



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»
ООП: Экологический инжиниринг и устойчивое развитие
Отделение школы (НОЦ): Отделение геологии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА МАГИСТРАНТА

Тема работы
Эколого-геохимический мониторинг в районе расположения нефтехимического предприятия по данным изучения снегового покрова (г. Томск)

УДК 502.175:551.578.46:665.6.013(571.16-25)

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Петуныкин Сергей Петрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Таловская Анна Валерьевна	Д.г.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	К.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП/ОПОП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Наталья Владимировна	Д.б.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСОВОЕНИЯ ООП

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции университета	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языках (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать философские концепции и методологию научного познания при изучении различных уровней организации материи, пространства и времени
ОПК(У)-2	Способен использовать специальные и новые разделы экологии, геоэкологии и природопользования при решении научно-исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способен применять экологические методы исследований для решения научно-исследовательских и прикладных задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен применять нормативные правовые акты в сфере экологии и природопользования, нормы профессиональной этики
ОПК(У)-5	Способен решать задачи профессиональной деятельности в области экологии, природопользования и охраны природы с использованием информационно-коммуникационных, в том числе геоинформационных технологий
ОПК(У)-6	Способен проектировать, представлять, защищать и распространять результаты своей профессиональной деятельности, в том числе научно-исследовательской
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность анализировать работу природоохранных объектов, очистных и защитных сооружений организации с точки зрения соответствия требованиям нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды
ПК(У)-2	Способность контролировать состояние окружающей среды в районе расположения организации в соответствии с требованиями нормативных правовых актов в области охраны окружающей среды

ПК(У)-3	Владеть основами проектирования, экспертно – аналитической деятельности и выполнения исследований с использованием современных подходов и методов, аппаратуры и вычислительных комплексов
ПК(У)-4	Способность использовать современные методы обработки и интерпретации экологической информации при проведении научных и производственных исследований
ПК(У)-5	Способность разрабатывать типовые природоохранные мероприятия и проводить оценку воздействия планируемых сооружений или иных форм хозяйственной деятельности на окружающую среду
ПК(У)-6	Способность диагностировать проблемы охраны природы, разрабатывать практические рекомендации по ее охране и обеспечению устойчивого
ПК(У)-7	Способность использовать в своей деятельности элементы системы экологического менеджмента
ПК(У)-8	Владеть теоретическими знаниями и практическими навыками для педагогической работы в образовательных организациях, уметь грамотно осуществлять учебно – методическую деятельность по планированию экологического образования и образования для устойчивого развития



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки: 05.04.06 «Экология и природопользование»
Отделение школы (НОЦ): Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП/ОПОП
_____ Барановская Н.В.
(Подпись) (Дата) (ФИО)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
2ГМ11	Петуныкин Сергей Петрович

Тема работы:

Эколого-геохимический мониторинг в районе расположения нефтехимического предприятия по данным изучения снегового покрова (г. Томск)	
<i>Утверждена приказом директора (дата, номер)</i>	<i>30-91/с от 31.01.2023</i>

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.)</i></p>	<p>Материалы научно-исследовательской работы</p>
<p>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке <i>(аналитический обзор литературных источников с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе)</i></p>	<p>Введение Глава 1. Административное положение, физико-географическая и природно-климатическая характеристика исследуемой территории Глава 2. Геоэкологическая характеристика исследуемой территории Глава 3. Методика исследования Глава 4. Уровень пылевой нагрузки и особенности минерально-вещественного состава проб нерастворимого осадка снегового покрова в районе расположения исследуемого предприятия Глава 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение Глава 6. Социальная ответственность Заключение</p>

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Фотографии, полученные с помощью бинокулярного микроскопа 2. Карты-схемы отбора проб 3. Таблицы и диаграммы эколого-геохимических показателей нерастворимого осадка снегового покрова
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна, к.э.н., доцент ОСГН
Социальная ответственность	Сечин Андрей Александрович, к.т.н., доцент ООД
Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:	
Impact of aerosol air pollution on human health	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	31.01.2023
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Таловская Анна Валерьевна	Д.г.-м.н.		

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Петушкин Сергей Петрович		

**ЗАДАНИЕ К РАЗДЕЛУ
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Обучающемуся:

Группа	ФИО
2ГМ11	Петуныкин Сергей Петрович

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	Магистратура	Направление/ООП/ОПОП	05.04.06 «Экология и природопользование»

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

Эколого-геохимический мониторинг в районе расположения нефтехимического предприятия по данным изучения снегового покрова (г. Томск)	<i>Работа с научной литературой, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах</i>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив разработки проекта с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
<i>2. Планирование и формирование бюджета разработки</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение бюджета научного исследования</i>
<i>3. . Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности разработки</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности, ресурсоэффективности и сравнительной эффективности различных вариантов исполнения</i>

Перечень графического материала:

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT-анализа 3. Календарный план-график проведения и бюджет проекта 4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности разработки
--

Дата выдачи задания к разделу в соответствии с календарным учебным графиком	01.03.2023
--	------------

Задание выдал консультант по разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		01.03.2023

Задание принял к исполнению обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Петуныкин Сергей Петрович		01.03.2023

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
2ГМ11		Петуныкин Сергей Петрович	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение геологии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	05.04.06 Экология и природопользование

Тема ВКР:

Эколого-геохимический мониторинг в районе расположения нефтехимического предприятия по данным изучения снегового покрова (г. Томск)	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения – Описание рабочей зоны (рабочего места) при проведении исследования 	<p>Объектом исследования выступили пробы твердого осадка снегового покрова, для которых был изучен химический и минерально-вещественный состав с целью оценки уровня загрязнения и определения специфики пылевых выпадений.</p> <p>Область применения – материалы работы могут быть использованы в качестве результатов производственного экологического контроля и мониторинга на исследуемом предприятии.</p> <p>Рабочая зона – Международный инновационный научно-образовательный центр «Урановая геология» при отделении геологии Национального исследовательского Томского политехнического университета.</p> <p>Размеры помещения – 7*10 м.</p> <p>Оборудование рабочей зоны – рабочий стол, персональный компьютер, шкаф с хранением рабочей документации.</p> <p>К рабочим процессам, осуществляющимся в рабочей зоне, относится техническое обслуживание оборудования, сбор информации на твердотельный накопитель и обработка результатов аналитических исследований на персональном компьютере.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при проведении исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Конституция РФ – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 г. N 197-ФЗ – ГОСТ 12.0.003-2015 – ГОСТ 12.1.004-91 – СанПиН 1.2.3685-21 – СП 52.13330.2016 – СП 4.13130.2013 – СП 60.13330.2020 – СП 2.2.3670-20 – ФЗ от 28.12.2013 N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда»

<p>2. Производственная безопасность при проведении исследования:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных факторов; – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора; – Обоснование мероприятий по снижению воздействия 	<p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Электрический ток, вызываемый разницей электрических потенциалов; <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Повышенный уровень общей и локальной вибрации; – Повышенный уровень шума; – Наличие электромагнитных полей радиочастотного диапазона; – Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; – Нервно-психическое перенапряжение. <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: электроизоляция проводов, виброизолирующая обувь, беруши, наушники. Расчет системы искусственного освещения.</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Выполнение работы не оказывает негативного воздействия на окружающую среду.</p> <p>При проведении камеральных работ по обработке результатов аналитических исследований образуются лишь нетоксичные бытовые отходы.</p> <p>Выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух и сбросов отходов в водные объекты во время работ не происходит.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Во время проведения лабораторных и камеральных работ существует опасность возникновения пожара в рабочем помещении. Основной причиной возникновения пожаров в здании является неисправность электропроводки, электрических приборов и халатность рабочего персонала.</p> <p>Вероятность возникновения чрезвычайных ситуаций природного характера (землетрясения, обвалы, наводнения и т.д.) минимальна в виду геологической и геоморфологической характеристики территории.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2023
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сечин А. А.	к.т.н.		01.03.2023

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Петуныкин Сергей Петрович		01.03.2023



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа: Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки (ООП): 05.04.06 «Экология и природопользование»
Уровень образования: магистратура
Отделение школы (НОЦ): отделение геологии
Период выполнения: весенний семестр 2022/2023 учебного года

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

Обучающийся:

Группа	ФИО
2ГМ11	Петуныкин Сергей Петрович

Тема работы:

Эколого-геохимический мониторинг в районе расположения нефтехимического предприятия по данным изучения снегового покрова (г. Томск)
--

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
28.02.2023	Административное положение, физико-географическая и природно-климатическая характеристика исследуемой территории	10
15.03.2023	Геоэкологическая характеристика исследуемой территории	10
31.03.2023	Методика исследования	15
30.04.2023	Уровень пылевой нагрузки и особенности минерально-вещественного состава проб нерастворимого осадка снегового покрова в районе расположения исследуемого предприятия	35
10.05.2023	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
15.05.2023	Социальная ответственность	10
20.05.2023	Impact of aerosol air pollution on human health	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Таловская Анна Валерьевна	Д.г.-м.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП/ОПОП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Барановская Наталья Владимировна	Д.б.н.		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Петуныкин Сергей Петрович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 129 с., 25 рис., 45 табл., 59 источников, 1 прил.

Ключевые слова: нефтехимическая промышленность, снеговой покров, пылевая нагрузка, аэрозольное загрязнение.

Объектом исследования является район расположения нефтехимического комбината г. Томск, предмет исследования – нерастворимый осадок снегового покрова.

Цель работы – оценка динамики эколого-геохимической обстановки в районе расположения нефтехимического комбината г. Томск.

В ходе работы проводилось: обзор литературы о ранее проведенных исследованиях на изучаемой территории; отбор и подготовка 40 проб снегового покрова; определение пылевой нагрузки; изучение проб аналитическими лабораторными методами.

В результате исследования определен уровень пылевой нагрузки на территорию, определены характерные для предприятия нефтехимической промышленности минерально-вещественные и геохимические особенности нерастворимого осадка снега, рассчитаны эколого-геохимические показатели загрязнения снегового покрова.

Степень внедрения: результаты исследования представлены на Международном научном симпозиуме студентов и молодых учёных имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» - 2023, а также на Международной экологической студенческой конференции - 2022. Доклад отмечен дипломом.

Область применения: результаты исследования могут быть использованы региональными природоохранными органами Томской области для оценки качества атмосферного воздуха и принятия мер по его улучшению, а также экологической службой исследуемого предприятия для планирования

природоохранных мероприятий и включения в отчет об экологическом мониторинге.

Экономическая эффективность/значимость работы: оценка экономической эффективности и выгоды не является целью научного исследования. Значимость работы заключается в проведении эколого-геохимического мониторинга на территории со сложным характером техногенной нагрузки.

В будущем планируется более углубленное изучение территории воздействия нефтехимического комбината г. Томск по данным изучения других компонентов природной среды (почвы, растительность, подземные воды), а также продолжение мониторинга состояния снегового покрова на указанной территории.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	14
1. Административное положение, физико-географическая и природно-климатическая характеристика исследуемой территории	16
1.1. Административно-географическое положение г. Томска	16
1.2. Природно-климатическая характеристика исследуемой территории	18
1.3. Гидрогеологические и гидрологические условия исследуемой территории	20
1.4. Почвенно-растительные условия	22
1.5. Геологическое и геоморфологическое строение изучаемой территории	23
2. Геоэкологическая характеристика исследуемой территории	25
2.1. Краткая характеристика производственной деятельности Томского нефтехимического комбината	25
2.2. Геоэкологическая изученность района расположения предприятия	30
3. Методика исследования	33
3.1. Отбор и подготовка проб снегового покрова	33
3.2. Аналитическое обеспечение исследований	35
3.2.1. Масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой	35
3.2.2. Инструментальный нейтронно-активационный анализ	35
3.2.3. Атомно-абсорбционный анализ	37
3.2.4. Оптическая микроскопия	37
3.3. Методика обработки данных	38
4. Уровень пылевой нагрузки и особенности минерально-вещественного состава проб нерастворимого осадка снегового покрова в районе расположения исследуемого предприятия	42
4.1. Динамика пылевой нагрузки	42
4.2. Минерально-вещественный состав проб нерастворимого осадка снегового покрова	47
4.3. Геохимическая характеристика нерастворимого осадка снегового покрова	53
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	62
5.1. Предпроектный анализ	62
5.1.1. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	62
5.1.2. Оценка коммерческого потенциала методом SWOT-анализа	64

5.2. Инициация проекта	67
5.3. Планирование научно-исследовательской работы	69
5.3.1. Иерархическая структура работ по проекту	69
5.4. Бюджет научного исследования	71
5.4.1. Организационная структура проекта	75
5.4.2. План управления коммуникациями проекта	76
5.4.3. Реестр рисков проекта	76
5.5. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности	77
5.5.1. Оценка абсолютной эффективности исследования	77
5.5.2. Оценка социальной эффективности проекта	81
5.5.3. Оценка сравнительной эффективности исследования	82
6. Социальная ответственность	85
6.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	85
6.2. Производственная безопасность	89
6.3. Экологическая безопасность	102
6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	103
Заключение	105
Список литературы	106
Приложение А (справочное) Impact of aerosol air pollution on human health	112

Введение

Нефтехимическая промышленность – один из крупных источников загрязнения атмосферного воздуха. Подавляющая масса выбросов от химических производств представлена газообразными веществами, при этом выбросы твердых веществ изучены слабо.

В непосредственной близости от города Томска уже более 40 лет функционирует Томский нефтехимический комбинат – одно из крупнейших в России предприятий по выпуску полиэтилена и полипропилена. Район расположения указанного предприятия неоднократно становился объектом эколого-геохимических исследований. Тем не менее, постоянные изменения в технологическом процессе предприятия, а также общий высокий уровень техногенной нагрузки на исследуемой территории обуславливают актуальность проведения комплексных эколого-геохимических мониторинговых исследований.

Использование снегового покрова в качестве природного планшет-накопителя позволяет получить достоверную информацию о пространственном распределении вещества, интенсивности выбросов от источников загрязнения. Изучение снегового покрова – это быстрый, надёжный и экономичный метод определения загрязнения окружающей среды, который дает возможность оценить химическую, пылевую техногенную нагрузку на окружающую среду.

Цель работы – выявить особенности вещественного состава нерастворимого осадка снегового покрова в районе расположения нефтехимического комбината, установить взаимосвязь с составом выбросов твердых веществ предприятия.

Задачи:

1. Изучить геоэкологические проблемы района исследования на основе литературного обзора.
2. Осуществить отбор проб снега и их подготовку.

3. Определить уровень пылевой нагрузки на снеговой покров и изучить динамику с 2009 года по 2023 год.

4. Изучить минерально-вещественный состав твердой фазы снега для определения доли природных и техногенных частиц.

5. Определить геохимические ассоциации элементов на территории предприятия, а также в северо-восточном и юго-западном направлениях.

6. Установить уровни накопления отдельных элементов, которые присутствуют в составе выбросов предприятия.

7. Предложить рекомендации по улучшению экологической обстановки.

Объектом исследования является район расположения нефтехимического комбината г. Томск, предмет исследования – нерастворимый осадок снегового покрова.

Научная новизна работы: впервые изучен состав проб нерастворимого осадка снегового покрова, отобранных внутри промлощадки предприятия; впервые проведен анализ проб промышленной пыли, отобранных с пылегазоочистного оборудования предприятия после масштабной модернизации производства в 2012-2014 гг.

