

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

Институт Природных ресурсов

Направление подготовки Экология и природопользование

Кафедра Геоэкологии и геохимии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Динамика загрязнения снежного покрова в зоне влияния выбросов объектов теплоэнергетики (на примере ГРЭС-2 города Томска)

УДК 551.578.46:621.311.22(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Самохина Наталья Павловна		06.06.2016

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ГЭГХ	Таловская Анна Валерьевна	Кандидат геолого-минералогических наук, доцент		06.06.2016

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭПР	Цибулькинова Маргарита Радиевна	Кандидат географических наук, доцент		24.05.2016

По разделу «Социальная ответственность при проведении геоэкологических работ по изучению снежного покрова в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Крепша Нина Владимировна	Кандидат геолого-минералогических наук, доцент		06.06.16г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Геоэкологии и геохимии	Язиков Егор Григорьевич	Доктор геолого-минералогических наук, профессор		06.06.16г.

Томск – 2016 г.

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

Институт Природных ресурсов
Направление подготовки Экология и природопользование
Кафедра Геоэкологии и геохимии

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

25.02.16. Язиков Е.Г.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ41	Самохиной Наталье Павловне

Тема работы:

Динамика загрязнения снежного покрова в зоне влияния выбросов объектов теплоэнергетики
(на примере ГРЭС-2 города Томска)

Утверждена приказом директора (дата, номер)

08.04.2016, №2738/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

6.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Материалы научно-исследовательской работы
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Снежный покров, как индикатор экологического состояния городской среды 2. Общая и геоэкологическая характеристика г. Томска 3. Методика исследования 4. Динамика уровня пылевого загрязнения и гранулометрический состав твердых частиц в снежном покрове в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска 5. Динамика загрязнения снежного покрова химическими элементами в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска 6. Биотестирование твердого осадка снега на <i>Drosophila melanogaster</i>

Перечень графического материала	1. Карта-схема расположения точек отбора проб снега 2. Динамика уровня пылевого загрязнения снежного покрова
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Оценка загрязнения снежного покрова	Таловская Анна Валерьевна, доцент кафедры ГЭГХ, кандидат геолого-минералогических наук
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Цибульников Маргарита Радиевна, доцент каф. ЭПР, кандидат географических наук
Социальная ответственность	Крепша Нина Владимировна, доцент каф. ЭБЖ, кандидат геолого-минералогических наук
Раздел на иностранном языке	Межибор Антонина Михайловна, доцент кафедры ГЭГХ, кандидат геолого-минералогических наук Матвеев Ирина Алексеевна, доцент кафедры ИЯ, доктор филологических наук
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
На английском – Методика исследования	
На русском: 1. Снежный покров, как индикатор экологического состояния городской среды 2. Общая и геоэкологическая характеристика г. Томска 3. Методика исследования 4. Динамика уровня пылевого загрязнения и гранулометрический состав твердых частиц в снежном покрове в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска 5. Динамика загрязнения снежного покрова химическими элементами в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска 6. Биотестирование твердого осадка снега на <i>Drosophila melanogaster</i>	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ГЭГХ	Таловская Анна Валерьевна	Кандидат геолого-минералогических наук, доцент		6.06.16

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Самохина Наталья Павловна		6.06.16

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ41	Самохина Наталья Павловна

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Геоэкологии и геохимии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Экология и природопользование

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Сборник сметных норм на геолого-разведочные работы, выпуск 2, выпуск 7
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений	Отчисления по страховым выплатам в соответствии с Налоговым кодексом РФ (НК РФ-15) от 16.06.98, а также Трудовым кодексом РФ от 21.12.2011г

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭПР	Цибульниковна Маргарита Радиевна	Кандидат географических наук, доцент		24.03.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Самохина Наталья Павловна		27.03.2016

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ СНЕЖНОГО ПОКРОВА В
ОКРЕСТНОСТЯХ ГРЭС-2 Г. ТОМСКА»

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ41	Самохина Наталья Павловна

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Геоэкологии и геохимии
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Экология и природопользование

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона)	Исследование включает полевой, камеральный и лабораторные этапы. Полевой этап Отбор проб снежного покрова - г. Томск, зона воздействия ГРЭС-2. Лабораторный этап Пробоподготовка твердого осадка снега к аналитическим исследованиям - Учебно-научная лаборатория микроэлементного анализа МИНОЦ «Урановая геология» (на кафедре геоэкологии и геохимии НИ ТПУ) Камеральный этап Статистическая обработка результатов анализа, оформление итоговых таблиц, диаграмм, графиков с помощью ЭВМ - Кабинет с электронно-вычислительными машинами (на кафедре геоэкологии и геохимии НИ ТПУ).
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	1.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению. Полевой этап: 1. Отклонение параметров климата при полевых работах. 2. Тяжесть и напряженность физического труда Лабораторный этап и камеральный этапы: 1. Отклонение показателей микроклимата в помещении 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны 3. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу 1.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению Полевой этап: 1. Механические травмы при пересечении местности. Лабораторный и полевой этапы: 1. Поражение электрическим током
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Пожарная безопасность
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Крепша Нина Владимировна	Кандидат геолого-минералогических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Самохина Наталья Павловна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 106 с., 21 рис., 34 табл., 124 источника, 1 прил.

Ключевые слова: снежный покров, пылевые частицы, теплоэлектростанция, тяжелые металлы, редкоземельные и радиоактивные элементы

Объектом исследования является жилая территория в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска

Цель работы – проследить динамику загрязнения снежного покрова пылевыми частицами с комплексом химических элементов в окрестностях Томской ГРЭС-2.

В процессе исследования проводились: обзор научной литературы по изучению снежного покрова, как индикатора экологического состояния городской среды, отбор и подготовка проб снега, анализ динамики величины пылевой нагрузки, выявление особенностей гранулометрического состава пылевых частиц, аккумулированных в снежном покрове, анализ динамики уровней накопления тяжелых металлов, редкоземельных, редких и радиоактивных элементов в пылевых частицах, и среднесуточного потока этих элементов из атмосферы на снежный покров в период с 2009 по 2014 гг., определение токсичности пылевых частиц методом биотестирования на *Drosophila melanogaster*

В результате исследования выявлена динамика снижения величины пылевой нагрузки в окрестностях ГРЭС-2 в период с 2009 по 2016 гг. Установлено, что пробы снега, отобранные на всю мощность снежного покрова, показывают более разнообразный гранулометрический состав, в сравнении с пробами свежеснежного покрова. Выявлен ряд элементов, которые вносят наибольший вклад в суммарный показатель загрязнения территории и суммарный показатель нагрузки на территорию - As, U, Ba, Yb, Tb, La, Ta, Sm, Ce, Lu, Na, Sr, Hg. По результатам биотестирования установлено, что пробы не оказывают токсического и мутагенного воздействия.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: нет

Степень внедрения: Доклады на 9 международных и всероссийских конференциях (гг. Томска, Новосибирск, Абакан). Общее количество научных публикаций 18.

Область применения: Результаты работы могут быть использованы природоохранными органами для оценки качества атмосферного воздуха, а также принятия мер по ее улучшению. Результаты могут быть использованы в учебном процессе при проведении занятий для студентов экологических специальностей.

