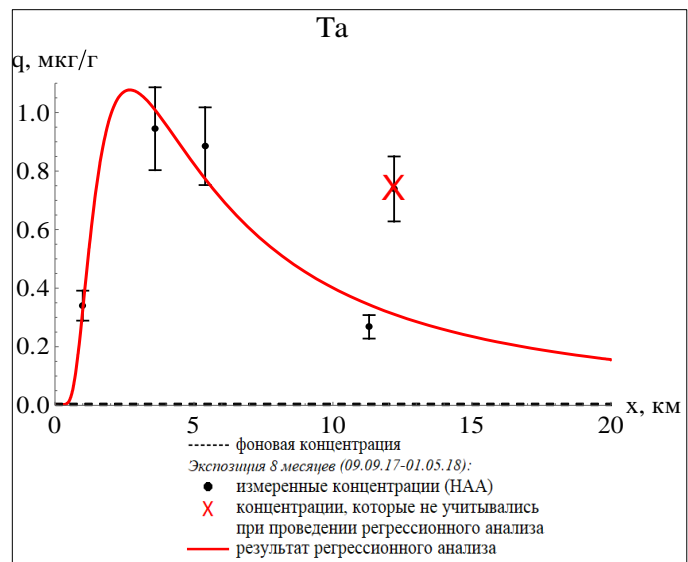


Рисунок Б.9

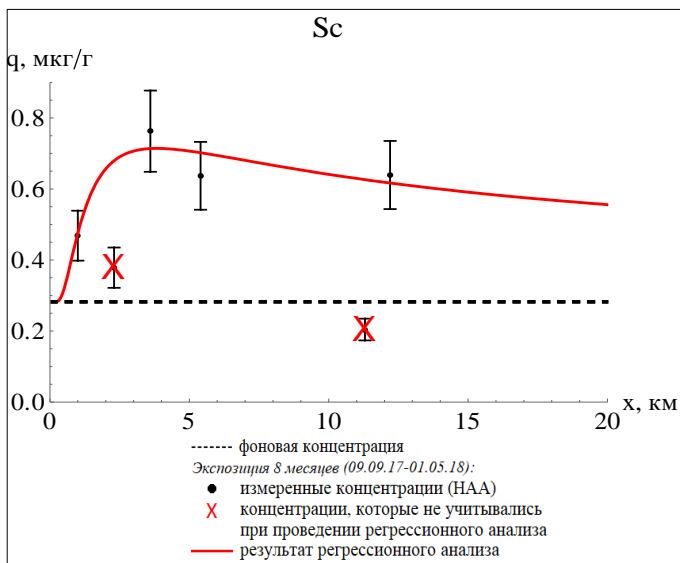


Рисунок Б.7

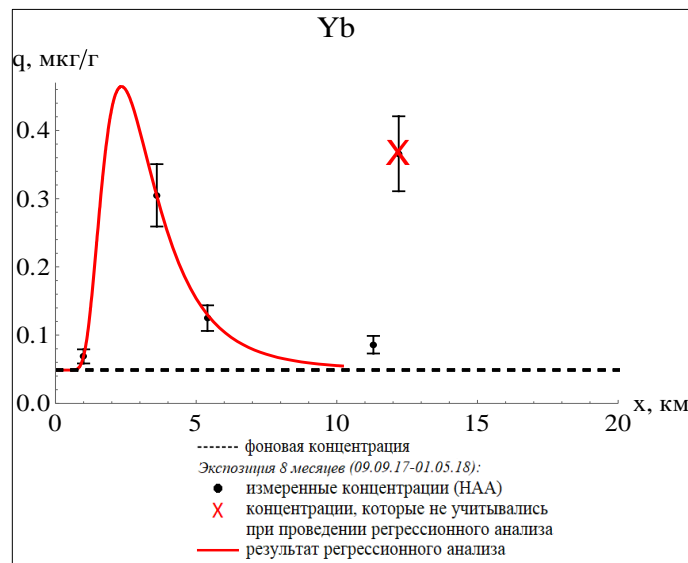


Рисунок Б.10

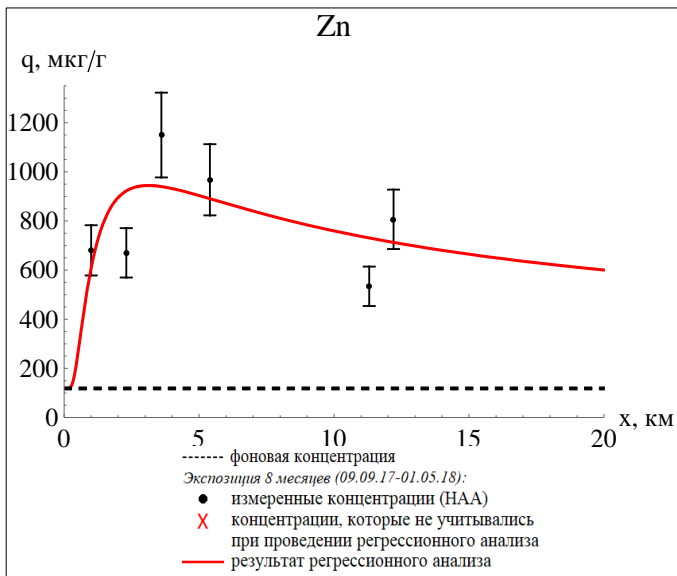


Рисунок Б.11

Приложение В

(обязательное)

Результаты измерения концентраций химических элементов, накопленных в образцах мха, размещенных в зоне влияния Новосибирской ТЭЦ-5; период экспозиции – 2 месяца с 20.08.17 по 28.10.17

Химический элемент	Средние концентрации химических элементов для параллельных проб в точках размещения 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									
	0,75	1,27	1,35	1,85	2,50	3,60	4,15	4,50	5,00	
As	0,52	-	2,26	0,33	0,26	-	0,78	-	0,95	1,05
Ba	199	111	125	153	123	232	155	306	168	227
Br	4,91	6,82	7,46	8,52	12,56	7,29	14,25	7,80	5,99	5,88
Ca	17328	17489	17776	15357	19154	16736	17952	20560	13551	12119
Ce	2,36	1,36	2,04	1,02	2,08	1,05	2,56	1,84	1,84	1,31
Co	1,03	0,66	0,67	0,43	0,93	0,72	0,90	1,17	1,23	0,92
Cr	5,13	3,19	4,87	2,13	5,05	2,72	5,95	3,75	4,48	3,33
Cs	0,35	0,22	0,25	0,68	0,75	0,36	0,77	0,22	0,18	0,15