Практическая значимость работы: данные по величине пылевой нагрузки, элементному и вещественному составу проб нерастворимого осадка снегового покрова позволяют определить дальность переноса выбросов нефтехимического комбината и источники их поступления. Результаты научного исследования могут быть использованы природоохранными органами Томской области, а также экологической службой исследуемого предприятия для оценки качества атмосферного воздуха, принятия мер по его улучшению, планирования природоохранных мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферных воздух.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Данная выпускная квалификационная работа представляет собой исследовательский проект на тему: «Эколого-геохимический мониторинг в районе расположения нефтехимического предприятия по данным изучения снегового покрова (г. Томск)». Работа направлена на определение количественных и качественных показателей загрязнения атмосферного воздуха по данным изучения нерастворимого осадка снегового покрова.

Цель проведения данного исследования – определение пылевой нагрузки на территорию воздействия нефтехимического предприятия, а также определение минерально-вещественного и элементного состава проб твердого осадка снега.

Работа включает в себя четыре этапа: организационный, полевой, лабораторный и камеральный. Данный раздел необходим для определения трудовых и денежных затрат на проведение исследования. Для корректного расчёта всех видов затрат по проекту необходимо определить время на выполнение работ, составить календарный план работ, а также определить перечень необходимого материального обеспечения.

Потенциальными потребителями результатов исследования могут быть центральные и местные органы государственной власти, отраслевые ведомства, экологическая служба исследуемого предприятия. Также, результаты исследования могут быть предоставлены заинтересованным жителям исследуемой территории.

5.1 Предпроектный анализ

5.1.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

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

В данном научном исследовании анализируется уровень загрязнения снегового покрова химическими элементами, которые поступают в окружающую среду вместе с выбросами предприятий.

В таблице 5.1 приведена оценка конкурентов, где А – собственное исследование, Б – исследование, проведенное инженером-экологом в научно-исследовательском институте.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		А	Б	А	Б
1	2	3	4	5	6
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности	0,14	5	4	0,7	0,42
2. Точность	0,18	5	5	0,72	0,72
3. Скорость	0,15	4	4	0,75	0,6
4. Технологичность	0,15	5	3	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность продукта	0,12	5	5	0,6	0,48
2. Цена	0,14	5	4	0,7	0,42
3. Время	0,12	4	4	0,48	0,6
Итого	1	33	29	4,55	3,84

Сравнение собственного исследования и исследования конкурентов оценивается по каждому показателю по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i$$

где: К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на проведенном анализе конкурентов, можно сказать, что проект превосходит конкурентные исследования, что связано с ценой, производительностью, а также скоростью разрабатываемого проекта. Однако

уязвимость разрабатываемого проекта в том, что требуется больше времени на его выполнение.

5.1.2 Оценка коммерческого потенциала методом SWOT-анализа

Для выявления сильных и слабых сторон исследования, а также для изучения внутренней и внешней среды проекта используется метод SWOT-анализа. SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы).

В ходе проведения SWOT-анализа проводится описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут проявиться в его внешней среде. К сильным сторонам относят факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону проекта. К слабым сторонам относят недостатки, упущения или ограниченность проекта.

Первым этапом определяются сильные и слабые стороны проекта, необходимые для прогнозирования внешних угроз и выявления возможностей (таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Отсутствие подобных исследований на данной территории С2. Наличие необходимого оборудования С3. Наличие опыта в проведении подобных исследований С4. Отсутствие негативного воздействия на окружающую среду С5. Низкая стоимость расходных материалов	Сл1. Трудоемкий процесс подготовки проб Сл2. Ограниченное количество материала для проведения исследований Сл3. Труднодоступность некоторых точек отбора проб Сл4. Сложность интерпретации результатов исследования Сл5. Сложность работ на больших территориях
Возможности	Угрозы
В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Отработка и усовершенствование существующей методики исследований В3. Участие в геоэкологических проектах и грантах В4. Использование результатов в других научных работах В5. Появление дополнительного спроса на исследования	Угрозы: У1. Зависимость качества отобранных проб от погодных условий У2. Отсутствие спроса на результаты исследований У3. Развитая конкуренция методов анализа У4. Несвоевременное финансовое обеспечение проводимого исследования У5. Изменения в экологическом законодательстве

Интерактивная матрица проекта представлена в таблице 5.3. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие зависимых параметров), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие).

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта							
Возможности		С1	С2	С3	С4	С5	
		В1	+	+	+	-	-
		В2	+	+	+	-	-
		В3	+	+	+	-	-
		В4	-	-	-	-	-
		В5	-	-	-	-	-
Слабые стороны проекта							
Возможности		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	
		В1	+	+	-	-	+
		В2	+	+	-	-	+
		В3	-	-	-	-	-
		В4	-	-	-	-	-
		В5	+	+	-	-	+
Сильные стороны проекта							
Угрозы		С1	С2	С3	С4	С5	
		У1	-	-	-	-	-
		У2	-	-	-	-	-
		У3	-	+	+	-	+
		У4	-	+	+	-	+
		У5	-	-	-	-	-
Слабые стороны проекта							
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	
		У1	+	+	-	-	-
		У2	-	-	-	-	-
		У3	-	-	-	-	-
		У4	-	-	-	-	-
		У5	-	-	-	-	-

После определения исходных данных все аспекты сопоставляются, выявляется их взаимосвязь и составляется итоговая матрица SWOT-анализа (таблица 5.4).

Таблица 5.4 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны проекта: С1. Отсутствие подобных исследований на данной территории С2. Наличие необходимого оборудования С3. Наличие опыта в проведении подобных исследований С4. Отсутствие негативного воздействия на окружающую среду С5. Низкая стоимость расходных материалов</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1. Трудоемкий процесс подготовки проб Сл2. Ограниченное количество материала для проведения исследований Сл3. Труднодоступность некоторых точек отбора проб Сл4. Сложность интерпретации результатов исследования Сл5. Сложность работ на больших территориях</p>
<p>Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Отработка и усовершенствование существующей методики исследований В3. Участие в геоэкологических проектах и грантах В4. Использование результатов в других научных работах В5. Появление дополнительного спроса на исследования</p>	<p>В1В2В3С1С2С3 Отсутствие подобных исследований на данной территории, а также наличие опыта и оборудования позволят эффективно использовать инновационную инфраструктуру ТПУ, отработать и улучшить методику исследования и принять участие в различных проектах и грантах</p>	<p>В1В2В5Сл1Сл2Сл5 Дополнительный спрос может быть незначительным из-за трудоемкости и продолжительности исследования Ограниченное количество материала не позволит в полной мере использовать инновационную инфраструктуру ТПУ</p>
<p>Угрозы: У1. Зависимость качества отобранных проб от погодных условий У2. Отсутствие спроса на результаты исследований У3. Развитая конкуренция методов анализа У4. Несвоевременное финансовое обеспечение проводимого исследования У5. Изменения в экологическом законодательстве</p>	<p>У3У4С2С3С5 Наличие опыта и необходимого оборудования могут помочь при несвоевременном финансировании, но не позволят избежать конкуренции методов анализа</p>	<p>У1Сл1Сл2 Погодные условия могут усложнить трудоемкий процесс подготовки проб. Другие угрозы могут незначительно усилить слабые стороны проекта</p>

Из данной таблицы можно сделать вывод, что преимуществами проекта можно назвать высокую эффективность и информативность снегогеохимических исследований, наличие необходимого оборудования и опытного персонала – это позволит повысить спрос на подобные исследования и привлечь новых потребителей.

Таким образом, можно предположить, что данная исследовательская работа в перспективе будет иметь потребительский спрос. Для увеличения спроса и более успешного дальнейшего продвижения работы необходимо в полной мере использовать сильные стороны проекта и по возможности уменьшить влияние слабых сторон на конечный результат.

5.2 Инициация проекта

На стадии инициации проекта необходимо ознакомить участников проекта и возможных инвесторов с целью и ожидаемыми результатами проекта, изначальными финансовыми ресурсами и материальным обеспечением. Ниже приведены требования к конечному результату и описание целей исследовательского проекта (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Изучение динамики эколого-геохимических показателей состояния атмосферного воздуха по данным изучения снегового покрова; Сопоставление полученных результатов с составом выбросов исследуемого предприятия
Ожидаемые результаты проекта:	Обнаружение взаимосвязи между составом выбросов предприятия и составом проб твердых атмосферных выпадений; наблюдение динамики снижения техногенной нагрузки в исследуемом районе
Критерии приемки результата проекта:	Определен состав пылеаэрозолей, установлена взаимосвязь с составом выбросов предприятия
Требования	Обеспечить бесперебойную работу аналитических приборов и своевременный перенос баз данных на стационарный рабочий компьютер; Провести статистическую обработку полученных данных; Выявить факторы, влияющие на суммарные показатели загрязнения снегового покрова, установить взаимосвязь с составом выбросов предприятия.

В качестве заинтересованных в проекте сторон будут выступать:

– НИ ТПУ в качестве образовательного учреждения, заинтересованного в выпуске квалифицированных кадров;

– Томский нефтехимический комбинат в качестве предприятия, ведущего активную экологическую политику и заинтересованного в получении актуальной и достоверной информации о загрязнении компонентов окружающей среды антропогенными источниками на территории его расположения;

– Ученые-экологи, геоэкологи, геохимики российских и зарубежных институтов заинтересованы в сотрудничестве и обмене информации по актуальным темам исследования;

– Коммерческие, бюджетные и общественные организации в области экологии и охраны атмосферного воздуха заинтересованы в получении актуальной информации о состоянии загрязнения окружающей среды.

В таблице 5.6 представлена организационная структура проекта (роль каждого участника, их функции, трудозатраты).

Таблица 5.6 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Петушкин С.П. магистрант ОГ ИШПР	Исполнитель проекта	Анализ литературных источников, отбор проб, пробоподготовка, анализ лабораторных данных, написание работы	1572
2	Таловская А.В. д.г.-м.н., доцент ОГ ИШПР	Руководитель проекта	Контроль качества и определение сроков выполнения работы, координация, консультирование по проекту	262
3	Прокудина Т.Н. главный эксперт по экологии ТНХК	Консультант	Консультирование по общим вопросам, связанным с работами по проекту	20
ИТОГО:				1854

Для контроля делопроизводства проекта устанавливаются специальные ограничительные факторы. Ограничения проекта – это все факторы, которые

могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 5.7).

Таблица 5.7 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	398 836,70 рублей
Источник финансирования	НИ ТПУ
Сроки проекта:	01.01.2021-31.05.2023
Дата утверждения плана управления проектом	10.01.2022
Дата завершения проекта	31.05.2023

5.3 Планирование научно-исследовательской работы

5.3.1 Иерархическая структура работ по проекту

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 5.1).



Рисунок 5.1 – Иерархическая структура работ

На основе иерархической структуры работ, для каждого этапа научного исследования были заданы сроки начала и окончания работ (таблица 5.8).

Таблица 5.8 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Утверждение темы магистерской диссертации и согласования плана работ	1	10.01.22	10.01.22	Петуныкин С.П. Таловская А.В.
Литературный обзор	16	10.01.22	25.01.22	Петуныкин С.П. Таловская А.В.
Проведение исследования	416	10.01.22	01.03.23	Петуныкин С.П.
Обработка полученных результатов	61	01.03.23	30.04.23	Петуныкин С.П. Таловская А.В. Прокудина Т.Н.
Обсуждение результатов и написание дипломной работы	30	01.05.23	30.05.23	Петуныкин С.П. Таловская А.В.
Итого:	524 дня			

Все виды работ для удобства составления график-плана проведения исследования были разделены на категории:

- *Организационный период.* На этапе организационного периода совместно с научным руководителем проводится планирование основных этапов научно-исследовательской деятельности и распределяются обязанности для осуществления мероприятий по безопасному проведению работ. Определяются необходимые методы исследования, изучается их точность и обоснованность. Также, производится комплектование недостающим снаряжением и материалами.

- *Полевые работы.* Во время полевых работ осуществлялся отбор проб снегового покрова в районе расположения Томского нефтехимического комбината.

- *Камеральные работы.* Период камеральной обработки полученных данных можно разделить на два этапа. Первый этап производился во время полевых работ и включал в себя сбор и систематизацию информации о территории проведения исследования, а также описание мест отбора проб. Второй этап производился после завершения лабораторных исследований и

включал в себя статистическую обработку данных при помощи программ «MS Excel» и «STATISTICA».

Календарный план-график проведения научно-исследовательской работы представлен в таблице 5.9 с указанием общей продолжительности каждого этапа исследования и распределения работ в течение 2022-2023 годов.

Таблица 5.9 – Календарный план-график проведения работ

Этап работ		Организационный		Полевые работы		Камеральный	
Год	Месяц	Участ-ники	Т _к , кал., дн.	Участ-ники	Т _к , кал., дн.	Участ-ники	Т _к , кал., дн.
2022	Янв	И Р	1				
	Фев	И Р	1	И К	5		
	Мар			И К	5		
	Апр					И	21
	Май					И	18
	Июн					И	21
	Июл					И	21
	Авг					И	23
	Сен					И	22
	Окт					И	21
	Ноя					И	21
Дек					И	22	
2023	Янв	И Р	1			И	17
	Фев	И Р	1	И К	5	И	18
	Мар			И К	5		
	Апр					И Р	30
	Май					И Р	31
Итого (руководитель)		24					
Итого (исполнитель)		310					
Обозначения в таблице: И – исполнитель работ, Р – руководитель, К - консультант							

Согласно календарному плану-графику проведения работ следует, что суммарное количество рабочих дней руководителя составляет 24 дня, суммарное количество рабочих дней исполнителя – 310 дней. Также справочно представлено количество рабочих дней консультанта по проекту, в соответствии с планом-графиком оно составляет 20 дней.

5.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых

расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета планируемые затраты сгруппированы по статьям. В данном исследовании выделены следующие статьи:

1. Расходные материалы для проведения исследования;
2. Оборудование для камеральной обработки результатов;
3. Заработная плата работников, занятых в проекте;
4. Отчисления на социальные нужды;
5. Оплата работ, выполняемых сторонними организациями.

В статью «*Расходные материалы для исследования*» включаются затраты на приобретение всех видов материалов, необходимых для выполнения работ по данной теме (таблица 5.10).

Таблица 5.10 – Расчет затрат по статье «*Расходные материалы*»

Наименование	Количество, шт	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Тетрадь	2	40,00	80,00
Ручка шариковая	2	30,00	60,00
Ластик	1	20,00	20,00
Пакеты для исходных проб снега	150	2,00	300,00
Беззольные фильтры «Синяя лента»	40	90,00	3600,00
Пробирки спектрально чистые	40	50,00	2000,00
Всего за материалы	6060,00		
Транспортно-заготовительные расходы (5%)			303,00
Итого по статье			6363,00

Оборудование для камеральной обработки результатов. В данную статью включены все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по теме НИР (таблица 5.11).

Таблица 5.11 – Расчет затрат по статье «Оборудование для камеральных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Общая стоимость оборудования, руб.
1	Персональный компьютер (ноутбук)	1	50000,0	50000,00
2	Программное обеспечение Microsoft Office 2021 (лицензия на 1 год)	1	5990,0	5990,00
3	ПО «STATISTICA» (бессрочная лицензия)	1	20000,00	20000,00
Итого, руб.:				75990,00

Заработная плата работников, занятых в проекте. В данную статью включается основная и дополнительная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме.