Экономическая эффективность/значимость работы экономическая целесообразность и выгода не являются прямой целью работы. Значимость работы заключается в выявлении типоморфных (специфичных) элементов, поступающие в воздушную среду с выбросами предприятий ТЭК.

В будущем планируется продолжить мониторинг загрязнения снежного покрова в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска, а так же дополнить работу изучением других объектов топливно-энергетического комплекса Западной Сибири по схожей методике.

Содержание

Введение.....	4
1. Снежный покров, как индикатор экологического состояния городской среды.....	7
2. Общая и геоэкологическая характеристика г. Томска.....	13
2.1. Физико-географическая характеристика.....	13
2.2. Геоэкологическая характеристика	18
3. Методика исследования.....	24
3.1. Отбор и подготовка проб снега.....	24
3.2. Аналитическое обеспечение исследований.....	30
3.3. Методика обработки данных.....	35
4. Динамика уровня пылевого загрязнения и гранулометрический состав твердых частиц в снежном покрове в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска...	39
4.1. Динамика пылевой нагрузки на снежный покров в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска.....	39
4.2. Гранулометрический состав твердых частиц в снежном покрове в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска.....	46
5. Динамика загрязнения снежного покрова химическими элементами в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска.....	52
6. Биотестирование твердого осадка снега на <i>Drosophila melanogaster</i>	66
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	70
7.1. Планирование, организация и менеджмент при проведении работ ...	70
7.2. Бюджет научного исследования.....	73
7.3. Расчет затрат времени и труда по видам работ.....	73
7.4. Расчет производительности труда, расчет продолжительности выполнения объема проектируемых работ	75
7.5. Нормы расходов материалов.....	76
7.6. Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ.....	76
7.7. Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ	79
8. Социальная ответственность при проведении геоэкологических работ по изучению снежного покрова в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска.....	80
8.1. Анализ вредных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	81
8.2. Анализ опасных факторов и мероприятия по их устранению.....	88
8.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	89
8.4. Законодательное регулирование проектных решений.....	90
Заключение.....	92
Список литературы.....	94
Приложение А.....	107

Введение

По данным Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды РФ в промышленно-урбанизированных центрах определяющий вклад в загрязнение атмосферного воздуха вносят объекты топливно-энергетического комплекса. По данным Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области в г. Томск значительный вклад в общий объем выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от всех стационарных источников вносят предприятия теплоэнергетики, в том числе государственная районная теплоэлектростанция (ГРЭС-2). В соответствии с долгосрочной программой развития угольной промышленности России на период до 2030 г. планируется рост поставок угля для нужд российской энергетики более чем на 30 %, что отразится и на топливном балансе Томской государственной районной теплоэлектростанции и приведет к практически полной замене доли природного газа углем (на данный момент, доля природного газа составляет около 60 %).

На сегодняшний день, существующие технические возможности измерения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе не позволяют в полной мере получить информацию о составе и механизмах переноса промышленных выбросов. Оптимальной депонирующей средой для получения современной информации о поступлении загрязняющих веществ из атмосферы за сравнительно длительный период времени является снежный покров.

Цель работы – проследить динамику загрязнения снежного покрова пылевыми частицами с комплексом химических элементов в окрестностях Томской ГРЭС-2.

В задачи исследования входит:

1. Провести обзор литературы по изучению снежного покрова, как индикатора экологического состояния городской среды.
2. Осуществить отбор и подготовку проб снега в окрестностях Томской ГРЭС-2 в период 2009-2016 гг.

3. Определить изменение величины пылевой нагрузки в окрестностях ГРЭС-2 в период 2009-2016 гг. и основные факторы ее формирования.

4. Выявить особенности гранулометрического состава пылевых частиц, аккумулярованных в снежном покрове.

5. Проследить динамику уровней накопления тяжелых металлов, редкоземельных, редких и радиоактивных элементов в пылевых частицах, и среднесуточного потока этих элементов из атмосферы на снежный покров в период с 2009 по 2014 гг.

6. Определить токсичность пылевых выбросов методом биотестирования на *Drosophila melanogaster*

Объектом исследований является жилая территория в окрестностях Томской ГРЭС-2. Предметом исследования выступает твердый осадок снега, представляющий собой пылевые частицы, аккумулярованные в снежном покрове, и снеготалая вода. Исследование проб проводили в лабораториях МИНОЦ «Урановая геология» при кафедре геоэкология и геохимия, ХАЦ «Плазма» (г. Томск), НОЦ «Нанотехнологии» (ДВФУ, г. Владивосток).

Работа выполнена при поддержке гранта Президента для поддержки молодых российских ученых (2013-2014 гг., МК 951.2013.5), гранта ВР Exploration Operating Company Limited (2013, 2016 гг.), РФФИ (2016 г., 16-45-700184p_a); и Фонда Михаила Прохорова (проект «Академическая мобильность») (2016 г.). В основу работы положены научные исследования, проводившиеся автором совместно сотрудниками кафедры ГЭГХ в период с 2012 по 2016 гг.

Научная новизна работы. Впервые определен гранулометрический состав частиц, содержащихся в снежном покрове окрестностей ГРЭС-2 г. Томска. Проведено сравнение величины пылевого загрязнения и среднесуточного потока химических элементов из атмосферы на снежный покров по данным снеговой съемки 2007 и 2015 гг.

Практическая значимость работы. Проведенные исследования могут быть использованы природоохранными органами для оценки качества

атмосферного воздуха, а также принятия мер по ее улучшению. Результаты могут быть использованы в учебном процессе при проведении занятий для студентов экологических специальностей.

Апробация работы. Результаты работы опубликованы в 18 научных публикациях, в том числе статья в журнале, индексируемом международными базами данных (Web of Science, Scopus). По результатам исследований сделаны доклады на 9 Международных и Всероссийских научных симпозиумах и конференциях в разных городах России (гг. Томск, Новосибирск, Абакан).

Автор выражает искреннюю благодарность научному руководителю доценту кафедры геоэкологии и геохимии ИПР ТПУ, к.г.-м.н. Таловской А.В. за ценные советы, помощь при проведении исследований и написании выпускной квалификационной работы. Выражается благодарность ассистенту кафедры ГЭГХ, к.г.-м.н. Филимоненко Е.А. за сотрудничество при выполнении исследований, советы во время выполнения работы. Благодарность автор выражает профессору, д.г.-м.н. Языкову Е.Г.; профессору, д.г.-м.н. Рихванову Л.П.; доценту, к.х.н. Осиповой Н.А. за внимание и советы при выполнении работы. Автор благодарен исполнителям аналитических исследований: Судыко А.Ф., Богутской Л.В., Федюниной Н.В., Филипас Т.А. Автор благодарен сотрудникам отдела Томская СИГЭКиА ОГБУ "Облкомприрода" Ормокееву М.К. и Михайловой М.Г. за помощь в организации работ по отбору проб снега в окрестностях угольных складов ГРЭС-2. Признательность за организацию научной стажировки в Дальневосточном Федеральном университете автор выражает директору НОЦ нанотехнологии Инженерной школы ДВФУ, д.б.н. Голохвасту К.С., а так же его коллегам – старшим научным сотрудникам к.б.н. Чайке В.В., к.х.н. Захаренко А.М. за помощь в проведении экспериментальных работ. Отдельную благодарность автор выражает родным и близким за терпение и поддержку во время проведения исследований.