Eu	0,14	0,02	0,10	0,05	0,08	0,04	0,13	0,03	0,16	0,06
Fe	923	1022	866	440	1189	505	1065	707	840	889
Hf	0,29	0,17	0,17	0,10	0,36	0,13	0,24	0,25	0,30	0,08
K	11598	310724	10106	3524	1586	52681	8651	376774	211426	10397
La	1,33	0,63	0,96	0,57	1,13	0,55	1,37	0,91	1,44	0,44
Lu	0,02	0,05	0,01	0,01	0,07	0,04	0,02	0,07	0,02	0,01
Mo	0,11	-	0,61	0,04	0,10	0,11	0,12	-	0,12	0,06
Na	282	683	332	678	743	934	345	2334	743	286
Nd	0,67	0,33	1,80	0,30	0,48	0,24	0,44	0,58	0,52	0,80
Rb	11,16	6,71	11,38	11,91	11,73	9,09	10,85	6,93	10,48	7,92
Sb	0,60	0,41	0,65	0,74	1,02	0,48	1,21	0,46	0,46	0,28
Sc	0,47	0,28	0,40	0,20	0,43	0,21	0,45	0,34	0,36	0,28
Sm	0,23	0,07	0,11	0,08	0,18	0,07	0,23	0,16	0,24	0,08
Sr	96,3	119	146	146	121	205	133	89,7	78,4	74,4
Ta	0,05	0,08	0,03	0,06	0,05	0,07	0,15	0,03	0,04	0,003
Tb	0,08	0,03	0,08	0,01	0,05	0,02	0,05	0,04	0,05	0,02
Th	0,35	0,24	0,28	0,20	0,31	0,16	0,46	0,30	0,30	0,21
U	0,44	0,35	0,33	0,23	0,63	0,40	0,16	0,58	0,33	0,05
Yb	0,06	0,06	0,10	0,04	0,13	0,04	0,05	0,09	0,06	0,05
Zn	127	146	176	120	216	170	123	162	168	119

Приложение Г

(обязательное)