Расчет заработной платы проводился по типовой форме, его основой служит количество отработанного времени и месячный оклад работника, с учетом районного коэффициента и премиальных выплат. Расчет заработной платы осуществляется в соответствии с формулами:

$$ЗП = \text{Окл.} \cdot T \cdot K,$$

где ЗП – заработная плата, Окл. – оклад по тарифу (руб.), T – отработано дней / часов, K – районный коэффициент (для г. Томска равен 1,3 на 2023 г);

Дополнительная заработная плата. В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 10 % от суммы основной заработной платы).

$$ДЗП = ЗП \cdot 10\%, \text{ где ДЗП - дополнительная заработная плата (\%);}$$

Отчисления на социальные нужды. Статья включает в себя отчисления в фонды социального страхования для работников (обязательное пенсионное страхование, обязательное социальное страхование на случай временной

нетрудоспособности, обязательное медицинское страхование). На 2023 год в соответствии с Налоговым кодексом РФ [24] (п. 3, ст. 425) установлен размер страховых взносов равный 30%.

$$CB = ФЗП \cdot 30\%, \text{ где } CB - \text{страховые взносы.}$$

Расчет заработной платы научно – производственного и прочего персонала проекта проводили с учетом работы 2-х человек – научного руководителя и исполнителя. Согласно календарному план-графику, представленному в таблице 9, суммарное количество рабочих дней руководителя составляет 24 дня, суммарное количество рабочих дней исполнителя – 310 дней.

Дневная ставка работника оценивалась в соответствии с занимаемой должностью согласно внутреннему Приказу ТПУ № 364-3/об от 30.12.2021 и рассчитывалась как месячный оклад работника, деленный на 30 дней. Расчёт заработной платы для руководителя и исполнителя проведенных работ приведён в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Расчёт заработной платы

Расходы	Количество	Ед. измер.	Кол-во раб. дней	Дневная ставка, руб	Районный коэфф.	Заработная плата, руб.
Основная заработная плата						
Руководитель	1	Чел-день	24	500	1,3	15 600
Исполнитель	1	Чел-день	310	330	1,3	132 990
Итого	2					148 590
Дополнительная заработная плата						
Руководитель	10 % от основной ЗП					1 560
Исполнитель	10 % от основной ЗП					13 299
Итого						14 859
Отчисления на социальные нужды						
Руководитель	30 % от ФЗП					5 148
Исполнитель	30 % от ФЗП					43 886,70
Итого						49 034,70
Общая сумма расходов на заработную плату – 212 483,70 рублей						

Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями. Сторонней организацией был выполнен анализ проб методом масс спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ИСП-МС), который выполняется в Химико-аналитическом центре «Плазма» г. Томск. Расчет затрат на подрядные работы представлен в таблице 5.13.

Таблица 5.13 – Расчет затрат на подрядные работы

Метод анализа	Количество проб	Стоимость анализа одной пробы, руб	Итого, руб
Масс-спектрометрия с индуктивной связанной плазмой	40	2 600	104 000

Бюджет затрат научно-исследовательской работы складывается из всех проведенных выше расчетов затрат по категориям. Определение бюджета затрат на проведение научно-исследовательской работы представлено в таблице 5.14.

Таблица 5.14 – Бюджет исследования

Наименование статьи расходов	Сумма, руб.
Расходные материалы для проведения исследования	6 363,00
Оборудование для камеральной обработки результатов	75 990,00
Заработная плата работников, занятых в проекте	163 449,00
Отчисления на социальные нужды	49 034,70
Оплата работ, выполняемых сторонними организациями	104 000,00
Итого плановая себестоимость:	398 836,70

Таким образом, общие затраты проекта составят 398 836,70 рублей.

5.4.1 Организационная структура проекта

Данный проект представлен в виде проектной организационной структуры. Проектная организационная структура проекта представлена на рисунке 5.2.



Рисунок 5.2 – Проектная структура проекта

5.4.2 План управления коммуникациями проекта

План управления коммуникациями отражает требования к коммуникациям со стороны участников проекта и устанавливает периодичность передачи актуальной информации о ходе реализации проекта, а также список передаваемой информации (таблица 5.15).

Таблица 5.15 – План управления коммуникациями

№ п/п	Какая информация передается	Кто передает информацию	Кому передается информация	Когда передает информацию
1.	Статус проекта	Исполнитель	Руководителю	Еженедельно (понедельник)
2.	Обмен информацией о текущем состоянии проекта	Исполнитель	Руководителю	Ежемесячно (конец месяца)
3.	Документы и информация по проекту	Исполнитель	Руководителю	Не позже сроков графиков и к. точек
4.	О выполнении контрольной точки	Исполнитель	Руководителю	Не позже дня контрольного события по плану управления

5.4.3 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информация по возможным рискам проекта представлена в таблице 5.16.

Таблица 5.16 – Реестр рисков проекта

№	Риск	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
1	Неточность метода анализа	2	5	Низкий	Внешний и внутренние анализы	Низкая точность метода анализа
2	Погрешность расчетов	3	5	Средний	Пересчет, проверка	Невнимательность
3	Отсутствие интереса к результатам исследования	2	5	Низкий	Привлечение предприятий, публикация результатов	Отсутствие результатов исследования

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

5.5.1 Оценка абсолютной эффективности исследования

Особенностью принципа денежных потоков является его прогнозный и долгосрочный характер, поэтому при анализе инвестиций учитываются фактор времени и фактор риска. Для оценки общей экономической эффективности используются следующие основные показатели:

- чистая текущая стоимость (NPV);
- индекс доходности (PI);
- внутренняя ставка доходности (IRR);
- срок окупаемости (DPP).

Чистая текущая стоимость (NPV) – это показатель экономической эффективности инвестиционного проекта, который рассчитывается путём дисконтирования (приведения к текущей стоимости) ожидаемых денежных потоков (как доходов, так и расходов).

Расчёт NPV осуществляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_{опt}}{(1+i)^t} - I_0$$

где: ЧДП_{опt} – чистые денежные поступления от операционной деятельности;

I_0 – разовые инвестиции, осуществляемые в нулевом году;

t – номер шага расчета ($t= 0, 1, 2 \dots n$); n – горизонт расчета;

i – ставка дисконтирования (желаемый уровень доходности инвестируемых средств).

При расчете рентабельность проекта учитывалась равной 20%, норма амортизации – 10 %. Следовательно, выручка от проекта составила: себестоимость * 1,20 = 398 836,70 * 1,20 = 478 604,04 руб.

Расчет чистой текущей стоимости представлен в таблице 5.17.

Таблица 5.17 – Расчет чистой текущей стоимости по проекту в целом

№	Наименование показателей	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Выручка от реализации, руб.	0	478 604,04	478 604,04	478 604,04	478 604,04
2	Итого приток, руб.	0	478 604,04	478 604,04	478 604,04	478 604,04
3	Инвестиционные издержки, руб.	- 398 836,7	0	0	0	0
4	Операционные затраты, руб. (35% от бюджета)	0	167 511,41	167 511,41	167 511,41	167 511,41
5	Налогооблагаемая прибыль(1-4)	0	311 092,63	311 092,63	311 092,63	311 092,63
6	Налоги 20 %, руб.(5*20%)	0	62 218,53	62 218,53	62 218,53	62 218,53
8	Чистая прибыль, руб.(5-6)	0	248 874,10	248 874,10	248 874,10	248 874,10
9	Чистый денежный поток (ЧДП), руб.(чистая прибыль+амортизация 10%)	- 398 836,7	288 757,77	288 757,77	288 757,77	288 757,77
10	Коэффициент дисконтирования при $i=20%$ (КД)	1	<u>0,833</u>	<u>0,694</u>	<u>0,578</u>	<u>0,482</u>
11	Чистый дисконтированный денежный поток (ЧДД), руб.(9*10)	- 398 836,7	240 535,22	200 397,89	166 901,99	139181,25
12	\sum ЧДД		747 016,35			
12	Итого NPV, руб.		348 179,65			

Исходя из данных, рассчитанных в таблице 17, где NPV = 348 179,65 руб. (NPV>0), то можно сделать вывод об абсолютной эффективности проекта.

Следующий показатель – Индекс доходности (PI), показатель эффективности инвестиции, представляющий собой отношение

дисконтированных доходов к размеру инвестиционного капитала. Данный показатель позволяет определить инвестиционную эффективность вложений в данный проект. Индекс доходности рассчитывается по формуле:

$$PI = \sum_{t=1}^n \frac{ЧДП_t}{(1+i)^t} / I_0 > 1$$

где: ЧДД - чистый денежный поток, руб.;

I_0 – начальный инвестиционный капитал, руб.

Таким образом PI для данного проекта составляет:

$$PI = \frac{747\,016,65}{348\,179,65} = 2,15$$

Так как $PI > 1$, то проект является эффективным.

Далее рассчитывалась внутренняя ставка доходности (IRR). Значение ставки, при которой обращается в ноль, носит название «внутренней ставки доходности» или IRR. Формальное определение «внутренней ставки доходности» заключается в том, что это та ставка дисконтирования, при которой суммы дисконтированных притоков денежных средств равны сумме дисконтированных оттоков или = 0. По разности между IRR и ставкой дисконтирования i можно судить о запасе экономической прочности инвестиционного проекта. Чем ближе IRR к ставке дисконтирования i , тем больше риск от инвестирования в данный проект.

Между чистой текущей стоимостью (NPV) и ставкой дисконтирования (i) существует обратная зависимость. Эта зависимость представлена в таблице 5.18 и на рисунке 5.3.

Таблица 5.18 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Показатель	0	1	2	3	4	NPV, руб.
ЧДП, руб.	-398836,7	288757,77	288757,77	288757,77	288757,77	
Коэффициент дисконтирования						
0,1	1	0,909	0,826	0,751	0,683	
0,2	1	0,833	0,694	0,578	0,482	
0,3	1	0,769	0,592	0,455	0,350	
0,4	1	0,714	0,510	0,364	0,260	
0,5	1	0,667	0,444	0,295	0,198	
0,6	1	0,625	0,390	0,244	0,153	

Продолжение таблицы 5.18

0,7	1	0,588	0,335	0,203	0,112	
0,8	1	0,556	0,309	0,171	0,095	
0,9	1	0,526	0,277	0,146	0,077	
1	1	0,500	0,250	0,125	0,062	
Дисконтированный денежный поток, руб.						
0,1	-398 836,70	262480,81	238513,92	216857,09	197221,56	516236,67
0,2	-398 836,70	240535,22	200397,89	166901,99	139181,25	348179,65
0,3	-398 836,70	222054,73	170944,60	131384,79	101065,22	226612,63
0,4	-398 836,70	206173,05	147266,46	105107,83	75077,02	134787,66
0,5	-398 836,70	192601,43	128208,45	85183,54	57174,04	64330,76
0,6	-398 836,70	180473,61	112615,53	70456,90	44179,94	8889,27
0,7	-398 836,70	169789,57	96733,85	58617,83	32340,87	-41354,58
0,8	-398 836,70	160549,32	89226,15	49377,58	27431,99	-72251,66
0,9	-398 836,70	151886,59	79985,90	42158,63	22234,35	-102571,23
1,0	-398 836,70	144378,89	72189,44	36094,72	17902,98	-128270,67

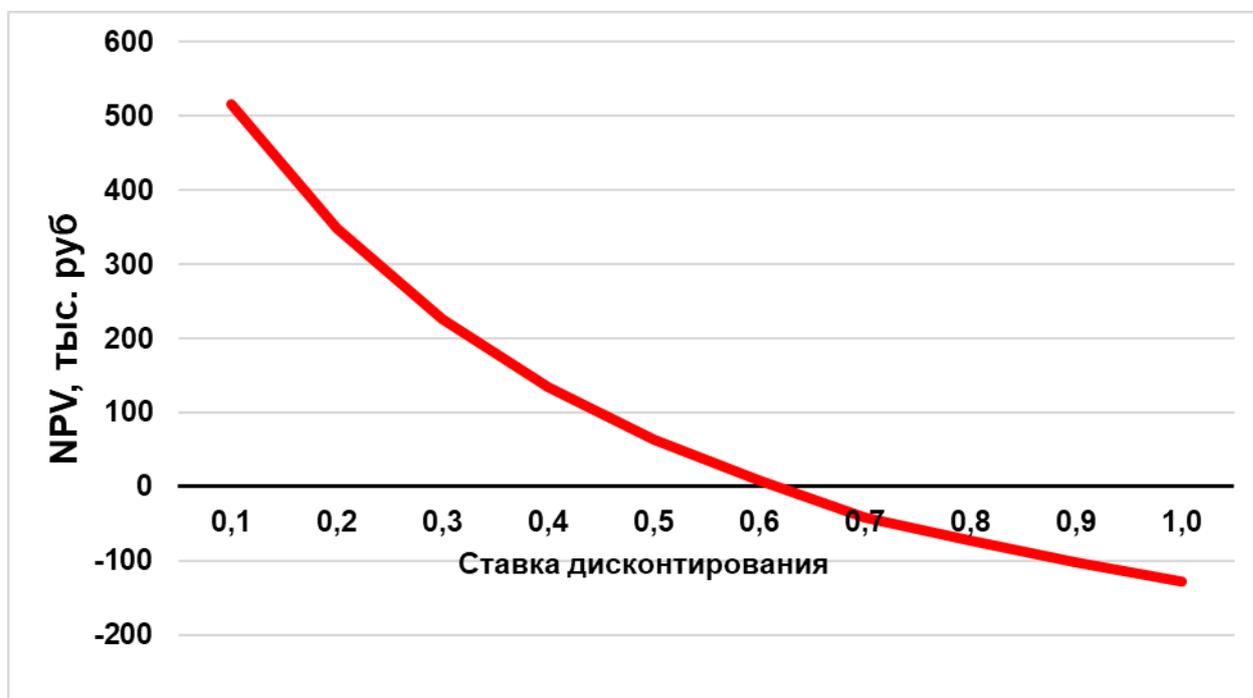


Рисунок 5.3 – Зависимость NPV от ставки дисконтирования

Из таблицы и графика следует, что по мере роста ставки дисконтирования, чистая текущая стоимость уменьшается. Значение ставки, при которой NPV обращается в ноль, носит название «внутренней ставки доходности» или «внутренней нормы прибыли». Из графика получаем, что IRR составляет 0,62. Соответственно, проект эффективен ($IRR > i$).

Запас экономической прочности проекта: $62\% - 20\% = 42\%$

Известно, что одним из недостатков показателя простого срока окупаемости является игнорирование в процессе его расчета инфляции.

Этот недостаток устраняется путем определения дисконтированного срока окупаемости. То есть это время, за которое денежные средства должны совершить оборот.

Наиболее приемлемым методом установления дисконтированного срока окупаемости является расчет кумулятивного денежного потока (таблица 5.19).

Таблица 5.19 – Дисконтированный срок окупаемости

№	Наименование показателя	Шаг расчета				
		0	1	2	3	4
1	Дисконтированный чистый денежный поток ($i=0,20$), руб.	- 398 836,7	240 535,22	200 397,89	166 901,99	139181,25
2	Кумулятивный денежный поток, руб.	-398836,7	-158301,48	42096,41	208998,4	348179,65
3	Дисконтированный срок окупаемости	$ДРР_{дск} = 1 + (158301,48 / 200397,89) = 1,79$ года				

5.5.2 Оценка социальной эффективности проекта

В рамках предпроектного анализа наряду с оценкой коммерческого потенциала оценивается социальная значимость научно-исследовательской работы, так как в исследовании загрязнения атмосферного воздуха в приоритете именно оценка социальных последствий (таблица 5.20).