1. Снежный покров, как индикатор экологического состояния городской среды

Одним из самых удобных и экономичных природных планшетов, для изучения загрязнения атмосферного воздуха, является снежный покров. Снег может служить индикатором атмосферного загрязнения поллютантами различного типа: пылью, тяжелыми металлами, нефтяными полициклическими ароматическими углеводородами, белковыми соединениями и т.д. Снежный покров можно также использовать и для целей дистанционного зондирования параметров загрязнения местности, в том числе и из космоса. [22]. Снег, как природный планшет-накопитель позволяет проследить величину сухих и влажных атмосферных выпадений в зимний сезон. На территориях с присутствием сплошного снежного покрова практически исключается его литогенное загрязнение, что позволяет использовать вещественный и химический состав твердого осадка снега, как функцию атмосферных выпадений [10, 18].

Снеговые пробы используются в исследованиях пылеаэрозольных частиц многими учеными, позволяя определять их количество, особенности химического состава и пространственного распределения [9, 10, 18, 22, 23, 41, 69, 77, 83, 85]. Так же по данным изучения снежного покрова возможно выявлять пространственные ореолы загрязнения и определять загрязнение территории в конкретный зимний период с устойчивым снежным покровом [22, 68]. Интенсивность загрязнения снежного покрова позволяет определить количество загрязнителей, поступающих во время снеготаяния в поверхностные воды и почвы. [41, 79, 87]

Известно, что загрязнение снежного покрова происходит в два этапа. Первый этап происходит во время образования снежинок в облаке и осадения их на местность – влажное выпадение загрязняющих веществ со снегом. Второй этап происходит в результате сухого выпадения загрязняющих веществ из атмосферы, которые осаждаются на уже выпавший снег [57].

Изучение атмосферных пылеаэрозолей на территории Западной Сибири методом отбора снеговых проб является одним из самых актуальных, так как на данной территории поверхность земли в зимний период (с ноября по март) покрыта снегом. Научные исследования в данной области начали проводиться с 1974 г. авторским коллективом ученых (Васильев Н.П., Бояркина А.П., Львов Ю.А., Будаева Л.И., Байковский В.В., Летувнинкас А.И., Воробьева А.И. и др) из научных центров г. Томска – Томского государственного университета, Сибирского медицинского государственного университета, НИИ онкологии Томского научного центра РАМН, Института оптики атмосферы СО РАН.

В Томском политехническом университете на базе кафедры геоэкологии и геохимии, начиная с 90-х годов и по настоящее время, проводятся геоэкологические исследования, посвященные изучению загрязнения объектов природной среды, включая изучение снежного покрова [62, 69, 76, 77, 85 86].

Подобные исследования проводятся в г. Новосибирск сотрудниками Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН и Института вычислительной математики и математической геофизики СО РАН – Бортниковой С.Б, Артамоновой С.Ю., Рапутой В.Ф., Росляковым Н.А., Ковалевым В.П., Щербаковым Ю.Г., Сухоруков Ф.В., Ковалевым С.И., Щербовым Б.Л. и др., а так же сотрудниками ГГП «Березовгеология» Пахомовым В.Г., Zubовым Е.В., Поповым Ю.П. и др.

В настоящее время при геоэкологической оценке состояния окружающей среды урбанизированных территорий особая роль отводится изучению тяжелых металлов в различных природных средах. Тяжелые металлы занимают одно из ведущих положений в списке приоритетности загрязняющих веществ и поступают в природную среду в основном с выбросами промышленных предприятий и автотранспорта [23].

В составе техногенных выбросов тяжелые металлы осаждаются в снежном покрове, а при таянии образуют подвижные формы, которые считаются наиболее опасными, в связи с потенциальной возможностью их миграции и попадания в воду и пищевые цепи человека [56, 68; 81].

Основная доля тяжелых металлов, выпадающих с зимними осадками, содержится в форме нерастворимых соединений (сульфиды, оксиды, карбонаты), которые являются потенциально опасными для живых организмов [68].

Так же актуальным является изучение водородного показателя (рН) различных природных сред, так как изменение величины водородного показателя осадков способно значительно изменять физико-химические свойства почв, тем самым оказывая влияние на ее плодородие. Резкая смена кислотности почв может повлечь за собой смену или гибель растительных сообществ и биоценозов, что может резко отразиться на экологической ситуации в целом. Изменения величины рН осадков также способствуют изменениям кислотности поверхностных и грунтовых вод [15, 23, 45].

Чистый снег имеет $\text{pH} = 5,6$, что связано с наличием в воздухе CO_2 , образующим угольную кислоту, подкисляющую атмосферные осадки. Если в воздухе много оксидов азота, сернистого газа, диоксида серы и других кислотных оснований, то снег будет иметь величину $\text{pH} < 5,6$ (снег кислый). Если снег имеет значение рН выше 5,6, то он щелочной и загрязнен оксидами металлов, автомобильными выхлопами [32, 58]. В работе по изучению снеготалой воды города Дубны авторы отмечают подщелачивание осадков на всей территории города, что обусловлено щелочными выбросами (золы городских котельных, твердых фракций сгоревшего топлива) [59].

Снежный покров, исходя из условий формирования и существования, включает воду в твердом состоянии как основной компонент (ее содержание обычно более 99%), а также примесные твердые фракции аэрозольных частиц. Следовательно, изучение особенностей накопления химических элементов в твердой и жидкой фазах снежного покрова, является одной из важных задач экологического мониторинга [16, 81].

Так же в оценке экологического состояния окружающей среды городов особое внимание уделяется изучению объектов топливно-энергетического комплекса, так как предприятия данной отрасли являются типичными для

любой урбанизированной территории и, как правило, располагаются в жилой зоне городов.

Разным аспектам воздействия на природную среду топливно-энергетического комплекса в различных районах России посвящено довольно много исследований. [16, 53, 58, 60, 61, 63, 74]

Угольные теплоэлектростанции необходимая часть инфраструктуры города, являющаяся источником загрязнения атмосферного воздуха, почвенно-растительного покрова, поверхностных и подземных вод [28]. При сжигании каменного угля на ТЭЦ происходит накопление тяжелых металлов и токсичных элементов (металлов), оказывая при этом негативное воздействие на компоненты природной среды [5, 53]. Причем именно в зимний период масса сжигаемого топлива достигает максимума, и твердые вещества в результате гравитационного осаждения загрязняют снег [58].

Максимальное техногенное воздействие выбросов теплоэлектростанций сосредоточено в локальной зоне воздействия, что подтверждают исследования [17, 26, 43, 50, 61]. В ряде работ, посвящённых изучению природных сред в зонах подверженных выбросам объектов теплоэнергетики, выделяют элементы являющиеся индикаторами загрязнения природной среды данными объектами. Так в работе [16] показано, что зоны воздействия Новосибирских теплоэлектроцентралей наиболее характерные элементы в снежном покрове-Sn, As, Ge, Sb, причем в пробах снеготалой воды преобладают Nb, Th, а в пробах твердого осадка снега Sr, I, Br, Mo.