Результаты измерения концентраций химических элементов, накопленных в образцах мха, размещенных в зоне влияния Новосибирской ТЭЦ-5; период экспозиции – 8 месяцев с 20.08.17 по 06.05.18

Химический элемент	Средние концентрации химических элементов для параллельных проб в точках размещения 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									
	0,75	1,27	1,35	1,85	2,50	3,60	4,15	4,50	5,00	
As	1,58	-	3,20	0,41	12,32	8,08	-	6,80	7,90	1,05
Ba	263	100	217	223	158	252	118	251	282	227
Br	6,64	-	5,63	3,74	5,06	8,52	-	10,13	8,42	5,88
Ca	16706	29756	30682	29629	13586	37244	36937	18621	33890	12119
Ce	2,97	2,65	4,03	2,50	7,91	4,24	5,44	5,97	12,9	1,31
Co	1,73	1,08	1,54	1,47	1,27	1,32	2,00	1,95	2,86	0,92
Cr	10,4	5,15	5,93	5,22	8,26	6,18	10,4	12,9	14,9	3,33
Cs	0,33	0,12	0,29	0,26	0,61	0,60	0,34	0,28	0,75	0,15
Eu	1,32	0,08	0,08	1,18	0,09	0,05	0,14	0,10	0,18	0,06
Fe	2435	1164	1260	1243	2114	1257	2556	1823	3063	889
Hf	0,25	0,21	0,12	0,13	0,19	0,18	0,39	0,28	0,30	0,08
K	3927	-	2194	1810	-	30839	-	1374	-	10397
La	1,42	-	1,09	0,94	1,32	0,85	-	1,67	2,76	0,44
Lu	0,02	0,59	0,51	0,49	1,11	0,62	1,23	0,33	0,02	0,01
Mo	5,10	-	0,64	4,18	0,98	0,21	-	0,68	0,92	0,06
Na	209	-	353	101	391	228	-	686	823	286
Nd	4,24	-	0,65	2,46	1,31	1,23	-	1,74	1,84	0,80
Rb	7,87	5,71	9,75	6,64	13,6	9,53	11,6	8,14	11,7	7,92
Sb	2,98	0,42	1,06	1,30	1,69	1,37	0,65	0,96	1,61	0,28
Sc	1,04	0,51	0,48	0,49	0,85	0,57	1,02	0,78	1,34	0,28
Sm	1,26	-	0,19	0,30	0,20	0,05	-	0,13	0,25	0,08
Sr	2,44	-	82,5	1,84	71,9	75,2	-	89,2	73,5	74,4
Ta	1,28	-	0,04	0,54	0,12	0,01	-	0,13	0,40	0,003
Tb	0,11	0,07	0,06	0,06	0,07	0,06	0,13	0,07	0,16	0,02
Th	0,61	0,46	0,42	0,37	0,68	0,43	0,92	0,51	1,19	0,21
U	0,06	-	0,11	0,05	0,25	0,11	-	0,15	0,44	0,05
Yb	0,56	-	0,11	0,33	0,41	0,09	-	0,16	0,26	0,05
Zn	156	349	238	595	509	857	1143	163	279	119

Приложение Д

(обязательное)

Результаты измерения концентраций химических элементов, накопленных в образцах мха, размещенных в зоне влияния Красноярского АЗ; период экспозиции – 2 месяца с 09.09.17 по 04.11.17