Таблица 5.20 – Критерии социальной эффективности

ДО	ПОСЛЕ
Отсутствие актуальных данных о состоянии загрязнения атмосферного воздуха и снегового покрова в районе расположения нефтехимического производства	Наличие исчерпывающего количества данных о загрязнении атмосферного воздуха и снегового покрова, а также наличие карт пространственного распределения загрязнений
Ошибочное мнение жителей близлежащих населенных пунктов об источниках загрязнения атмосферного воздуха	Предоставление общественности результатов исследования с описанием источников попадания конкретных видов микрочастиц в атмосферный воздух и снеговой покров
Недостаточность данных у экологической службы предприятия о мониторинге компонентов окружающей среды в районе расположения предприятия	Систематизация и обобщение мониторинговых данных о загрязнении атмосферного воздуха, включение этих данных в отчетные документы, предоставляемые в регулирующие государственные органы (Росприроднадзор)

5.5.3 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат нескольких вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где: $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

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

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где: I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го

варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в таблице 5.21.

Таблица 5.21 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ ПО	Весовой коэффициент параметра	Собственный проект	Аналог А
1. Выход продукта)	0,20	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	3
3. Надежность	0,15	4	4
4. Безопасность	0,15	5	3
5. Простота эксплуатации	0,15	4	4
6. Возможность автоматизации данных	0,20	5	3
Итого	1	28	23

$$I_m^p = 5 \cdot 0,20 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,20 = 4,7$$

$$I_1^A = 5 \cdot 0,20 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,20 = 3,7$$

Интегральный показатель эффективности разработки $I_{финр}^p$ и аналога $I_{финр}^a$ определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p}; I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a}$$

где: $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность проекта;

$I_{\text{финр}}^p$ – интегральный показатель разработки;

$I_{\text{финр}}^a$ – интегральный технико-экономический показатель аналога.

Сравнительная эффективность разработки по сравнению с аналогами представлена в таблице 5.22.

Таблица 5.22 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Собственный проект	Аналог А
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,18	0,16
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,50	3,85
3	Интегральный показатель эффективности	23,12	22,83
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,02	1,01

Выводы по разделу

В настоящем разделе по финансовому менеджменту, ресурсоэффективности и ресурсосбережению была проведена оценка коммерческого потенциала путем составления матрицы SWOT-анализа для выявления наиболее сильных и слабых сторон проекта, а также для анализа внешних угроз и возможностей для развития. Кроме того, оценена социальная значимость научно-исследовательской работы.

Общий бюджет исследования складывается из затрат на материалы и оборудование, используемое в ходе проведения научно-исследовательской

работы, затрат по основной и дополнительной заработной плате и страховых взносов. Общий бюджет исследования составил 398 836,7 российских рублей.

В ходе написания раздела финансового менеджмента определена чистая текущая стоимость (NPV), равная 348 179,65 руб.; PI = 2,15; внутренняя ставка доходности IRR=62%, срок окупаемости DPP_{дск}=1,79 года.

Таким образом, мы имеем ресурсоэффективный проект с высоким запасом финансовой прочности и коротким сроком окупаемости.

6 Социальная ответственность

Введение

Данная выпускная квалификационная работа представляет собой исследовательский проект на тему: «Эколого-геохимический мониторинг в районе расположения нефтехимического предприятия по данным изучения снегового покрова (г. Томск)». Работа направлена на определение количественных и качественных показателей загрязнения атмосферного воздуха по данным изучения твердого осадка снегового покрова.

Цель проведения данного исследования – определение пылевой нагрузки на территорию воздействия нефтехимического предприятия, а также определение минерально-вещественного и элементного состава проб твердого осадка снега.

Потенциальными потребителями результатов исследования могут быть центральные и местные органы государственной власти, отраслевые ведомства. Также, результаты исследования могут быть предоставлены заинтересованным жителям исследуемой территории.

В данном разделе рассмотрены основные требования нормативно-правовой базы РФ к этапам исследования, а именно: к отбору и подготовке проб, их лабораторным испытаниям и обработке результатов. Также, исследования было проанализировано на предмет экологической безопасности и риска возникновения чрезвычайных ситуаций.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ [43] время, в течении которого работник должен исполнять свои трудовые обязанности, не может превышать 40 часов в неделю. При такой рабочей неделе максимально допустимая продолжительность смены для работника не может превышать 8 часов.

При трудоустройстве работодателю предоставляются необходимые персональные данные работника. Их обработка, хранение и использование

осуществляется исключительно в целях обеспечения соблюдения законов и иных нормативных правовых актов РФ. Доступ к персональным данным работников должен быть только у специально уполномоченных лиц. Передача данных третьей стороне возможна только с письменного согласия работника.

Доступ к полной информации о своих персональных данных, исключение, исправление неверных или неполных данных являются правомерными действиями работника.

Заработная плата каждого работника устанавливается индивидуально, в зависимости от его квалификации, сложности выполняемых работ, затраченного времени и других факторов. Минимальная оплата труда не может быть ниже прожиточного минимума населения. Работники, занятые на работах с вредными или опасными условиями труда, а также в местностях с особыми климатическими условиями, получают оплату труда в повышенном размере. Минимальный размер повышения оплаты труда составляет 4 процента тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда.

Государство (ст. 147 ТК РФ) устанавливает гарантии и компенсации за вредные условия труда. К ним относятся: уменьшение рабочего времени, дополнительный отпуск, доплаты и компенсационные выплаты, досрочный выход на пенсию, обязательное своевременное проведение медосмотров, выдача молока или лечебного питания.

Социальное страхование является обязательным способом защиты населения в Российской Федерации. К нему относятся страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, страхование на случай временной нетрудоспособности, пенсионное страхование и другие. Цель данной системы защиты граждан компенсировать или минимизировать последствия изменения материального или социального положения граждан в случаях, предусмотренных законодательством РФ.

6.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Согласно ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ [7] необходимо правильно организовать рабочее место работника. Рабочее место должно обеспечивать возможность удобного выполнения работ. При выборе положения работающего необходимо учитывать:

- физическую тяжесть работ;
- размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего в процессе выполнения работ;
- технологические особенности процесса выполнения работ (требуемая точность действий, характер чередования по времени пассивного наблюдения и физических действий, необходимость ведения записей).

Рассматривая рабочую зону, оснащенную персональным компьютером (ПЭВМ), предъявляются следующие требования:

- Рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.
- Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии не менее 600 - 700 мм.
- Необходимое пространство для ног: высота от 600 мм, ширина – не менее 500 мм, глубина на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм.
- Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики.

6.2 Производственная безопасность

В данном разделе будут проанализированы потенциально опасные и вредные производственные факторы при работе на ПЭВМ. Перечень факторов представлен в таблице 6.1.

К вредным производственным факторам относят факторы, влияние которых на работников может повлечь их заболевание, снижение уровня работоспособности или отрицательное воздействие на потомство.

Опасными производственными факторами называются факторы, способные при определенных условиях вызывать острое нарушение здоровья или приводить к гибели человека.

Таблица 6.1 — Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочих местах, использующих ПЭВМ

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ)	Нормативные документы
Отклонение показателей микроклимата в помещении	Требования к отклонению показателей климата устанавливаются в СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [35].
Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума	Требования к защите от повышенного уровня шума устанавливаются ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [3].
Повышенный уровень электромагнитных полей	Требования к защите от повышенного уровня электромагнитных полей устанавливаются ГОСТ 12.1.006-84 «ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности» [4].
Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения	Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95» [36].
Взрывопожароопасность	Требования к возникновению пожара или взрыва устанавливаются в ГОСТ 12.1.010-76 «ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования» [5].
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с электрическим током	Требования к электробезопасности устанавливаются в ГОСТ 12.1.019-2017 «ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты» [6].

6.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Отклонение показателей микроклимата в помещении. При работе могут наблюдаться отклонения показателей микроклимата: повышенная или

пониженная температура воздуха или поверхностей в рабочей зоне, отклонение показателей относительной влажности и скорости движения воздуха, интенсивности теплового облучения. Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на самочувствие человека и его работоспособность. Рассмотрим оптимальные и допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственных помещений в холодное и теплое время года при работе средней тяжести (таблица 6.2).

Таблица 6.2 — Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах, использующих ПЭВМ

Период года	Теплый		Холодный	
	Іа	Іб	Іа	Іб
Температура воздуха, °С	23-25	22-24	22-24	21-23
Температура поверхностей, °С	20-29	19-29	19-26	18-25
Относительная влажность воздуха, %	15-75	15-75	15-75	15-75
Скорость движения воздуха, м/с	0,1	0,1	0,1	0,1

Категории Іа соответствует работа с интенсивностью энергозатрат 120 ккал/ч, производимая сидя и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением.

Общая площадь рабочего помещения составляет 42 м², объем составляет 147 м³. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют 6,5 м² площади и 20 м³ объема на одного человека. Количество рабочих мест в помещении – 2. Исходя из приведенных данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема, а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основным недостатком – приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, объем воздуха, необходимый на одного человека в помещении без дополнительной

вентиляции, должен быть более 40 м³ [34]. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 73 м³, из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется. Параметры микроклимата поддерживаются в холодное время года за счет систем водяного отопления с нагревом воды до 100°С, а в теплое время года – за счет кондиционирования.

Нормализация метеорологических условий производственной среды является способом коллективной защиты работников. В данный процесс входит установка вентиляции, отопления и кондиционирования в рабочей зоне. От теплового излучения необходима защита расстоянием, путем перевода управления в дистанционный вид с помощью механизации и автоматизации производственных процессов. Также, способом защиты является обеспечение оптимального режима работы. К средствам индивидуальной защиты относятся специальная одежда, обувь, средства защиты рук, головы, лица и глаз.

Повышенный уровень шума. Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, рабочими лампами дневного света, а также проникает снаружи.

Основным источником шума в помещении являются вентиляторы охлаждения компьютерной техники. Уровень шума варьируется от 35 до 42 дБА. Согласно СанПиН 2.2.2 / 2.4.1340-03, при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 82 дБА [34].

Характеристикой постоянного шума на рабочих местах являются уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц.

Повышенный шум на рабочем месте оказывает вредное влияние на организм работника в целом, вызывая неблагоприятные изменения в его органах и системах. Длительное воздействие такого шума способно привести к развитию у работника потери слуха, увеличению риска артериальной

гипертензии, болезней сердечно-сосудистой, нервной системы и др. При этом специфическим клиническим проявлением вредного действия шума является стойкое нарушение слуха (тугоухость), рассматриваемое как профессиональное заболевание.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Средства коллективной защиты:

- устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
- изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов);
- применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения.

Средства индивидуальной защиты:

- применение спецодежды и защитных средств органов слуха: наушники, беруши.

Повышенный уровень электромагнитного излучения. Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см от монитора не должна превышать 25 В/м в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц, 2,5 В/м в диапазоне от 2 до 400 кГц. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл, и 25 нТл в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В [34].

Максимально допустимые параметры электромагнитного поля в зависимости от диапазона частоты согласно ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ

представлены в таблице 6.3 [4].

Таблица 6.3 — Допустимые значения электромагнитного излучения [4]

Параметр	Предельные значения в диапазонах частот, МГц		
	от 0,06 до 3	от 0,06 до 3	св. 30 до 300
Е _{пд} , В/м	500	300	80
Н _{пд} , А/м	50	-	-
ЭН _{Епд} , (В/м) ² ·ч	20000	7000	800
ЭН _{Нпд} , (А/м) ² ·ч	200	-	-

В ходе работы использовалась ПЭВМ типа «Lenovo ThinkCentre» со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В (основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010-76) [5].

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля радиочастотного диапазона при работе на ПЭВМ у человека могут возникать сердечно-сосудистые, респираторные и нервные расстройства, головные боли, усталость, ухудшение состояния здоровья, гипотония. Тепловой эффект электромагнитного поля характеризуется увеличением температуры тела, локальным селективным нагревом тканей, органов, клеток за счет перехода электромагнитного поля в тепловую энергию.

Предельно допустимые уровни облучения (по ГОСТ 54 30013-83):

- до 10 мкВт/см², время работы 8 часов;
- от 10 до 100 мкВт/см², время работы не более 2 часов;
- от 100 до 1000 мкВт/см², время работы не более 20 мин. при условии пользования защитными очками;

К общим и индивидуальным средствам защиты от электромагнитных полей относятся экраны, выполненные из металлических материалов, одежда (халаты, фартуки, комбинезоны, костюмы), изготовленная из отражающей металлизированной ткани); защитные очки и щитки, покрытые тонкой

токопроводящей пленкой.

Отсутствие или недостаток естественного и искусственного освещения. В темное время суток, а также в закрытых помещениях света может быть недостаточно. В связи с этим применяется искусственное освещение. От уровня освещенности зависит зрение работника, его сопротивляемость усталости и нагрузкам. Средняя горизонтальная освещенность в кабинетах и офисных помещениях должна быть не менее 300 лк. В различных цехах и технических помещениях освещенность варьируется от 100 до 300 лк. При проведении земляных работ – не менее 10 лк. Освещенность должна быть равномерной, без слепящего действия.

Требования к освещению на рабочих местах, оборудованных ПЭВМ:

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы мониторы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ПЭВМ должно осуществляться системой общего равномерного освещения. В производственных и административно-бытовых помещениях в случаях преимущественной работы с документами следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов).

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

В качестве источников света при искусственном освещении следует применять преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ). При устройстве отраженного освещения в производственных и административно-общественных помещениях допускается применение металлогалогенных ламп. В светильниках местного освещения допускается применение ламп накаливания, в том числе галогенных.

Взрывопожароопасность. Опасные факторы пожара — пламя и искры, тепловой поток, повышенная температура окружающей среды, повышенная концентрация продуктов горения, пониженная концентрация кислорода. После пожара может произойти взрыв, который также является опасным производственным фактором.

Воздействие пламени на человека может привести к термическому ожогу. Повышенная температура вызывает ожоговые поражения дыхательных путей и кожи человека. Токсичные продукты горения отравляют человека оксидами углерода и другими соединениями, вызывая кислородное голодание — головную боль, слабость, головокружение, и при длительном воздействии приводит к потере сознания и гибели человека.

Опасные факторы взрыва: ударная волна, пламя, обрушивающиеся конструкции, выделяющиеся вредные вещества. Противодействие пожарам осуществляется в процессе обеспечения пожарной безопасности.

Помещение по степени пожароопасности относится к классу В-4, так как в нем отсутствует выделение пыли и волокон во взвешенном состоянии.

Возникновение пожара при работе с ПЭВМ может быть вызвано факторами как электрического, так и неэлектрического характера. Причины возникновения пожара неэлектрического характера: неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня). Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарных. К первичным средствам пожаротушения относятся все виды переносных огнетушителей, оборудование пожарных кранов, ящики с порошковыми составами (песок, перлит), а также огнестойкие ткани (асбестовое полотно).

Требования к персоналу на рабочих местах:

- Работники допускаются к работе только после прохождения обучения мерам пожарной безопасности. Обучение работников мерам пожарной безопасности осуществляется путем проведения противопожарного инструктажа и прохождения пожарно-технического минимума;
- Вся территория постоянно содержится в чистоте и порядке. Мусор и другие отходы должны убираться;
- Запрещается курение на территории. Курить разрешается только в отведенных местах для курения;
- Запрещается применять для освещения факелы, свечи, керосиновые фонари и другие источники открытого огня;
- Нагревательные приборы, не оснащенные автоматикой, оставлять без присмотра запрещено;
- По окончании работы ответственные за пожарную безопасность осматривают помещение, территорию.

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц.