В окрестностях Усть-Илимской ТЭЦ (Иркутская обл.) в пробах твердого осадка снега по максимальным уровням концентрации выделяются следующие элементы La, Li, Ag, Ti, Sc, Mn, Co, Ni, причем содержания Mn, Ni, Co по мере удаления от ТЭЦ снижаются. В пробах снеготалой воды такие элементы как As, Mo, U, V, Sc, Zr, Mn, Ti, Li, Cr превышают фоновые значения от 4 до 27 раз [61].

При изучении снежного покрова в зоне воздействия Конаковской ГРЭС авторами было выявлено, что многократные превышения городского фона

наблюдаются у таких элементов как Cu, Fe, Mn. Причем в ближней зоне воздействия предприятия (в радиусе 0,5 - 1 км от ГРЭС) авторы отмечают высокие концентрации V, Fe, Cr, Mn, Mo, Cu как в твердом осадке снега, так и в снеготалой воде [26].

При изучении снежного покрова в окрестностях Кызылской ТЭЦ, авторами отмечено, что преобладающими элементами в жидкой фазе снежного покрова являются Zn, Pb, Cu, Co, а в твердой фазе – Zn, Pb, Mn, Co. Так же показано, что снеготалая вода имеет щелочную реакцию за счет пылевых загрязнений летучих зол, сажи ТЭЦ и частного сектора. [51]. Химический состав летучих зол ТЭЦ, работающей на твердом топливе, определяют pH нейтральную или щелочную реакцию, что ведет к подщелачиванию составляющих природной среды. [30, 51]

В результате изучения снежного покрова в зоне воздействия ТЭЦ-1 г. Красноярска авторами [58] установлено, что содержание нитрат- сульфат ионов закономерно уменьшаются при удалении от ТЭЦ-1 (вывод - Вероятно, это связано с тем, что именно ТЭЦ-1 вносит значительный вклад в антропогенное загрязнение атмосферы и атмосферных осадков, загрязняя выпавший снег продуктами сгорания угля (в основном оксидами серы и азота).

В работе Матвеевко Т.И. и др. [53] рассмотрено загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами в зоне влияния ТЭЦ-3 г. Хабаровска. Авторами отмечено, что почвы в зоне влияния ТЭЦ-3 загрязнены тяжелыми металлами (кадмием, свинцом, мышьяком, никелем, цинком, железом, ртутью, кобальтом, марганцем). Более высокое содержание меди, марганца, никеля наблюдается в 1,5 км от источника загрязнения. Максимальный вклад в загрязнение почвы вносят свинец, марганец и никель [53].

Кроме того, что выбросы объектов теплоэнергетики содержат большое количество вредных и токсичных веществ, ученые обращают внимание на размерность и минерально-вещественный состав выбрасываемых в атмосферу частиц, которые аккумулируются в снежном покрове. Частицы с диаметром менее 10 мкм, взвешенные в атмосферном воздухе, могут легко проникать в

организм человека, вызывая различные заболевания, по мнению многих авторов такие частицы могут составлять 40-70% взвешенных частиц и считаются наиболее опасными [24, 31, 42]. В работе [24] посвящённой изучению нано- и микроразмерных атмосферных взвесей Дальнего востока, автор связывает появление частиц с экологически значимым диаметром до 6-10 мкм. с воздействием автотранспорта и продуктов выбросов котельных и ТЭЦ (работающих на угле). Автор приводит гранулометрический анализ взвесей района, подверженного влиянию выбросов котельных, выделяя три пика: сажа (от 3 до 50 мкм) – 55%, продукты неполного сгорания (от 50 до 100 мкм) – 25% и угольная пыль, сдуваемая из вагонов при транспортировке и выгрузке угля (300-600 мкм) – 20%.

Сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии НИ ТПУ с 2009 года осуществляется мониторинг снежного покрова в окрестностях промышленных предприятий г. Томска, в том числе в зоне воздействия ГРЭС-2 города Томска. По результатам многолетних исследований авторы отмечают, что в окрестностях ГРЭС-2 в составе твердого осадка снега специфичными элементами являются Na, Ba, Sb, La, Sm, Yb, Lu, U, Ta, Bi, W, As, Fe, Sr, вещественный состав представлен силикатными частицами, алюмосиликатными микросферами ассоциированными с кварцем и муллитом, металлическими микросферами с ферритами Mg, Ca и Mn, сажой, углем и шлаком [72]. Так же авторами [71] установлено, что тяжелые металлы, редкоземельные, редкие и радиоактивные элементы концентрируются преимущественно на твердых частицах и только небольшая часть переходит в раствор.

Обзор литературных источников показал, что в эколого-геохимических исследованиях широко применяется метод снеговой съемки. В исследования ученые обращают внимание на загрязнение снежного покрова продуктами выбросов объектов теплоэнергетики, которые в свои очередь являются приоритетными источниками поступления поллютантов в городскую среду.

2. Общая и геоэкологическая характеристика г. Томска

2.1. Физико-географическая характеристика

Город Томск расположен в Томском районе Томской области, на востоке Западной Сибири на берегу реки Томь. Томский район расположен в южной части Томской области (рис. 2.1.1). Район граничит на юге – с Кемеровской областью, на севере – с Кривошеинским и Асиновским районами, на востоке – с Асиновским и Зырянским, на западе – с Кожевниковским и Шегарским районами.

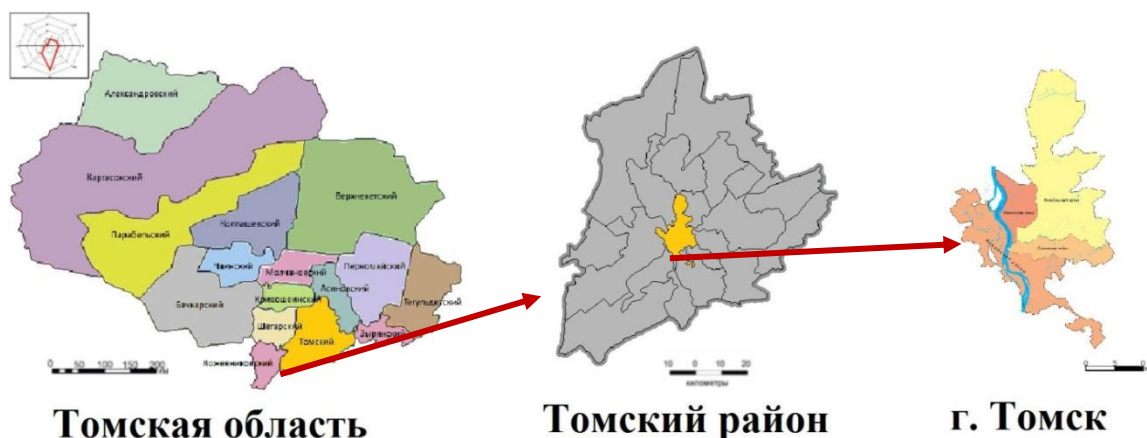


Рисунок 2.1.1 – Административное положение г. Томска

Климатические условия

Климат территории определяется взаимодействием таких факторов, как географическое положение, солнечная радиация, циркуляция атмосферы.