Химический элемент	Средние концентрации химических элементов для параллельных проб в точках размещения 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									
	1,00	2,30	3,60	5,40	11,3	12,2	15,5	3,60	5,40	
As	2,22	1,42	-	2,82	1,15	-	0,73	3,30	1,01	1,05
Ba	256	200	231	327	118	207	240	234	168	227
Br	14,80	15,96	13,59	9,53	11,31	7,87	12,53	4,99	14,06	5,88
Ca	34659	40407	18338	20244	32954	14877	29951	17699	37588	12119
Ce	2,14	3,35	1,49	2,01	2,15	2,50	2,65	2,41	2,11	1,31
Co	1,51	2,11	1,02	1,01	1,13	1,32	1,61	1,08	1,23	0,92
Cr	13,74	16,56	4,04	4,27	10,09	5,15	8,53	7,30	9,14	3,33
Cs	0,88	0,46	0,22	0,20	0,48	0,24	0,43	0,34	0,46	0,15
Eu	0,04	0,04	0,06	0,07	0,03	0,03	0,05	0,07	0,03	0,06
Fe	633	1206	1037	993	1007	1679	638	1958	534	889
Hf	0,39	0,49	0,17	0,14	0,38	0,32	0,47	0,14	0,30	0,08
K	14692	8554	412914	29600	6356	1093444	7038	27413	11362	10397
La	1,93	2,63	0,51	0,84	1,60	0,83	2,23	1,07	1,50	0,44
Lu	0,03	0,09	0,04	0,02	0,04	0,09	0,07	0,01	0,09	0,01
Mo	0,12	0,16	-	0,40	0,11	-	0,13	0,65	0,09	0,06
Na	1579	1256	1316	185	923	889	955	466	800	286
Nd	1,56	2,62	0,59	1,64	3,64	0,46	2,11	1,06	0,52	0,80
Rb	13,84	12,96	6,23	15,32	10,72	8,55	5,92	13,86	15,16	7,92
Sb	2,53	2,60	1,39	0,72	2,30	1,09	1,22	1,14	1,57	0,28
Sc	0,46	0,49	0,34	0,36	0,33	0,46	0,36	0,45	0,29	0,28
Sm	0,11	0,14	0,10	0,09	0,09	0,12	0,11	0,18	0,08	0,08
Sr	293,41	369,92	213,27	154,00	237,32	79,48	224,83	162,22	318,93	74,39
Ta	0,05	0,01	-	0,01	0,02	0,03	0,03	0,04	0,01	0,003
Tb	0,07	0,09	0,04	0,08	0,08	0,06	0,07	0,10	0,08	0,02
Th	0,61	0,80	0,25	0,25	0,62	0,39	0,54	0,25	0,56	0,21
U	0,30	0,40	0,40	0,20	0,39	0,34	0,21	0,32	0,27	0,05
Yb	0,16	0,21	0,06	0,06	0,15	0,09	0,18	0,11	0,07	0,05
Zn	162	139	121	146	109	150	136	145	145	119

Приложение Е

(обязательное)

Результаты измерения концентраций химических элементов, накопленных в образцах мха, размещенных в зоне влияния Красноярского АЗ; период экспозиции – 8 месяцев с 09.09.17 по 01.05.18

Химический элемент	Средние концентрации химических элементов для параллельных проб в точках размещения образцов мха, мкг/г								Фоновые концентрации химических элементов, мкг/г
	Номер точки пробоотбора								
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Расстояние от точечного источника загрязнения до точки пробоотбора, км								
	1,00	2,30	3,60	5,40	11,3	12,2	5,40	6,80	
As	0,62	-	0,24	0,41	0,21	0,25	-	0,37	1,05
Ba	163	137	271	171	128	1701	58,6	183	227
Br	2,69	-	2,16	2,45	0,74	3,90	-	0,64	5,88
Ca	20348	18043	22701	17505	9086	21030	12366	17180	12119
Ce	0,95	1,21	2,95	1,57	0,65	2,03	1,73	2,01	1,31
Co	1,21	0,87	1,46	1,25	0,65	0,96	0,75	1,23	0,92
Cr	5,76	2,98	6,99	4,92	2,61	6,27	5,77	6,35	3,33
Cs	0,16	0,23	0,28	0,25	0,34	0,18	0,17	0,44	0,15
Eu	0,48	0,05	1,43	0,77	0,48	1,15	0,01	1,18	0,06
Fe	1170	954	1760	1296	1092	1553	979	1585	889
Hf	0,16	0,13	0,26	0,09	0,02	0,21	0,04	0,16	0,08
K	-	-	19137	-	974	-	-	12781	10397
La	0,37	-	0,97	0,67	0,31	0,95	-	0,90	0,44
Lu	0,02	-	0,22	0,02	0,02	0,01	-	0,04	0,01
Mo	1,73	-	4,82	3,22	1,65	4,30	-	4,17	0,06
Na	123	-	-	29,9	37,2	12,7	-	171	286
Nd	3,51	-	2,37	4,60	2,89	3,74	-	5,33	0,80
Rb	10,73	0,51	16,59	3,39	3,40	4,95	24,01	7,08	7,92
Sb	1,42	0,43	0,75	0,41	0,49	0,63	0,17	0,77	0,28
Sc	0,47	0,38	0,76	0,64	0,20	0,64	0,41	0,65	0,28
Sm	0,43	-	0,85	1,10	0,64	0,89	-	0,55	0,08
Sr	0,04	-	1,72	0,41	0,92	1,28	-	0,45	74,39
Ta	0,34	-	0,94	0,89	0,27	0,74	-	0,82	0,003
Tb	0,03	0,01	0,06	0,07	0,02	0,08	0,03	0,06	0,02
Th	0,22	0,15	0,45	0,27	0,11	0,30	0,30	0,34	0,21
U	0,08	-	0,14	0,07	0,09	0,05	-	0,06	0,05
Yb	0,07	-	0,30	0,12	0,09	0,37	-	0,22	0,05
Zn	680	670	1150	968	534	807	767	605	119