Для предотвращения электрических травм работника в первую очередь необходимо регулярно обслуживать действующие электроустановки, проводить своевременный ремонт и профилактические работы. Меры по обеспечению электробезопасности зависят от категории производственного помещения. Поражение электрическим током чаще всего наступает при небрежном обращении с приборами, при неисправности электроустановок или при их повреждении.

Каждому работнику необходимо знать способы оказания первой медицинской помощи при поражении электрическим током. Рабочие помещения должны быть укомплектованы медицинской аптечкой для оказания первой помощи.

Для освобождения пострадавшего от токоведущих частей необходимо использовать непроводящие материалы. Если после освобождения пострадавшего из-под напряжения он не дышит или дыхание слабое, необходимо вызвать бригаду скорой медицинской помощи и оказать пострадавшему доврачебную медицинскую помощь:

- обеспечить доступ свежего воздуха (снять с пострадавшего стесняющую одежду, расстегнуть ворот);
- очистить дыхательные пути;
- приступить к искусственной вентиляции легких (искусственное дыхание);
- в случае необходимости приступить к непрямому массажу сердца.

Любой электроприбор должен быть немедленно обесточен в случае:

- возникновения угрозы жизни или здоровью человека;
- появления запаха, характерного для горячей изоляции или пластмассы;
- появления дыма или огня;
- появления искрения;
- обнаружения видимого повреждения силовых кабелей или коммутационных устройств.

Для защиты от поражения электрическим током используют СИЗ и СКЗ. Средства коллективной защиты:

- Заземление электрического оборудования;
- Использование щитов, барьеров, клеток, ширм, а также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов;
- Зануление источников напряжения;
- Применение разделительных трансформаторов.

Средства индивидуальной защиты: использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики.

6.2.2 Расчет системы искусственного освещения

Для оценки соответствия параметров освещенности помещения с нормативными документами был произведен расчет общего равномерного освещения рабочей зоны. Основные расчетные параметры указаны в таблице 6.4.

Таблица 6.4 – Основные параметры для расчета систем освещения

Расчетный параметр		Значение	Формула расчета
Тип светильников		ПВЛ мощностью 2×40Вт	
Высота помещения	H, м	3,5	
Ширина помещения	B, м	7	
Длина помещения	A, м	10	
Площадь помещения	S, м ²	70	A*B
Расстояние светильников от перекрытия	h _с , м	0,5	
Высота светильника над полом	h _н , м	3,0	H – h _с
Высота рабочей поверхности над полом	h _{рп} , м	0,7	
Высота светильника над рабочей поверхностью	h, м	2,3	h _н – h _{рп}
Расстояние между соседними светильниками или рядами	L, м	3,45	
Расстояние от крайних светильников или рядов до стены	l, м	1,15	L/3
Длина светильника ПВЛ	l _{св} , м	1,23	Справочно

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина $\lambda = L/h$, характеризующая наиболее выгодное относительное расстояние между светильниками. Уменьшение показателя λ удорожает устройство и обслуживание системы освещения, а чрезмерное увеличение ведёт к резкой неравномерности освещённости

Оптимальный показатель λ для светильников ПВЛ = 1,5 м.

Расстояние между светильниками L определяется как: $L = \lambda * h$ м.

Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным L/3.

Количество рядов светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{(B - \frac{2}{3}L)}{L} + 1 = \frac{(7 - \frac{2}{3}3,45)}{3,45} + 1 = 2,36$$

где $n_{\text{ряд}}$ – количество рядов; B – ширина помещения, м; L – расстояние между рядами светильников, м.

Количество светильников с люминесцентными лампами определяется по формуле:

$$n_{\text{св}} = \frac{(A - \frac{2}{3}L)}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{(10 - \frac{2}{3}3,45)}{1,23 + 0,5} = 4,2 \approx 4$$

где $n_{\text{св}}$ – количество светильников в ряду; A – длина помещения, м; $l_{\text{св}}$ – длина светильника, м.

Общее количество светильников с люминесцентными лампами в помещении определяется по формуле:

$$N = n_{\text{ряд}} * n_{\text{св}} = 2 * 4 = 8$$

где N – общее количество светильников; $n_{\text{ряд}}$ – количество рядов; $n_{\text{св}}$ – количество светильников в ряду.

На рисунке 6.1 представлена визуализация размещения светильников в рабочем помещении согласно проведенным расчетам.

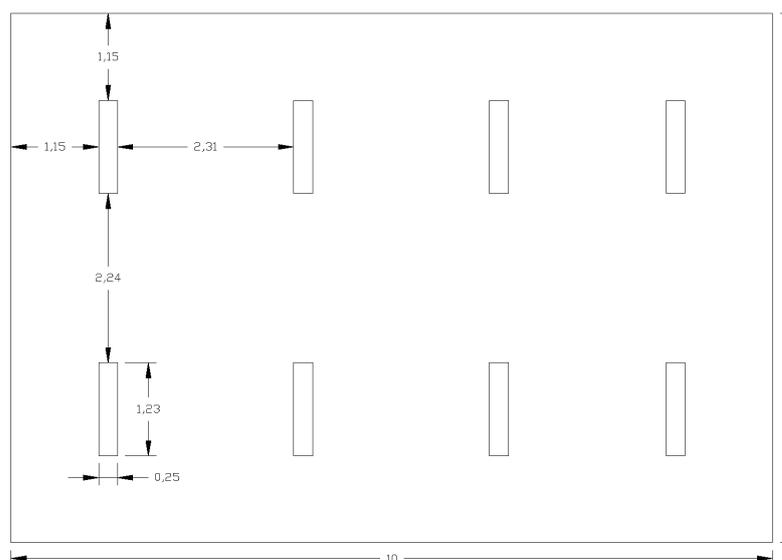


Рисунок 6.1 – Схема размещения светильников в помещении для люминесцентных ламп.

Для дальнейших расчётов требуется найти индекс помещения по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A + B)} = \frac{70}{2,5(10 + 7)} = 1,65$$

Значения коэффициента использования светового потока светильников для наиболее часто встречающихся сочетаний коэффициентов отражения и индексов помещения приведены в таблице 6.5, среди которых определялся ближайший к полученному значению индекса помещения. Состояние потолка в рабочем помещении – чистый бетонный, а стен – бетонные с окнами.

Таблица 6.5 – Коэффициенты использования светового потока светильников с люминесцентными лампами

Тип светильника	ОД и ОДЛ	
P _n , %	50	70
P _c , %	30	50
i	Коэффициент использования, %	
1,5	52	56
1,75	55	58

Расчёт светового потока производится по формуле:

$$\Phi = \frac{E_n * S * K_3 * Z}{N_l * \eta} = \frac{150 * 70 * 1,5 * 1,1}{8 * 0,58} = 2987 \text{ лм.}$$

Где, E_n – нормативная освещённость по СП 52.13330.2016 [36], лк (в случае рабочего помещения – 150 лк, как для работ средней точности при продолжительности зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность более 70%);

S – площадь освещаемого помещения, м²;

K₃ – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника (источника света, светотехнической арматуры, стен и пр., т. е. отражающих поверхностей), наличие в атмосфере цеха дыма, пыли (для помещений с малым выделением пыли – 1,5);

Z – коэффициент неравномерности освещения (для люминесцентных ламп – 1,1),

$N_{л}$ – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока.

Далее полученное значение светового потока сравнивается со значениями характеристик распространённых люминесцентных ламп (таблица 6.6).

Таблица 6.6 – Основные характеристики люминесцентных ламп

Мощность, Вт	Напряжение в сети, В	Световой поток, лм			
		ЛД	ЛХБ	ЛБ	ЛТБ
20	127	880	1020	1060	1060
30	220	1650	1940	2020	2020
40	220	2300	2700	2800	2850

Ближайшим значением оказываются значения для светильников ЛТБ мощностью 40 Вт при напряжении сети 220 В.

Теперь следует провести проверку полученного значения. Если необходимый поток лампы будет выходить за пределы диапазона (–10...+20 %), то необходимо скорректировать число светильников либо высоту подвеса светильников.

$$-10\% \leq (\Phi_{л.станд} - \Phi_{л.расч}) / \Phi_{л.станд} * 100\% \leq 20\%,$$

после решения неравенства получаем:

$$-10\% \leq 4\% \leq 20\%.$$

Неравенство верно, следовательно, менять их количество не нужно и можно перейти к расчёту мощности всей осветительной системы по формуле:

$$P = N * p_{л} = 8 * 40 = 320 \text{ Вт.}$$

6.3 Экологическая безопасность

В ходе проведения полевого этапа исследования негативное воздействие на окружающую среду минимально. На лабораторном и камеральном этапах работ происходит образование отходов V класса опасности – практически неопасных для живых существ и природной среды. К таким отходам относятся: бумага офисная, картон, бумажные фильтры, мусор из офисных помещений и др. Выдача паспортов на такие отходы не производится.

Утилизация отходов V класса опасности происходит путем передачи их региональным операторам по обращению с отходами. Отходы, как правило, захораниваются на специализированных полигонах, но также могут быть переработаны и использованы повторно.

Помимо отходов, в ходе работы будут образовываться в незначительных количествах бытовые сточные воды. Главным источником сточных вод является мойка оборудования и приспособлений для анализа и отбора проб. К таким приспособлениям относятся: лопатка для отбора снега, емкости для таяния, емкости для отстаивания и фильтрации снеготалой воды, воронки, трубки и т.д. Сточные воды в данном случае будут загрязнены теми же веществами, которые находятся в снеговом покрове.

При работе в лаборатории и в компьютерном классе происходит естественный износ искусственных источников освещения – люминесцентных ламп, для которых может потребоваться замена в связи с выходом из строя. Люминесцентные лампы, в соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов (ФККО) относятся к отходам I класса опасности. Это наиболее опасная группа отходов, которые могут нанести существенный ущерб окружающей среде и человеку. Люминесцентные лампы недопустимо выбрасывать вместе с бытовыми отходами, они требуют особого обращения и утилизации. Поэтому, отработанные люминесцентные лампы должны быть переданы специальным организациям, осуществляющим их утилизацию.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На лабораторном и камеральном этапах исследования наиболее вероятная причина возникновения ЧС – это пожар на рабочем месте. Федеральным законом от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ утвержден «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [44]. Согласно данному закону, помещения, здания и сооружения, в которых предусмотрена система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, оборудуются автоматическими установками пожарной сигнализации и пожаротушения в соответствии с уровнем пожарной опасности помещений. Автоматические установки пожарной сигнализации, пожаротушения должны быть оборудованы источниками бесперебойного электропитания.

Возможными причинами пожара являются: нарушение требований техники безопасности при работе с электрооборудованием, неисправное состояние электрической проводки, сбой в работе электронно-вычислительной техники, неосторожное обращение с огнём.

При возникновении пожара основными вредными и опасными факторами воздействия на здоровье и жизнь людей являются задымленность и высокие температуры.

В целях предотвращения распространения пожара используются меры по ограничению площади, интенсивности и продолжительности горения.

В рабочем помещении обеспечены средства противопожарной защиты: план эвакуации людей при пожаре, системы вентиляции для отвода избыточной теплоты от ЭВМ. Помещение оборудовано первичными средствами пожаротушения – углекислотными огнетушителями (ОУ-8 в количестве 1 шт.). Также имеется памятка о соблюдении правил пожарной безопасности, установлена система автоматической противопожарной сигнализации.

Выводы по разделу

В ходе написания данного раздела были проанализированы основные опасные и вредные факторы, имеющие место при работах в рамках исследования. Была изучена нормативная документация по обеспечению безопасности работ. Также, были предложены мероприятия по снижению действия опасных и вредных производственных факторов.

В ходе расчёта общего искусственного освещения было установлено, что световой поток в рабочем помещении равняется 2987 лм, а номинальная электрическая мощность осветительной системы равна 320 Вт.

В плане экологической безопасности с проведением исследования связаны следующие виды воздействия на окружающую среду: образование отходов V класса опасности (практически неопасных), образование незначительного количества бытовых сточных вод при мойке оборудования, а также образование отходов I класса опасности в виде отработанных люминесцентных ламп. Наиболее вероятная причина ЧС на рабочем месте – возникновение пожара. Для ликвидации ЧС имеются первичные средства пожаротушения, а также регулярно проводятся инструктажи по пожарной безопасности.

Заключение

Данная работа позволила определить уровень загрязнения снегового покрова и экологическое состояние территории в районе расположения Томского нефтехимического комбината, выявить характерные ассоциации элементов и особенности минерально-вещественного состава для нефтехимического производства на основе вещественного и элементного анализа проб нерастворимого осадка снегового покрова.

Основные выводы заключаются в следующем:

1. Определена пылевая нагрузка в районе воздействия нефтехимического комбината г. Томск, выявлена многолетняя тенденция к снижению уровня пылевой нагрузки. Установлена закономерность снижения пылевой нагрузки в результате технического перевооружения и модернизации производств ТНХК.

2. В пробах нерастворимого осадка снега при микроскопическом изучении обнаружены частицы микропластика, металлической стружки, древесных опилок. Определена схожесть между составом выбросов предприятий и составом твердой фазы снега.

3. Основные элементы, определяющие уровень загрязнения территории в зоне воздействия нефтехимического завода – Br, Zn, Sb, Sm, Tb, Yb. Данные элементы являются индикаторными для предприятий нефтехимии и частично присутствуют в исходном сырье и в выбросах исследуемого предприятия.

4. При изучении многолетней динамики содержания Br и Sb, установлена тенденция к снижению содержания данных элементов. Данный факт связан с изменением сырьевой базы предприятия, а также с внедрением систем очистки выбросов.

5. Для снижения техногенной нагрузки на территории воздействия нефтехимического завода рекомендуется дооснащение источников выбросов газо- и пылеулавливающими установками с целью предотвращения попадания в окружающую среду частиц микропластика и других твердых частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Саев, Б. А. Ревич, Е. П. Янин и др. – М.: Изд-во «Недра», 1990. – 335 с.
2. Глазовская М. А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высшая школа, 1988. – 324 с.
3. ГОСТ 12.1.003-2014 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности»
4. ГОСТ 12.1.006-84 «ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности»
5. ГОСТ 12.1.010-76 «ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования»
6. ГОСТ 12.1.019-2017 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты»
7. ГОСТ 12.2.049-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования
8. ГОСТ 16336-77 Композиции полиэтилена для кабельной промышленности. Технические условия
9. ГОСТ Р 56219-2014 Вода. Определение содержания 62 элементов методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой
10. Данченко М. А. и др. Эколого-экономическое обоснование лесохозяйственных мероприятий в городских лесах (на примере г. Томска). – 2011.
11. Евсеева, Н. С. География Томской области / Н. С. Евсеева. – Томск: Изд-во ТГУ, 2001. – 233 с.
12. Известные реки Томской области: электронный ресурс. – URL: <https://tomsk-gorod.ru/izvestnye-reki-tomskoj-oblasti/> (дата обращения: 20.04.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный
13. Ионов А. Р. и др. Промышленные испытания новой модификации титан-магниевого катализатора полимеризации пропилена //Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2012. – Т. 321. – №. 3. – С. 110-115.