Особенности географического положения Томска на границе Западно-Сибирской равнины и отрогов Кузнецкого Алатау, в притаёжной зоне и заболоченных местах, в труднопроходимых лесах на юго-востоке России обеспечили влияние континентально-циклонического климата, с суровой продолжительной зимой и коротким, иногда жарким, умеренно влажным летом.

Многолетняя средняя годовая температура воздуха - отрицательная (минус 0,6 оС). Минимальные температуры воздуха приходятся на январь - средняя температура января изменяется по территории от -19,2° до -20,5°С. Максимум температуры воздуха приходится на июль (средняя температура от 16,8-17°С).

Средняя годовая абсолютная влажность воздуха составляет 6,3 ГПа. Самым «сухим» является май, когда средняя относительная влажность 60 %. Наибольших значений относительная влажность достигает с ноября по январь (77–82 %).

Годовое количество осадков по территории изменяется в среднем от 400 до 570 мм. Наибольшее количество осадков выпадает в теплый период года (июль, август). Летом осадки выпадают в виде ливней. Наименьшее количество осадков выпадает в феврале и марте. В зимнее время осадки выпадают преимущественно в твердом виде. Устойчивый снежный покров устанавливается в конце октября - начале ноября. Высота снежного покрова в лесу до 70 см, в поле уменьшается до 30–50 см. Снежный покров держится 170–180 дней. Сход снежного покрова наблюдается в конце апреля – начале мая.

В зимние сезоны с 2008 по 2016 год средняя высота снежного покрова изменяется от 34 до 67 см (табл. 2.1.1), наименьшая высота снежного покрова наблюдалась в сезоны 2011-2012 года (34 см.) и 2015-2016 года (41 см).

Средняя дата начала устойчивого промерзания почвы – 1 ноября, средняя из максимальных за зиму глубина промерзания почвы на безлесных участках составляет 116–118 см. Полное оттаивание почвы происходит в мае.

Таблица 2.1.1 – Параметры осадков на территории г. Томска в зимние сезоны с 2008 по 2016 гг.*

Зимний сезон	Средние величины влагозапаса снежного покрова, мм	Средняя высота снежного покрова, см
2008/09	107	56
2009/10	136	67
2010/11	120	54
2011/12	78	34
2012/13	126	63
2013/14	118	52
2014/15	140	67
2015/16	85	41

* По данным метеостанции г. Томска

Основными направлениями ветров в г. Томске являются южные и юго-западные, повторяемость северных ветров увеличивается в летние месяцы.

Максимальные скорости ветра наблюдаются при господствующих ветрах в декабре и марте, минимальные – в июле и августе. [87].

Рассматривая зимние сезоны (с ноября по март) с 2008/2009 по 2015/2016 наблюдается резкое увеличение повторяемости южных ветров, при уменьшении доли юго-западных (таблица 2.1.2). Так в зимние сезоны 2008/2009 – 2011/2012 доля юго-западных ветров в среднем составляла 40%, а к 2012/2013 – 2015/2016 сократилась до 11% в среднем.

Таблица 2.1.2 – Повторяемость различных направлений ветра на территории г. Томска в зимние сезоны с 2008 по 2016 гг.*

Сезон	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ	Штиль
2008/2009	33 (3%)	75 (7%)	41 (4%)	10 (1%)	78 (8%)	460 (45%)	72 (7%)	55 (5%)	203 (20%)
2009/2010	32 (3%)	152 (14%)	75 (7%)	18 (2%)	92 (8%)	385 (35%)	57 (5%)	37 (3%)	237 (22%)
2010/2011	28 (3%)	93 (9%)	45 (4%)	10 (1%)	95 (9%)	402 (40%)	65 (6%)	42 (4%)	229 (23%)
2011/2012	17 (2%)	108 (10%)	25 (2%)	10 (1%)	130 (12%)	427 (39%)	20 (2%)	16 (1%)	356 (32%)
2012/2013	28 (3%)	126 (13%)	28 (3%)	15 (2%)	255 (27%)	157 (17%)	31 (3%)	37 (4%)	271 (29%)
2013/2014	8 (1%)	51 (5%)	5 (1%)	73 (8%)	484 (51%)	89 (9%)	12 (1%)	31 (3%)	201 (21%)
2014/2015	18 (2%)	45 (4%)	10 (1%)	110 (11%)	449 (43%)	94 (9%)	29 (3%)	47 (5%)	236 (23%)
2015/2016	39 (4%)	248 (22%)	27 (2%)	104 (9%)	287 (26%)	91 (8%)	6 (1%)	14 (1%)	296 (27%)

* По данным метеостанции г. Томска

Геологическое строение района

Изучаемый район относится к складчатому обрамлению Западно-Сибирской плиты, но в то же время носит признаки типичной платформенной области, складчатый фундамент которой сложен породами палеозоя и протерозоя, а платформенный чехол – рыхлыми отложениями мезозоя-кайнозоя [21].

В тектоническом отношении территория г. Томска расположена на сочленении Колывань-Томской складчатой зоны и юго-восточной части Западно-Сибирской плиты.