Приложение Ж

(обязательное)

Значения параметров θ_1 , θ_2 , θ_3 , скорости гравитационного оседания V_g и вертикального коэффициента турбулентной диффузии k_z ($z = 1$ м) для ТЭЦ-5, период экспозиции – 2 месяца с 20.08.17 по 28.10.17 ($n = 0,2$; $\bar{u}_1 = 1,6$ м/с; $z_1 = 10$ м; $H = 260$ м)

Элемент	θ_1 , мкг/г	θ_2	Стандартная ошибка в определении θ_2 , %	θ_3 , км	Стандартная ошибка в определении θ_3 , %	k_z , м ² /с ($z=1$ м)	V_g , м/с
Cs	$7,20 \cdot 10^8$	11,56	0,38	25,77	0,85	0,02	0,26
Hf	168,84	3,24	1,15	8,70	2,89	0,06	0,13
La	6,63	1,08	3,16	3,02	7,54	0,18	-0,09
Lu	1,10	1,63	1,87	3,79	3,77	0,15	0,02
Mo	$1,49 \cdot 10^4$	7,19	1,24	10,87	2,15	0,05	0,35
Sb	$9,73 \cdot 10^4$	6,65	2,13	14,70	4,74	0,04	0,23
Sc	186,05	3,64	2,74	9,34	6,80	0,06	0,15
Sm	$2,89 \cdot 10^3$	4,55	5,37	14,96	16,77	0,04	0,14
Tb	25,65	3,26	1,57	9,50	4,61	0,06	0,12
Th	50,74	2,65	4,27	8,76	12,08	0,06	0,09
U	259,48	3,38	0,94	7,67	2,02	0,07	0,16
Yb	$1,49 \cdot 10^3$	5,37	1,96	12,14	4,24	0,05	0,21
Zn	$1,22 \cdot 10^5$	3,93	1,09	8,99	2,44	0,06	0,18

Приложение И

(обязательное)

Значения параметров θ_1 , θ_2 , θ_3 , скорости гравитационного оседания V_g и вертикального коэффициента турбулентной диффузии k_z ($z = 1$ м) для ТЭЦ-5, период экспозиции – 8 месяцев с 20.08.17 по 06.05.18 ($n = 0,2$; $\bar{u}_1 = 1,5$ м/с; $z_1 = 10$ м; $H = 260$ м)

Элемент	θ_1 , мкг/г	θ_2	Стандартная ошибка в определении θ_2 , %	θ_3 , км	Стандартная ошибка в определении θ_3 , %	k_z , м ² /с ($z=1$ м)	V_g , м/с
As	$6,45 \cdot 10^4$	4,40	1,48	11,79	4,14	0,04	0,15
Ca	$1,19 \cdot 10^5$	0,73	0,44	2,36	0,96	0,22	-0,20
Ce	$1,19 \cdot 10^3$	2,72	1,49	6,90	3,61	0,08	0,11
Cs	$3,09 \cdot 10^9$	11,05	5,04	31,28	14,82	0,02	0,19
Hf	$4,24 \cdot 10^3$	4,74	3,91	11,78	8,83	0,04	0,17
La	30,88	2,25	4,98	4,45	10,33	0,12	0,11
Lu	$2,15 \cdot 10^4$	5,59	0,81	11,90	1,66	0,04	0,21
Mo	$2,09 \cdot 10^{11}$	15,43	11,28	28,53	20,83	0,02	0,30
Sb	$3,46 \cdot 10^4$	5,43	1,85	12,91	4,44	0,04	0,19
Sc	424,21	3,62	4,25	8,94	9,10	0,06	0,15
Sm	$6,66 \cdot 10^4$	7,80	5,81	14,60	10,82	0,04	0,27
Tb	0,19	0,89	0,82	1,75	1,63	0,30	-0,22
Th	197,61	3,36	2,02	7,64	4,33	0,07	0,15
U	$2,81 \cdot 10^3$	4,95	0,52	12,49	1,31	0,04	0,17
Yb	$1,66 \cdot 10^4$	5,53	2,18	14,15	5,87	0,04	0,18
Zn	$5,41 \cdot 10^7$	6,70	2,27	14,09	4,56	0,04	0,23