14. Казмирук В. Д. Микропластик в окружающей среде: нарастающая проблема планетарного масштаба. – М.: Издательство Наука, 2020. — 432 с.
15. Касимов Н.С. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы / Н.С. Касимов [и др.] // Вестник Московского университета серия география. – М., 2012. – № 4. – С. 14-25.
16. Касимов, Н. С. Экогеохимия ландшафтов / Н. С. Касимов – М.: ИП Филимонов М.В., 2013. – 208 с.
17. Майер Э. А., Коваль Е. О., Климов И. Г. Совершенствование процесса производства полипропилена по суспензионной технологии в ООО «Томскнефтехим» при внедрении новых каталитических систем //Катализ в промышленности. – 2023. – №. 5. – С. 75-80.
18. Методика выполнения измерений массовой доли общей ртути в пробах почв и грунтов на анализаторе ртути РА-915+ с приставкой РП-91С.
19. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территории городов химическими элементами / Б. А. Ревич, Ю. И. Саэт, Р. С. Смирнова, Е. П. Сорокина. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 111 с.
20. Методические рекомендации по геохимической оценке источников загрязнения окружающей среды / Ю. Е. Саэт, И. Л. Башаркевич, Б. А. Ревич. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 66 с.
21. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве: утв. Гл. государственным санитарным врачом СССР от 15.05.1990 г., №5174-90.
22. Моделирование исторических данных о климате и погоде для г. Томска: электронный ресурс. – URL: <https://www.meteoblue.com/ru/погода/historyclimate/climatemodelled/Tomsk> (дата обращения: 15.04.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный

23. Назаров А.Д., Шварцев С.Л. Подземные воды и их использование //Природные ресурсы Томской области,- Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние. 1991.- С .114-136.

24. Налоговый кодекс Российской Федерации (часть первая) / Кодекс РФ от 31 июля 1998 г. № 146-ФЗ.

25. Ольховатенко В. Е., Чернышова Н. А., Краевский А. А. Геоэкологическая оценка и прогноз осадок грунтовых толщ при длительном водопонижении на оползнеопасной территории Лагерного сада г. Томска. – 2013.

26. Особая экономическая зона технико-внедренческого типа «Томск»: электронный ресурс. – URL: <http://oez-investintomsk.ru/> (дата обращения: 20.05.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный

27. Парначев В. П. и др. Геология и полезные ископаемые окрестностей города Томска: Материалы к полевой геологической экскурсии: Справочное пособие. – 2010.

28. Пат. 2229737 Россия, МПК7 G 01 V 9/00. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами / Е. Г. Язиков, А. Ю. Шатилов, А. В. Таловская; заявитель и патентообладатель Томский политехнический университет. – № 2002127851; заявл. 17.10.2002; опубл. 27.05.2004.

29. Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 N 2398 (ред. от 07.10.2021) "Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий"

30. Проект нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) для ООО "Томскнетфхим". - Новосибирск.: "ТАРПАН", 2017. - 530 с.

31. Ревич Б. А. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. – 1990

32. Рихванов Л. П. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения / Л. П. Рихванов, Е. Г. Язиков, Ю. И. Сухих и др. – Томск: Издательство ИП Серкова Т.И., 2006. – 216 с.

33. Саэт, Ю. Е. Геохимическая оценка техногенной нагрузки на окружающую среду / Ю. Е. Саэт // Геохимия ландшафтов и география почв. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – С. 84–100.

34. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы"

35. СанПиН 2.2.4.548–96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений»

36. СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95»

37. Судыко, А. Ф. Определение урана, тория, скандия и некоторых редкоземельных элементов в двадцати четырех стандартных образцах сравнения инструментальным нейтронно- активационным методом /А. Ф. Судыко // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: Материалы V Международной конференции. – Томск: СТТ, 2016. – С. 620–625.

38. Таловская А. В. Экогеохимия атмосферных аэрозолей на урбанизированных территориях юга Сибири (по данным изучения состава нерастворимого осадка снегового покрова): диссертация на соискание ученой степени доктора геолого-минералогических наук: спец. 1.6. 21 : дис. – 2022.

39. Таловская, А. В. Исследование состава пылевого аэрозоля на фоновой и городской станциях наблюдения в томском регионе зимой 2012/13 г / А. В. Таловская, Д. В. Симоненков, Е. А. Филимоненко и др. // Оптика атмосферы и океана. – 2014. – Т. 27. № 11. – С. 999–1005.

40. Таловская, А. В. Минерально-вещественный состав пылеаэрозолей на территории г. Томска / А. В. Таловская, Е. Г. Язиков // Сборник докладов XII научного Семинара «Минералогия техногенеза–2011». – Миасс: ИМин УрО РАН, 2011. – С. 79 – 93.

41. Томская область - снабжение водой: электронный ресурс. – URL: <http://www.kurganbur45.ru/tekhnicheskaya-informatsiya/analiticheskie-stati/tomskaya-oblast-snabzhene-vodoy/> (дата обращения: 20.04.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный

42. Томская область Официальный интернет-портал Администрации Томской области: электронный ресурс. – URL: <https://tomsk.gov.ru/Gorod-Tomsk> (дата обращения: 01.04.2023). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный

43. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 г. № 197-ФЗ

44. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ

45. Филимоненко Е. А. Эколого-геохимическая обстановка в районах расположения объектов теплоэнергетики по данным изучения нерастворимой и растворимой фаз снега (на примере Томской области): диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук: спец. 25.00.36 : дис. – 2015.

46. Шатилов, А. Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика атмосферных выпадений на территории Обского бассейна: дис. ... канд. геол.-минерал. наук: 25.00.36 / Шатилов Алексей Юрьевич. – Томск, 2001. – 24 с.

47. Шахова Т. С. Влияние нефтеперерабатывающих заводов на эколого-геохимическую обстановку прилегающих территорий по данным изучения снегового покрова (на примере гг. Омск, Ачинск, Павлодар): диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук: спец. 25.00.36 : дис. – 2018.

48. Экология Северного промышленного узла г. Томска. Проблемы и решения / Под ред. А. М. Адама. – Томск: Изд-во ТГУ, 1994. – 260 с.

49. Язиков Е. Г., Шатилов А. Ю. Геоэкологический мониторинг: Учебное пособие //Томск: Изд-во ТПУ. – 2004. – Т. 276.

50. Язиков Е.Г. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография / Е.Г. Язиков, Таловская А.В., Жорняк Л.В. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 264 с.
51. Язиков, Е. Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: дис. ... д-ра геол.-минерал. наук: 25.00.36 / Язиков Егор Григорьевич. – Томск, 2006. – 423 с.
52. Albrecht B. A. Aerosols, cloud microphysics, and fractional cloudiness //Science. – 1989. – Т. 245. – №. 4923. – С. 1227-1230.
53. Anenberg S. C. et al. Global air quality and health co-benefits of mitigating near-term climate change through methane and black carbon emission controls //Environmental health perspectives. – 2012. – Т. 120. – №. 6. – С. 831-839.
54. Araujo J. A., Nel A. E. Particulate matter and atherosclerosis: role of particle size, composition and oxidative stress //Particle and fibre toxicology. – 2009. – Т. 6. – С. 1-19.
55. Boldo E. et al. Aphis: Health impact assessment of long-term exposure to PM 2.5 in 23 European cities //European journal of epidemiology. – 2006. – Т. 21. – С. 449-458.
56. Dhimal M. et al. Impact of air pollution on global burden of disease in 2019 //Processes. – 2021. – Т. 9. – №. 10. – С. 1719.
57. Nair A. S. et al. Sway of aerosol on Atmospheric Boundary Layer influencing air pollution of Delhi //Urban Climate. – 2023. – Т. 49. – С. 101478.
58. Shiraiwa M. et al. Aerosol health effects from molecular to global scales //Environmental Science & Technology. – 2017. – Т. 51. – №. 23. – С. 13545-13567.
59. Turnock S. T. et al. The impact of European legislative and technology measures to reduce air pollutants on air quality, human health and climate //Environmental Research Letters. – 2016. – Т. 11. – №. 2. – С. 024010.

Приложение А (справочное)

Impact of aerosol air pollution on human health

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ11	Петуныкин Сергей Петрович		

Консультант ОГ ИШПР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Таловская Анна Валерьевна	Д.г.-.м.н.		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Болсуновская Людмила Михайловна	К.ф.н.		

Aerosols are colloids of liquid or particulate matter suspended in air that play an important role in atmospheric processes. Solid particles (PM) consist of heterogeneous compounds, differing in size, quantity, chemical composition, surface area, concentration and source. Some atmospheric particles are liquid, some solid, and still others may contain a solid core surrounded by liquid. PMs include primary particles that are emitted directly from sources such as fossil fuel burning (e.g. diesel exhaust particles), and secondary particles that are formed from gases from chemical reactions involving atmospheric oxygen (O_2), water vapor (H_2O), reactive particles such as ozone (O_3), free radicals such as hydroxyl (OH) and nitrate (NO_3) radicals, contaminants such as sulfur dioxide (SO_2), nitrogen oxides (NO_x), and organic gases from natural and anthropogenic sources. Aerosols are a variety of agents affecting air quality, climate, human health and the hydrological cycle through various mechanisms. Chemical reactions occurring on the surface of non-gas aerosols or inside the bodies of liquid droplets are considered the most important components of Earth's biogeochemistry.

There are two types of aerosols: natural and anthropogenic origin.

- The natural causes of aerosols are dust storms, volcanic eruptions, and forest fires.

Studies show that exposure to dust particles carried over long distances from desert areas can lead to mortality and hospitalization with cardiovascular and respiratory diseases. In addition, in 1997, extremely high levels of PM₁₀ from haze were associated with increased all-cause mortality and hospitalizations for coronary heart disease in Malaysia during wildfires in Southeast Asia. Premature mortality associated with natural dust ranges from 400 to 500 thousand per year, which is approximately 18% of the total premature mortality associated with air pollution. The contribution of natural dust can reach up to 90% of total premature mortality due to air pollution, mainly in countries located in and around the dust belt zone: Africa, the Middle East and Asia.

- Anthropogenic aerosols contained in industrial emissions are most often formed during fuel combustion. The main sources of artificial aerosol air pollution are thermal power plants that consume high-ash coal, metallurgical, cement, magnesite plants. Aerosol particles from the listed sources differ in the variety of chemical composition. They contain compounds of silicon, calcium and carbon, - oxides of metals: iron, magnesium, manganese, zinc, etc. Sources of aerosol pollution are also industrial discharges - artificial mounds from overburden formed during mining or from waste from processing industries. For example, ongoing blasting is a source of dust and poisonous gases.

Particles are also classified according to their aerodynamic diameter into size fractions such as PM10 ("thoracic" particles, < 10 µm), PM2.5-10 ("coarse" particles, 2.5 to 10 µm), PM2.5 (fine particles, < 2.5 µm and UFP (ultrafine particles, < 0.1 µm). These particles are derived from various sources and by various mechanisms as shown in Table A.1.

Table A.1 – Classification of particles based on size

Particle	Aerodynamic diameter (µm)	Sources	Atmospheric half-life
Thoracic particles (PM10)	< 10	-	-
Coarse particles (PM2.5-10)	2.5 – 10	Suspension from disturbed soil (farming, mining, unpaved roads), construction, plant and animal fragments	Minutes to hours
Fine particles (PM2.5)	< 2.5	Power plants, oil refineries, wildfires, residential fuel combustion, tailpipe and brake emissions	Days to weeks
Ultrafine particles (UFP)	< 0.1	Fuel combustion (diesel, gasoline) and tailpipe emissions from mobile sources (motor vehicles, aircrafts, ships)	Minutes to hours

After the Industrial Revolution (during the period - Anthropocene), there was a significant increase in the number of air pollutants. High concentrations of gaseous pollutants such as ozone and nitrogen oxides pose a threat to public health as they cause adverse health effects such as respiratory, allergic and cardiovascular diseases. Particulate matter less than 2.5 µm in diameter (PM2.5)

can be deposited deep into the lungs, causing oxidative stress and respiratory illness. Epidemiological studies have shown that air pollution can increase mortality, and a global analysis found that about 3.3 million people died due to air pollution in 2010, which has recently been updated to about 4.3 million per year. Particulate matter and ozone have been identified as the most prominent risk factors for the global burden of disease. The causes of aerosol health effects are very complex and interdisciplinary research is needed to address the wide range of lengths and timescales. Regional and global modeling studies examine the long-term and large-scale health effects of aerosols. Epidemiological studies are the backbone of such modeling studies and the basis of the links between air pollution and local health impacts. Long-term field measurements of PM_{2.5} and oxidants in urban air pollution are not only critical for assessing air quality, but also essential for conducting epidemiological studies and validating regional and global modelling. To understand the health effects of aerosols, cellular studies are investigating how PM_{2.5} components can cause inflammation and oxidative stress. Cell-free studies are also frequently performed to quantify the oxidation potential and redox activity of PM_{2.5}. Chemical interactions between air pollutants and pulmonary antioxidants are being explored through laboratory experiments to reveal mechanistic and molecular understanding. In this review, we present an overview of the health effects of aerosols from the molecular level to the global perspectives and links between them.

Worldwide, air pollution is considered to be one of the major environmental risk factors posing a serious threat to human health. Approximately 90% of the world's population is at risk of air pollution, and air pollution-related diseases continue to rise, posing a serious threat to global health. According to global estimates, outdoor air pollution is responsible for 7 million premature deaths worldwide. In addition, air pollution-related diseases are significantly higher in low- and middle-income countries, where more than 90% of deaths occur, compared to high-income countries.

In particular, the incidence and mortality of air pollution has risen steadily over time and an estimated 4.2 million people die each year. For this reason, it is important to clearly track pollution data and apply optimized solutions to strike a new balance between sustainability, productivity and human well-being. Particulate matter (PM), nitrogen oxides (NO and NO₂), sulfur dioxide (SO₂) and ozone (O₃) are the main established air pollutants responsible for adverse health effects. Air pollution exacerbates health problems and increases the likelihood of serious health effects. Respiratory diseases are the most common health effects of air pollution; although cardiovascular, cerebrovascular, reproductive, neurological and carcinogenic diseases are also associated with air pollution. Non-communicable diseases account for most of the global burden of disease, and air pollution is one of the main risk factors for non-communicable diseases. Air pollution accounted for 16% of all non-communicable disease deaths among people aged 30 to 69 in 2016.

About 7 million people die prematurely each year due to an increase in deaths from stroke, chronic obstructive pulmonary disease, heart disease, lung cancer and acute respiratory infections caused by air pollution. The World Health Organization (WHO) estimates that coronary heart disease and strokes accounted for 58% of premature air pollution-related deaths in 2016, chronic obstructive pulmonary disease and acute respiratory infections at 18%, and lung cancer at 6%, pneumonia accounted for 27% of deaths. This is a descriptive study based on secondary data and aimed at assessing the effects of atmospheric air pollution by particulate matter (PM_{2,5} и PM₁₀), nitrogen oxides (NO and NO₂), sulfur dioxides (SO₂) and ozone (O₃) in 2019.

Aerosols also affect incoming and outgoing solar radiation, disrupting radiation heating and cooling of the earth's surface, thereby altering the energy balance. Aerosols have direct and indirect effects on the atmosphere through the interaction of aerosol-radiation and aerosol-cloud, which change the climate, disrupting the Earth's radiation balance and hydrological cycle. Aerosols scatter and absorb radiation, called aerosol radiation interaction, and can also alter cloud

properties, called aerosol cloud interaction. Both interactions caused negative radiation impacts on the Earth's radiation balance during the industrial period, resulting in a cooling effect on the climate.