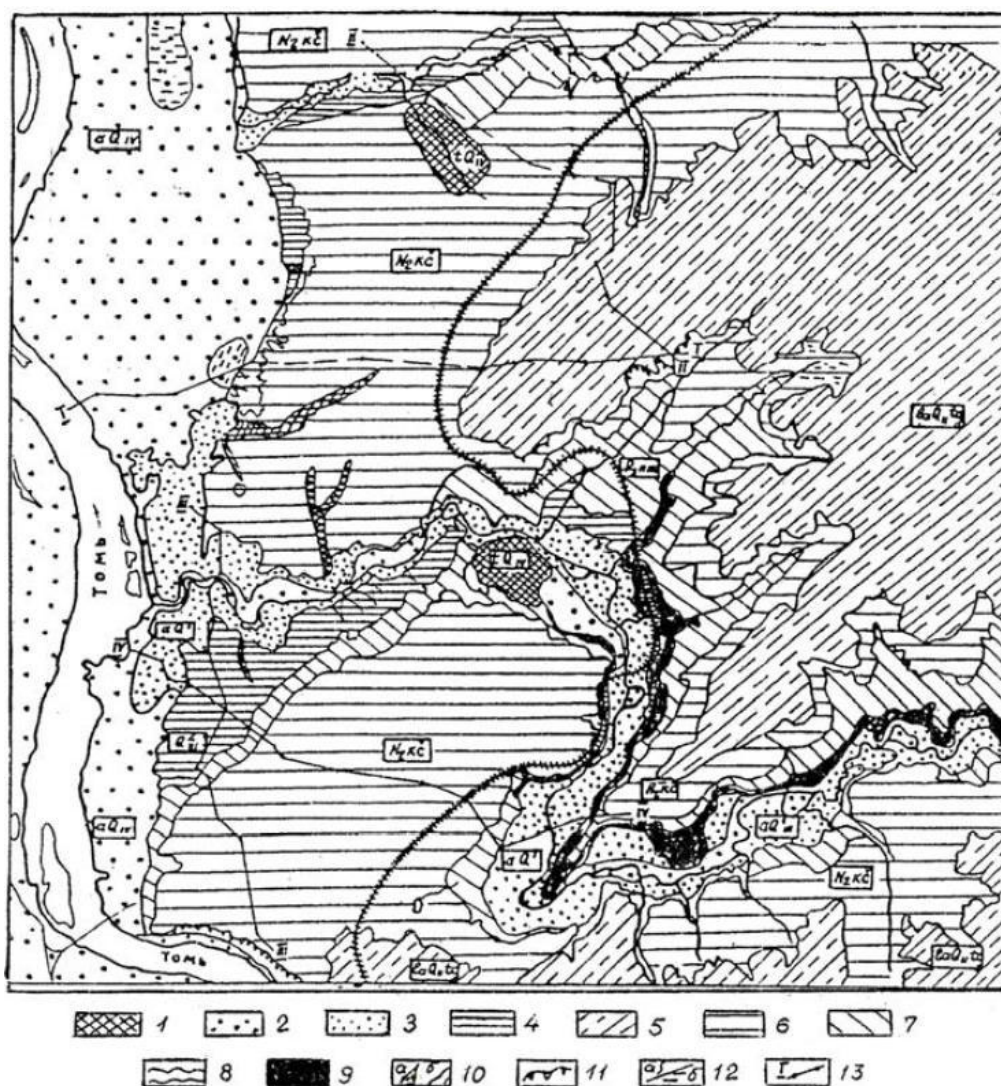


Рисунок 2.1.2 – Геологическое строение территории г. Томска [78]:

1 – золоотвал, свалки; 2 – аллювиальные отложения высокой поймы реки Томи; 3 – аллювиальные отложения рек Ушайки и Малой Киргизки; 4 – отложения второй надпойменной террасы рек Ушайки и Малой Киргизки; 5 – отложения тайгинской свиты; 6 – отложения кочковской свиты; 7 – отложения новомихайловской свиты; 8 – границы свит; 9 – палеозойские отложения лагерно-томской и басандайской свит; 10 – овраги: а) засыпные; б) незасыпные; 11 – границы оползневых участков; 12 – заболоченность территории: а) незаболоченные; б) заболоченные; 13 – разведочные линии

Почвенный покров окрестностей г. Томска представлен серыми лесными, подзолистыми, дерново-подзолистыми типами, в понижениях рельефа часто наблюдаются процессы оглеения. На территории г. Томска естественные почвы встречаются редко. Городские почвы в некоторой степени наследуют свойства зональных почв и горных пород. Большая часть городской территории представляет собой асфальтированные и застроенные участки, а на оставшихся открытыми местах преимущественно развиты антропогенные

модификации почв (техногенно измененные почвы), которые формировались в основном в процессе хозяйственного освоения участков земли, а также рекультивации тех или иных объектов.

Гидрологические условия

Гидрография района представлена долинами р. Томи и ее притоков. Река Томь по характеру водного режима относится к переходному от горного к равнинному типу, имеет извилистое русло, часто осложненное галечниковыми островами, косами и отмелями. Ширина русла составляет 500–800 м. Питание реки смешанное – снеговое, дождевое, грунтовое. Основная доля питания приходится на талые снеговые воды, меньшая – на подземный сток и дожди.

Левобережная речная сеть бассейна реки Томи представлена р.р. Кисловка, Черная, Порос, Ум и др., которые имеют, в основном, северо-восточное направление, долины некоторых из них приурочены к заболоченным древним ложбинам стока, поймы их заболочены и залесены. По характеру водного режима эти реки относятся к типу рек с весенним половодьем и паводками в теплое время года. Основным источником их питания являются зимние осадки, формирующие 80–90 % годового стока, дождевая составляющая не превышает 10–20 %.

Правобережные притоки р. Томи включают бассейны рек Самуська, Б. Киргизка, Ушайка, Басандайка, Тугояковка и другие. Реки имеют корытообразные, хорошо разработанные долины с асимметричным профилем, довольно быстрое течение и относятся к переходному типу от горного к равнинному. Многие из них глубоко врезаны и местами вскрывают породы палеозоя. Питание рек смешанное. Основная доля питания рек приходится на атмосферные участки, что проявляется в значительном подъеме (на метр и более) уровней воды в них после сильных дождей.

Озера распространены достаточно широко. В основном они расположены на пойменных участках рек. Питание их смешанное и осуществляется за счет снеготалых, дождевых, грунтовых и болотных вод [82].

2.2. Геоэкологическая характеристика

Площадь основной части селитебной территории г. Томска, с численностью 512,6 тыс. человек, составляет 64 км²; площадь города с северным промышленным узлом превышает 400 км². В административном отношении г. Томск разделен на четыре внутригородские территории: в южной части – на Кировский и Советский районы; в северной – на Ленинский и Октябрьский районы.

В градостроительном отношении отсутствует четкое деление территории города на промышленные и селитебные зоны. В городе функционируют промышленные предприятия различной специфики: предприятия топливно-энергетического комплекса, машиностроения и металлообработки, фармацевтические, деревообрабатывающие, производства стройматериалов, пищевой промышленности. Так как значительное их количество находится в жилых кварталах города, где отсутствуют условия для соблюдения границ санитарно-защитных зон (СЗЗ), все они являются источниками экологической опасности для населения города.

Результатом деятельности промышленных предприятий, транспортного комплекса и коммунального хозяйства является загрязнение атмосферы, гидросферы, почвы и других компонентов природной среды. [86.]

Состояние загрязнения атмосферного воздуха

Загрязнение воздушной среды города обусловлено функционированием промышленных предприятий, жилищно-коммунальных комплексов и автотранспорта. По данным Департамента природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области [82] вклад гг. Томска и Северска в валовый выброс загрязняющих веществ от всех стационарных источников области составил 18,8 % (54,8 тыс. т).

В 2014 году в г. Томске отмечено 500 случаев превышения санитарно-гигиенического норматива (ПДК), что составляет 1,5 % от общего числа проб. Из них по отдельным ингредиентам: • диоксид азота — 35 случаев превышения ПДК; • формальдегид — 107 случаев превышения ПДК; •

фенол — 21 случай превышения ПДК;• взвешенные вещества (пыль) — 136 случаев превышения ПДК.• оксид углерода — 32 случая превышения ПДК;• сажа — 5 случаев превышения ПДК;• хлорид водорода — 88 случаев превышения ПДК;• метанол — 76 случаев превышения ПДК. [82].

В разрезе отраслей производства весомый вклад в загрязнение атмосферы приходится на выбросы предприятий теплоэнергетической отрасли. В производстве тепла и электроэнергии участвуют 112 предприятий, но основная масса выбросов приходится на структурные подразделения АО ТГК № 11 Томский филиал ГРЭС-2, ТЭЦ-3, расположенные в г. Томске. [82]

Томская ГРЭС-2 – один из наиболее крупных источников загрязнения атмосферного воздуха и других компонентов природной среды г. Томска. Предприятие расположено в Советском районе города (предприятие 2-го класса опасности согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03).

Основной функцией Томской ГРЭС-2 является выработка электроэнергии и отпуск тепла с паром и горячей водой. Нормативная санитарно-защитная зона – 500 м.

На рисунке 2.2.1 показано расположение основных объектов ГРЭС-2.