Приложение К

(обязательное)

Значения параметров θ_1 , θ_2 , θ_3 , скорости гравитационного оседания V_g и вертикального коэффициента турбулентной диффузии k_z ($z = 1$ м) для КрАЗ, период экспозиции – 2 месяца с 09.09.17 по 04.11.17 ($n = 0,2$; $\bar{u}_1 = 1,5$ м/с; $z_1 = 10$ м; $H = 120$ м)

Элемент	θ_1 , мкг/г	θ_2	Стандартная ошибка в определении θ_2 , %	θ_3 , км	Стандартная ошибка в определении θ_3 , %	k_z , м ² /с ($z=1$ м)	V_g , м/с
Ca	$6,46 \cdot 10^4$	0,44	0,04	1,05	0,11	0,19	-0,25
Cr	69,99	1,01	0,40	1,90	1,05	0,11	-0,06
Cs	2,95	0,77	0	3,71	0	0,06	-0,05
Hf	0,66	0,27	0,34	0,72	1,04	0,28	-0,42
La	5,07	0,44	0,46	1,20	1,42	0,17	-0,22
Lu	3,35	1,73	0	5,28	0	0,04	0,01
Mo	$1,62 \cdot 10^3$	3,27	1,51	15,97	6,62	0,01	0,03
Nd	3,24	0,37	0,87	1,26	2,56	0,16	-0,22
Sb	4,06	0,61	0,45	0,56	1,03	0,36	-0,39
Ta	0,07	0,34	0	0,30	0	0,68	-0,95
Tb	0,10	0,28	0,16	0,78	0,50	0,26	-0,39
Th	1,94	0,60	0,06	1,59	0,17	0,13	-0,14
U	0,57	0,32	0,39	0,77	1,15	0,27	-0,38
Yb	0,35	0,39	0,34	1,10	1,03	0,19	-0,25

Приложение Л

(обязательное)

Значения параметров θ_1 , θ_2 , θ_3 , скорости гравитационного оседания V_g и вертикального коэффициента турбулентной диффузии k_z ($z = 1$ м) для КрАЗ, период экспозиции – 8 месяцев с 09.09.17 по 01.05.18 ($n = 0,2$; $\bar{u}_1 = 1,9$ м/с;

$z_1 = 10$ м; $H = 120$ м)

Элемент	θ_1 , мкг/г	θ_2	Стандартная ошибка в определении θ_2 , %	θ_3 , км	Стандартная ошибка в определении θ_3 , %	k_z , м ² /с ($z=1$ м)	V_g , м/с
Ca	$2,90 \cdot 10^4$	0,81	1,38	1,31	3,17	0,20	-0,16
Cr	8,42	0,38	0	1,24	0	0,21	-0,28
Eu	84,01	2,12	0,85	5,20	1,89	0,05	0,04
Hf	0,78	0,65	0	2,31	0	0,11	-0,11
Lu	0,26	1,30	0,76	3,47	1,92	0,07	-0,02
Mo	163,09	1,79	0,31	4,57	0,71	0,06	0,02
Nd	19,72	0,77	0,49	1,99	1,25	0,13	-0,12
Sb	931,41	2,79	1,87	14,57	10,44	0,02	0,03
Sc	1,53	0,54	0,42	2,07	1,20	0,13	-0,15
Sm	3,26	0,54	0,39	2,26	1,31	0,12	-0,13
Ta	32,11	1,71	0,59	4,59	1,46	0,06	0,01
Tb	0,08	0,07	0,08	2,49	0,43	0,10	-0,18
Th	91,68	2,47	0	10,02	0	0,03	0,03
Yb	$3,23 \cdot 10^4$	6,08	2,01	14,25	5,00	0,02	0,10
Zn	$2,57 \cdot 10^3$	0,53	0,46	1,66	1,38	0,16	-0,18