Aerosols are located predominantly in the lowest tropospheric layer of the atmosphere, known as the atmospheric boundary layer. The atmospheric boundary layer is the lowest layer of the atmosphere, located near the surface of the Earth, which is influenced by changing meteorological parameters. The atmospheric boundary layer is an important aspect of weather forecasting and a critical parameter in predicting the level of turbulence and dispersion of pollution. The height of the atmospheric boundary layer ranges from a few meters to kilometers, and thus is a decisive factor influenced by vertical turbulence, which can affect the loading and dispersion of pollutants (aerosols, water vapor and gases) through intense vertical mixing. The height of the atmospheric boundary layer is critical for assessing air quality and determining the ventilation coefficient. The ventilation coefficient is a function of the height of the atmospheric boundary layer along with the wind speed and acts as an important numerical characteristic that gives an idea of the tendency of any atmospheric region to dilute and disperse pollutants over an area.

Favorable climatic conditions contribute to the accumulation of aerosols over the boundary layer of the atmosphere. Aerosol pollution of the atmospheric boundary layer has a detrimental effect on human health. Aerosols can significantly reduce the amount of solar radiation reaching the earth, reducing the flows of obvious heat that determine the daily change in temperature and the boundary layer of the atmosphere. This, in turn, causes a decrease in turbulence in the boundary atmospheric layer and a much smaller entrainment of dry air from the free troposphere into the boundary atmospheric layer, resulting in greater humidity in the boundary atmospheric layer. Increased relative humidity contributes to the hygroscopic development of aerosols and increases the scattering of solar radiation, as well as increases the formation of secondary aerosols.

In Europe and North America, since the 1970s, legislation has been introduced to reduce air pollutant emissions. Sulfur dioxide (SO₂) emissions decreased by 73% in Europe during the period 1980-2004 and by 70% in the United States from 1980 to 2010. Consequently, mass concentrations of sulfate aerosol on the surface of Europe decreased by 65-78% over the period 1980 to 2010. In addition to the beneficial health effects of improving air quality, such reductions in particulate matter will also change the regional radiation balance and climate.

The human health benefits of reducing anthropogenic emissions have been highlighted in a number of studies. It was calculated that reducing PM_{2,5} concentrations in more than 20 European cities to 15 µg/m³ would reduce the number of annual premature deaths by almost 17,000, with a larger reduction in PM_{2,5} to the average annual WHO recommended value. An estimated 10 µg/m³ avoids 19,000 premature deaths. Given the specific reductions in emissions from U.S. power plants, 17,000-21,000 premature deaths per year could be avoided. These studies highlight the large potential human health benefits that can be gained by reducing air pollutant emissions.

Policies aimed at reducing anthropogenic aerosol emissions can have unintended impacts on the climate. Air quality and the impact of particulate reduction on climate depend on the contribution of purely dissipating (sulfate) and more absorbing (black carbon) components, as well as the complex interactions between aerosols and clouds.

Dynamics of deaths from air pollution from 1990 to 2019

According to the study, the consequences of air pollution by aerosols and chemical compounds are assessed by socio-demographic index, gender and type of disease. Their trends for the period 1990-2019 are presented below.

Air pollution-related mortality data from 1990 to 2019 was taken and sorted based on the Socio-Demographic Index (SDI). Sociodemographic index is a brief measure of a particular geographic or administrative borderline socio-economic development.

Figure A.1 shows the mortality rate per 100 000 population associated with air pollution in various regions of the world from 1990 to 2019. Over a 29-year period, the death rate due to air pollution has decreased in all five regions. However, three regions - with middle SDI, low middle SDI and low SDI – had higher mortality rates compared to the global average, with the low SDI region having the highest mortality rates since 1990. The downward trend in mortality rates showed a slight increase in the late 1990s, followed by an undulating trend from 1997 to 2015, and then a slight decline since then. On the other hand, the region with a high SDI had the lowest mortality rate per 100,000 due to air pollution from 1990 to 2019; nevertheless, the downward trend remained steady from 2009 to 2019.

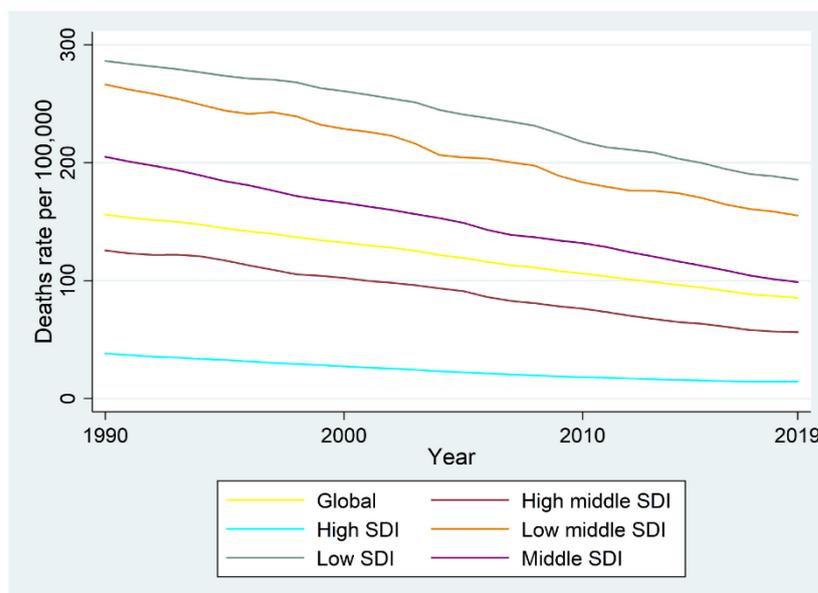


Figure A.1 – Deaths attributable to air pollution from 1990 to 2019

Figure A.2 shows the sex-segregated air pollution mortality rate from 1990 to 2019. The air pollution mortality rate per 100 000 people dropped significantly in both gender groups over the entire period. Compared to the female population, however, men had higher mortality rates. For the female population, the air pollution-related death rate was 135 per 100,000 in 1990, a rate that fell to 70 in 2019. Male deaths fell from 185 in 1990 to 110 in 2019.

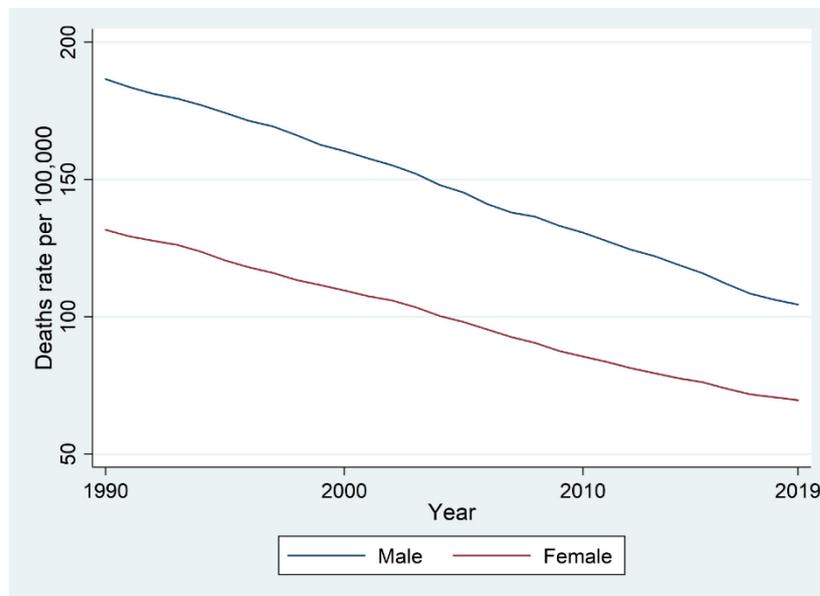


Figure A.2 – Gender-wise death rate attributable to air pollution 1990 - 2019

Figure A.3 shows communicable (CMNNDs) and noncommunicable (NCD) mortality per 100,000 population associated with ambient air pollution from 1990 to 2019. Compared to communicable diseases, ambient air pollution significantly resulted in higher mortality rates from non-communicable diseases. In 1990, ambient air pollution associated with the death rate from noncommunicable diseases was about 30 per 100,000 population, but by 2019 it had risen to 48. At the same time, the mortality rate from infectious diseases remained significantly low and stable during the same period.

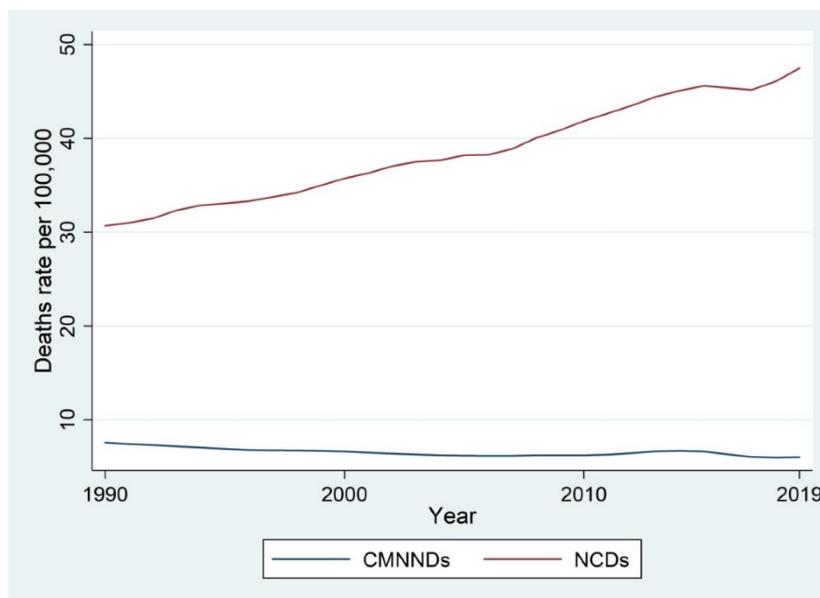


Figure A.3 – Deaths attributable to ambient air pollution from 1990 to 2019

Over the past three decades, Europe has made significant progress in reducing the level of PM_{2.5} in the environment and the associated health burden. More than 85% of European countries had fewer air pollution-related deaths in 2019 than in 1990. However, it is noted that in 2019, nearly three-quarters of European countries still had PM_{2.5} levels above the 2005 global air quality guidelines issued by the World Health Organization. The researchers argue that despite the progress made to date, improving air quality should remain a priority, particularly in countries with lower socioeconomic indices, to further reduce the impact on health and the economy.

The World Health Organization has also acknowledged that ultrafine particles (UFPs) represent an emerging but non-quantifiable risk, and therefore air pollution data may be under-reported. global burden - since any long-term damage caused by UFP penetrating alveolar, brain and placental barriers and reaching organs in humans, animals and fetuses is not taken into account (such as cancer in addition to the lungs, Alzheimer's disease and dementia, etc.).

Influence of aerosols by fractions and composition on human health

The global estimate of air pollution-related deaths is up to 4.3 million per year, of which 4.04 million are due to PM_{2.5}. The estimated uncertainty range is $\pm 25\%$ (95% confidence interval). More than 70% is in Asia and more than 50% in China and India alone. The corresponding global average annual life years lost is 122 million (PM_{2.5} + O₃), meaning that the average person who dies prematurely due to air pollution loses about 28 years of their life. With a world population of about 7 billion and an average life expectancy of about 70 years, it is implied that the reduction in life expectancy of the average person on the planet is about 1.2 years – that's 15 months.

Although the total number of deaths is highest in China and India, per capita mortality is highest in Eastern Europe, and in Russia, for example, the reduction in life expectancy is 2.5 years. To put air pollution-related deaths in context, 4.3 million people a year are nearly 4 times the annual rate from HIV/AIDS and about 15 times the number of deaths due to violence. According to the Global Burden

of Disease (2016), particulate air pollution is among the top seven health risk factors, along with high blood pressure, tobacco smoking, diabetes, childhood malnutrition, high body mass index and high cholesterol.

Through the extensive epidemiological cohort studies described above, it has become possible to establish a relationship between air pollution concentrations and long-term health outcomes that lead to mortality, that is, reduced life expectancy, despite cardiovascular and respiratory diseases. As a result of these studies, two main components of the atmosphere that contribute to mortality were identified: ozone and PM_{2.5}.

Tropospheric ozone and black carbon, which make up fine particulate matter (PM_{2.5}), are associated with harmful effects on human health, agriculture and climate. Methane, a relatively short-lived greenhouse gas (residence time 8-10 years), is an ozone precursor affecting background ozone concentrations. Controlling methane emissions could be a promising means of simultaneously mitigating climate change and reducing global ozone concentrations compared to controlling shorter-lived ozone precursors (nitrogen oxides (NO_x)), carbon monoxide (CO), and non-methane volatile organic compounds. The latter may have more significant and immediate benefits for air quality and health near areas with reduced emissions, but less benefits (CO, non-methane volatile organic compounds) or pure disadvantages (NO_x) for the climate.

Major anthropogenic sources of methane include fossil fuel production and distribution, landfills, animal husbandry, rice cultivation, and wastewater treatment. Black carbon is the product of incomplete combustion from sources such as biomass burning, transportation (mainly diesel cars), domestic combustion, and industry, and is emitted in conjunction with other pollutants including NO_x, non-methane volatile organic compounds, CO, sulfur dioxide (SO₂), and organic carbon. The climatic benefits of black carbon reduction can be partially offset by concomitant reductions in co-emitted pollutants that can have a net cooling effect on climate (and net warming when reduced) either directly (organic carbon) or after chemical conversion in the atmosphere (organic

carbon), SO₂ and NO_x. However, all emission reductions leading to lower ozone concentrations and PM 2.5 are expected to provide health benefits.

Mitigating the effects of ozone and black carbon can both benefit climate and health; since methane and black carbon are short-lived compared to long-lived greenhouse gases (e.g. carbon dioxide (CO₂)), mitigation will reduce the rate of climate change in the near term. Although a recent series of studies examined the additional health benefits of mitigating greenhouse gas emissions, the health benefits of mitigating ozone and black carbon as climate-influencing factors have been less widely studied. Studies examining the health effects of all fossil fuel and biofuel emissions, percentage reductions in ozone and black carbon precursors, and adoption of European vehicle emission standards in developing countries suggest that limiting methane and black carbon emissions could substantially improve public health worldwide, especially in Asia, where large populations are exposed to high concentrations of PM_{2,5} and ozone.

It is also believed that smaller particles are more dangerous than larger ones, as they penetrate deep into the lungs. Aerosols smaller than PM_{2.5}, such as PM₁ and ultrafine particles (PM_{0.1}), since the latter not only penetrate deeply into the lungs, but can also enter the bloodstream, reaching other organs, including the brain, liver, spleen, kidneys and testicles.

Recently, a number of cohort studies have examined PM_{2.5} exposure in Europe and North America, as well as in Asia. Previous cohort studies used observed PM_{2.5} values representing the average community exposure in the study area as a proxy for individual exposure and were subsequently limited to areas surrounding monitoring stations. Recent advances in impact assessment, which include geostatistical methods, land-use regression, dispersion models, chemical transport model, and the use of satellite data, have greatly improved spatiotemporal resolution and coverage, and have made it possible to estimate individual impacts based on subject addresses.

It is also known that the impact of PM_{2.5} on mortality is estimated to be about 20 times greater than that of ozone (O₃), as PM is emitted from a wide

variety of sources and contains different chemical constituents. The chemistry of PM has attracted attention as certain chemicals may play an important role in PM toxicity. Recent continuous measurements of aerosol chemistry have shown that the Kyushu area in western Japan is influenced by long-range transport from the Asian continent. They found that SO₂ and VOC oxidized and converted to sulfates and low-volatile oxygen-containing organic aerosols, respectively, during transportation from the Asian continent. An epidemiological study conducted in Xi'an found that secondary components, combustion particles and transition metals were most responsible for the increased health risk, especially in winter.