В качестве топлива на станции применяется каменный уголь Ленинск-Кузнецкого месторождения, средние содержания элементов в углях (г/т): Li – 14,8; Rb – 15,0; Cs – 1,6; Sr – 248; Be – 4,6; Sc – 3,9; Y – 15,4; Ga – 7,0; Ge – 0,9; Zr – 138; Hf – 2,1; La – 12,3; Ce – 24,7; Sm – 2,6; Eu – 0,64; Tb – 0,43; Yb – 1,3; Lu – 0,34; Ta – 0,47; V – 14,7; Nb – 11,0; Ag – 0,05; Au – 0,0075; Sb – 0,26; Th – 3,3; U – 2,4 [3, 4]. Средняя зольность угля, сжигаемого на Томской ГРЭС-2, составляет 17,0%, содержание серы – 0,35%, азота – 1,75%, массовая доля минеральных примесей – 2–4%, калорийность угля – 5160 ккал/кг.

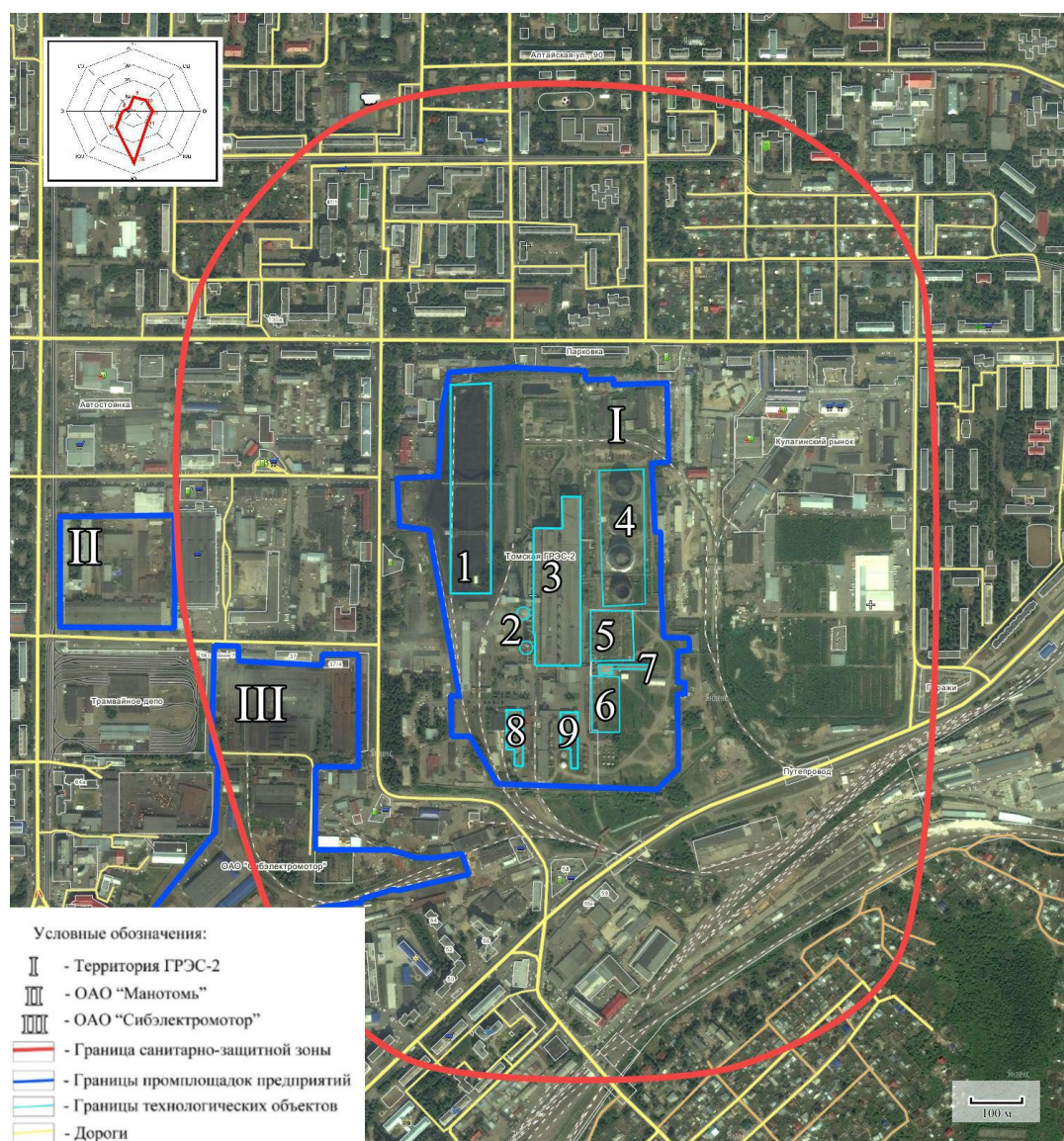


Рисунок 2.2.1 – Схема расположения основных объектов Томской ГРЭС-2
Космоснимок [91] с дополнениями автора. Примечания: I- Промплощадка Томской ГРЭС-2, II – ОАО «Манотомь», III – ОАО «Сибэлектромотор», 1 – угольный склад, 2 – дымовые трубы (высота – 100 м.), 3 – главный корпус, 4 – градирни, 5, 6 – открытое распределительное устройство – ОРУ, 7 – закрытое распределительное устройство – ЗРУ, 8,9 – химводоподготовка – ХВО.

Помимо угля, ГРЭС-2 разрешено сжигать избытки попутного газа Нижневартовского месторождения.

Отвод дымовых газов на Томской ГРЭС-2 осуществляется через две дымовые трубы высотой 100 м каждая с диаметрами устьев 4,5 и 6 м.

Приоритетными загрязнителями являются продукты сгорания органического топлива, поступающие в атмосферу с дымовыми газами котлов. При сжигании твердого топлива с дымовыми газами в атмосферу выделяются: летучая зола углей, диоксид и оксид азота, диоксид серы, бенз(а)пирен, соединения Fe, Mn, Ni, Cr, сероводород, фтористые соединения, углеводороды.

Отходы теплоэлектростанции располагаются на двух золоотвалах. Старый золоотвал был введен в эксплуатацию в 1973 году и находится в долине Ушайки (в районе конца ул. Сибирской), и в настоящее время используется как резервный. На нём накоплено 450 тыс. тонн золошлаковых отходов на площади 35,8 га. Новый золоотвал в долине Малой Киргизки (в районе станции Томск-Северный) введен в эксплуатацию в 1986 году, и на его площади в 60,9 га уже накоплено 1251 тыс. тонн отходов (в 2003 году поступило 18,7 тыс. тонн).

Основные виды отрицательного воздействия ГРЭС на окружающую среду – загрязнение атмосферного воздуха, тепловое воздействие на водные объекты, шумовое воздействие от работающих агрегатов, электромагнитное воздействие. Основными источниками загрязнения Томской ГРЭС-2 является горячий цех, а также химический цех, склад для хранения топлива (угля, газа), автозаправочная станция, линии электропередач. Также оказывается физическое механическое воздействие зданий и сооружений на горные породы, почву и искусственный грунт через статическое уплотнение.

В таблице 2.2.1 представлена классификация техногенных воздействий Томской ГРЭС-2 на окружающую среду согласно классификации Трофимова [75].