Although epidemiological studies have shown that mass concentrations of PM_{2,5} correlate well with adverse health effects, certain types of chemical composition are known to have specific health effects.

The toxicity of particulate matter is not necessarily the same in different parts of the world, which may be most relevant for black and organic carbon compounds in combustion processes, including biomass combustion and the use of biofuels for cooking and heating. However, the first cohort studies in China show that the relationship between fine particulate matter, cardiopulmonary disease and lung cancer is consistent with studies done in North America and Europe.

It is also known that reducing ammonia emissions from agriculture by 50% could prevent 250,000 deaths worldwide, and the theoretical elimination of such emissions would reduce air pollution-related deaths by 800,000 people a year. However, the latter advantage cannot yet be fully exploited as the differential toxicity of the various compounds is largely unknown. Moreover, accurate predictions of the formation and chemical aging of secondary organic aerosols remain a challenge, despite significant efforts and progress being made in recent years.

Bioaerosols.

Biological aerosols are a type of atmospheric PM that are released directly from the biosphere into the atmosphere. They include living and dead

microorganisms (e.g. bacteria and archaea), dispersion units (e.g. fungal spores and plant pollen), and additional plant and animal cell material. Bioaerosols can be infectious, allergenic or toxic to living organisms, affecting public health and agriculture on a local, regional and global scale. Many plant, animal and human pathogens spread through the air and sometimes travel long distances, spreading disease between continents. Inhalation of viruses and viable airborne fungi or bacteria can cause infectious diseases in humans and animals (e.g. foot-and-mouth disease, tuberculosis, Legionnaires' disease, influenza and measles).

Bioaerosols can cause toxic reactions in humans and animals when inhaled. Toxic substances transported with bioaerosols include secondary metabolites of fungi (mycotoxins), components of the cell walls of bacteria (endotoxins), as well as endo-, neuro- and hepatotoxins of cyanobacteria. Mycotoxins can cause acute and chronic effects on human and animal health. Endotoxins can cause severe inflammation and other adverse symptoms. Hepatotoxins cause severe health effects on domestic and wild animals as well as humans. Both neurotoxins and hepatotoxins are produced by aqueous cyanobacteria, but various terrestrial lichens with cyanobacterial photobionts also produce hepatotoxins. It is believed that one of the neurotoxins produced by cyanobacteria contributes to the development of human neurodegenerative diseases, since the same substance was found in the brain and cerebrospinal fluid of patients with amyotrophic lateral sclerosis and Alzheimer's disease.

In addition, plant pollen, fungal spores, cyanobacteria, animal dandruff, and the release of house dust mites are important carriers of allergenic proteins and allergen-associated immunomodulators. Depending on their size, the corresponding bioparticles settle at different depths of the airways, causing various adverse health effects ranging from mild nasal or ocular symptoms to asthmatic shock. Free allergens and related compounds derived from bioaerosols can bind to fine particulate matter such as diesel engine exhaust particles, resulting in the formation of allergen-containing aerosols that can penetrate deep into the human airway.

Allergies and associated respiratory diseases pose a major health problem of increasing importance in many countries and affect a large proportion of the population in industrialized countries with growing global trends.

Gaseous and solid air pollutants such as O₃, NO₂, SO₂, diesel engine exhaust particles and other nanoparticles can lead to modification of allergenic proteins and immunomodulators in bioaerosols, thereby altering their allergenic potential.

Bioaerosols are complex particle mixtures that also contain toxins, allergenic proteins, and allergen-associated immunomodulators. Through skin contact, ingestion and inhalation, individuals are exposed to different types of bioparticles that provide additional immunostimulatory signals that need to be studied together in realistic and appropriate mixtures to assess the full health-related potential of bioaerosols and to elucidate their role in allergy development.

How do aerosols affect the climate?

All atmospheric aerosols scatter incoming solar radiation, and a few aerosol types can absorb solar radiation. BC is the most important of the latter, but mineral dust and some OC components are sunlight absorbers. Aerosols that mainly scatter solar radiation have a cooling effect, by enhancing the total reflected solar radiation from the Earth. Strongly absorbing aerosols have a warming effect. In the atmosphere, there is a mixture of scattering and absorbing aerosols, and their net effect on Earth's energy budget is dependent on surface and cloud characteristics. Scattering aerosols above a dark surface and absorbing aerosols above a bright surface are most efficient (see Figure A.4a). Scattering (absorbing) aerosol above a bright (dark) surface are less efficient because the solar radiation is reflected (absorbed) anyway. Absorbing aerosols are particularly efficient when positioned above clouds, which are a main contributor to the total reflection of solar radiation back to space.

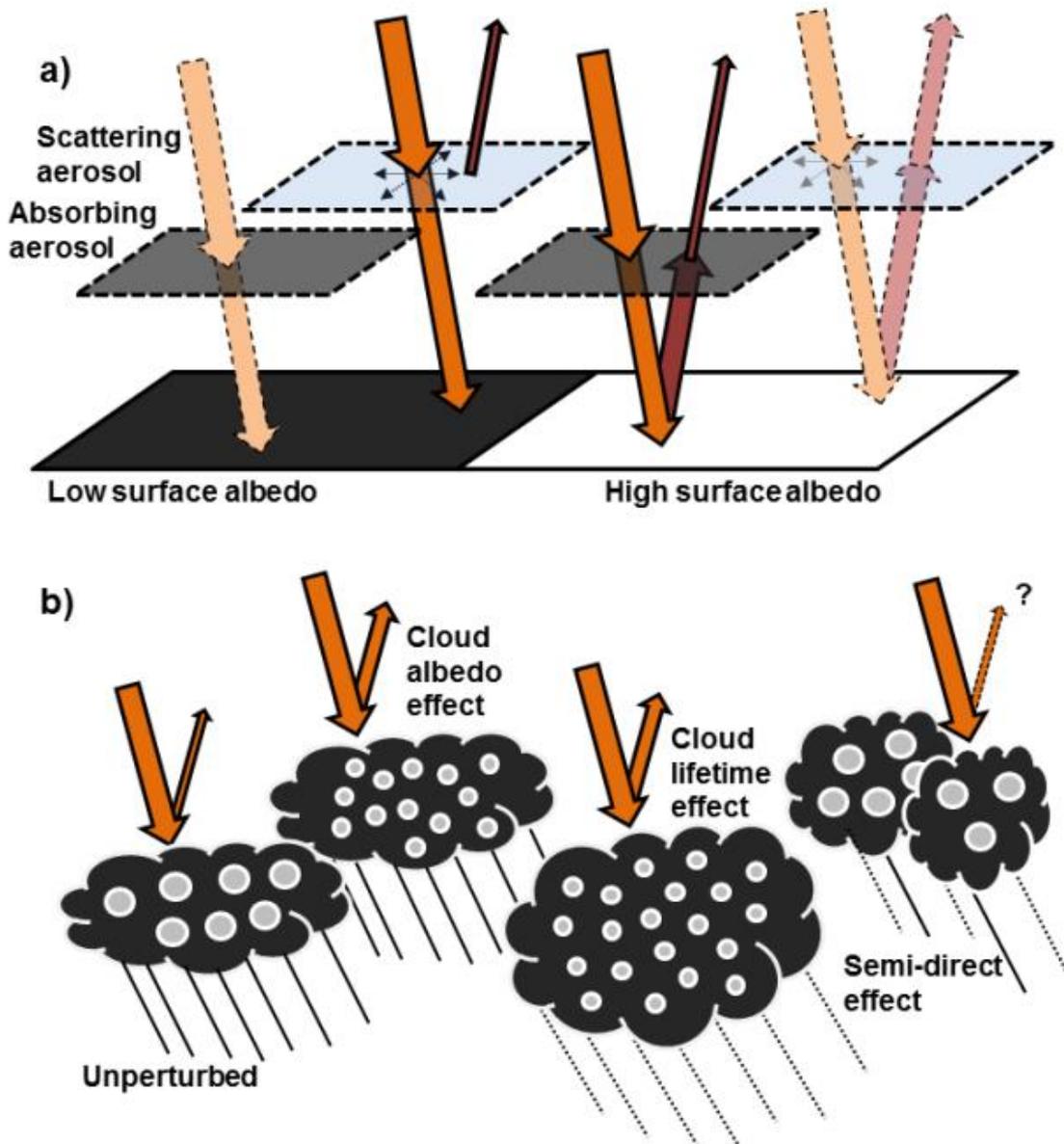


Figure A.4 – The direct aerosol effect and the cloud albedo effect.

- (a) The direct aerosol effect for low and high surface albedo, for scattering and absorbing aerosols. A dark surface (low albedo) will already absorb a large portion of the solar radiation, and absorbing aerosols will thus have a small effect. Scattering aerosols will instead amplify the total reflectance of solar radiation, since the solar radiation would otherwise be absorbed at the surface. Over a bright surface (high albedo) scattering aerosols have a reduced effect. Absorbing aerosols may, however, substantially reduce the outgoing radiation and thus have a warming effect.
- (b) The cloud albedo effect (first indirect aerosol effect), cloud lifetime effect (second indirect aerosol effect), and semi-direct effect.

Aerosols are vital for cloud formation because a subset of them may serve as cloud condensation nuclei (CCN) and ice nuclei (IN). An increased amount of aerosols may increase the CCN number concentration and lead to more, but smaller, cloud droplets for fixed liquid water content. This increases the albedo

of the cloud, resulting in enhanced reflection and a cooling effect, termed the cloud albedo effect (Figure A.4b). Smaller drops require longer growth times to reach sizes at which they easily fall as precipitation. This effect, called the cloud lifetime effect, may enhance the cloud cover (see illustration in Figure 4b) and thus impose an additional cooling effect. However, the life cycles of clouds are controlled by an intimate interplay between meteorology and aerosol-and-cloud microphysics, including complex feedback processes, and it has proven difficult to identify the traditional lifetime effect put forth by Albrecht (1989) in observational data sets.

Absorbing aerosols also have the potential to modify clouds properties, without directly acting as CCN and IN, by: (1) heating the air surrounding them while reducing the amount of solar radiation reaching the ground, which stabilizes the atmosphere and diminishes the convection and thus the potential for cloud formation, (2) increasing the atmospheric temperature, which reduces the relative humidity, inhibits cloud formation, and enhances evaporation of existing clouds. This is collectively termed the semi-direct aerosol effect. The net effect is uncertain (see Figure A.4b) and highly depends on the vertical profile of BC.

In addition, BC and other absorbing aerosols deposited on snow or ice surfaces may reduce the surface albedo, leading to reduced reflectance of solar radiation, and hence a heating effect.

Radiative forcing (RF) is often used to quantify and compare the potential climate impact of the various aerosol effects. RF is defined as a change in the Earth's radiation balance due to a perturbation of anthropogenic or natural origin.. The total aerosol forcing probability density function (PDF), in addition to individual aerosol components, indicating both the magnitudes and uncertainty of the effects, is shown in Figure A.5a. The wider a PDF, the larger is the uncertainty. Combining all aerosol effects (blue dashed curve in Figure A.5a) enhances the uncertainty compared to considering only the direct aerosol effect and cloud albedo effect.

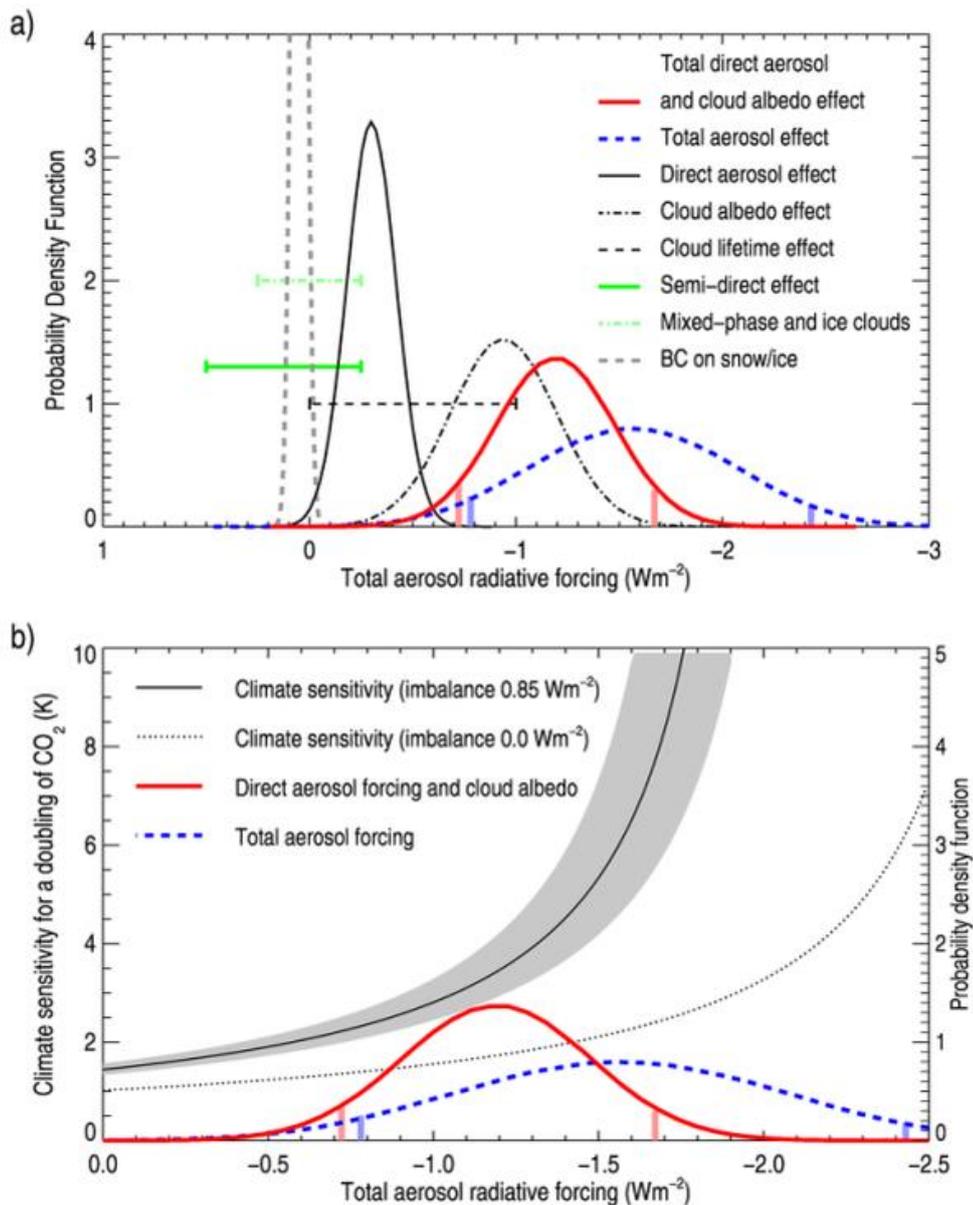


Figure A.5 – Aerosol functions

(a) Probability density functions of aerosol effects, with small updates of cloud albedo and lifetime effects). The total aerosol radiative forcing (red and blue curves), with and without clouds are estimated by combining the individual effects in a Monte Carlo calculation. Vertical lines show 90% confidence intervals.

(b) Climate sensitivity for a doubling of CO_2 as a function of the total aerosol RF. Radiative imbalances of 0.85 (solid line), 0.7 and 1.0 Wm^{-2} (grey band) and 0.0 (radiative equilibrium, dashed line) are shown. Industrial era temperature change is taken as 0.8 Kelvin (K), and RF of non-aerosol components $+2.9 \text{ Wm}^{-2}$.