Согласно ранее проведенным исследованиям снежного покрова (Язикова Е.Г., Таловской А.В., Жорняк Л.В. [86]) наиболее контрастные участки среднесуточного притока пыли на снежный покров расположены на территории Октябрьского района и Советского района, где расположена Томская ГРЭС-2. Величина пылевой нагрузки на территории Советского района изменяется от 6 до 25 фонов (рисунок 2.2.2). Авторами отмечено, что по мере удаления от электростанции от 400 до 1300 м величина пылевой нагрузки уменьшается до 2 раз (от 40 до 10 мг/(м².сут)).

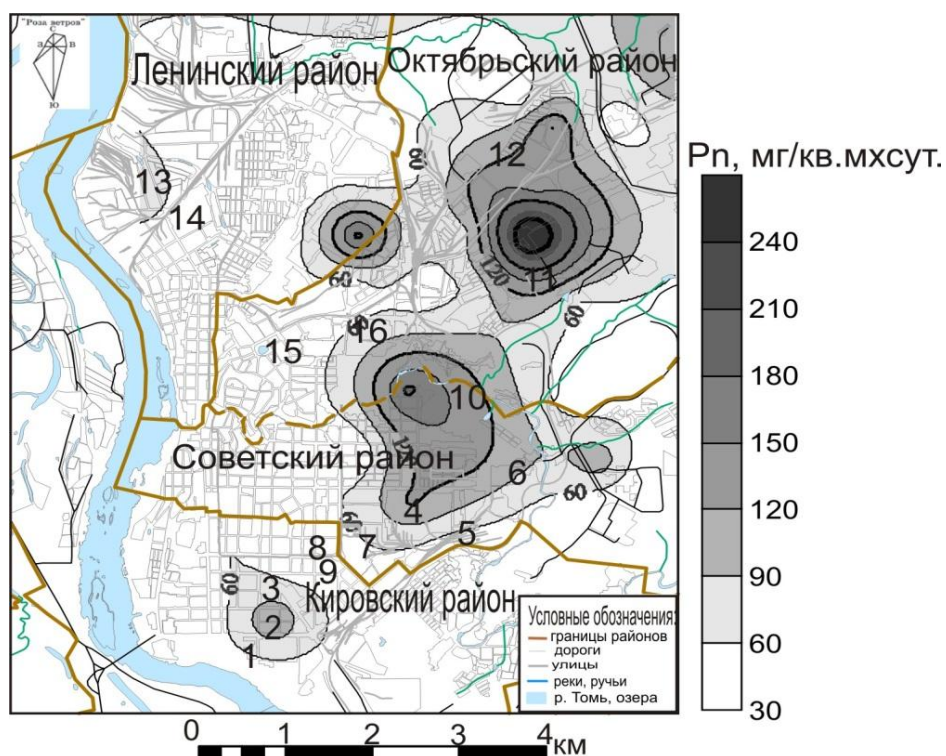


Рисунок 2.2.2 - Схема пространственного распределения величины среднесуточной пылевой нагрузки на территорию г. Томска, по данным снегового геохимического опробования, $\text{мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут.})$ [69]:

Промышленные предприятия (1–16): 1 – ООО «Континентъ»; 2 – ОАО «Томский инструмент»; 3 – ОАО «Томский электроламповый завод»; 4 – Томская ГРЭС2 ОАО «Томскэнерго»; 5 – ООО «Завод крупнопанельного домостроения ТДСК»; 6 – ООО «Завод "Эмальпровод"»; 7 – ОАО «Манотомь»; 8 – ОАО «Сибэлектромотор»; 9 – ФГУП «Томский электротехнический завод» и НПО «Полус»; 10 – золоотвал Томской ГРЭС2; 11 – ЗАО «Карьероуправление»; 12 – ОАО «Завод ЖБК100» и ООО «КерамзитТ», 13 – Томский шпалопропиточный завод ОАО «ТрансВудСервис»; 14 – ООО «Томский завод резиновой обуви»; 15 – ЗАО «Сибкабель»; 16 – ЗАО «Томский подшипник»

Так же авторами [86] отмечено, что ореолы повышенных содержаний Cs, Sr, Sc, La, Ce, Yb и Lu в почвах выявлены в пойме р. Ушайки в районе золошлакоотвала Томской ГРЭС-2.

Согласно работе [69] в вещественном составе твердого осадка снега территории г. Томска основная доля техногенного материала (частицы сажи, угля, шлака, алюмосиликатные микросферулы) представлена выбросами топливно-энергетического комплекса - высокое содержание частиц сажи и угля (25-30 %) приходится на жилые кварталы в зоне воздействия Томской «ГРЭС-2». Так же автор приводит данные по результатам биотестирования твердого осадка снега на *Drosophila melanogaster* и *Paramecium caudate*, которые показали, что наиболее токсичными являются пробы из санитарно-защитных зон промышленных предприятий г. Томска (Томская «ГРЭС-2», ОАО «Томский

инструмент» и др.), что связано особенностями геохимического состава проб [69].

В работе [34] посвященной изучению почв г. Томска отмечены повышенные содержания Rb, Cs, Hf, Sc, Tb, Sm, Eu, La, Yb и Lu в почвах города, что автор связывает выбросами ГРЭС-2 г. Томска. Так же в работе приведены результаты изучения вещественного состава почвенных проб г. Томска, по которым отмечается, что в почвах окрестностей ГРЭС-2 выявлено максимальное количество техногенных частиц, по отношению к природным, (64%).

Таблица 2.2.1 – Классификация техногенных воздействий на геологическую среду [75]

Класс и подкласс воздействия		Тип воздействия	Вид воздействия	Потенциальные источники воздействия
Физическое воздействие	Механическое воздействие	Уплотнение, Аккумуляция рельефа, Планировка рельефа	Статическое, Укатывание, Отвалообразование, Строительная и дорожная планировка	Здания, сооружения, Автотранспорт, ГРЭС, угольный склад, Строительство
	Термическое воздействие	Нагревание	Конвективное (до 100 ⁰ С)	Градирни, дымовые трубы
	Электромагнитное воздействие	Стихийное	Наводка электрических полей	ЛЭП, линии электропоездов
Химическое воздействие		Загрязнение	Тяжелыми металлами, Углеродородное, Щелочное	Транспорт, выбросы
Физико-химическое воздействие		Гидратное	Капиллярная конденсация	Асфальтовые покрытия

3. Методика исследования

3.1. Отбор и подготовка проб снега

Отбор проб снега осуществлялся в период максимального влагозапаса, что в климатических условиях Томской области соответствует концу февраля – началу марта. В период с 2009 по 2016 гг. в зоне воздействия ГРЭС-2 выполнялся маршрутный отбор снеговых проб по векторной сети в северо-восточном направлении на расстоянии 0,73; 1,0; 1,3; 1,6 и 2,0 км от труб. В 2015-2016 гг. дополнительно проводился отбор снеговых проб в северном направлении на расстоянии 0,6; 0,9; 1,4; 1,8; 2,1 км от труб. Отбор проб и пробоподготовка осуществлялась автором совместно с сотрудниками кафедры ГЭГХ. Количество проб – 50.

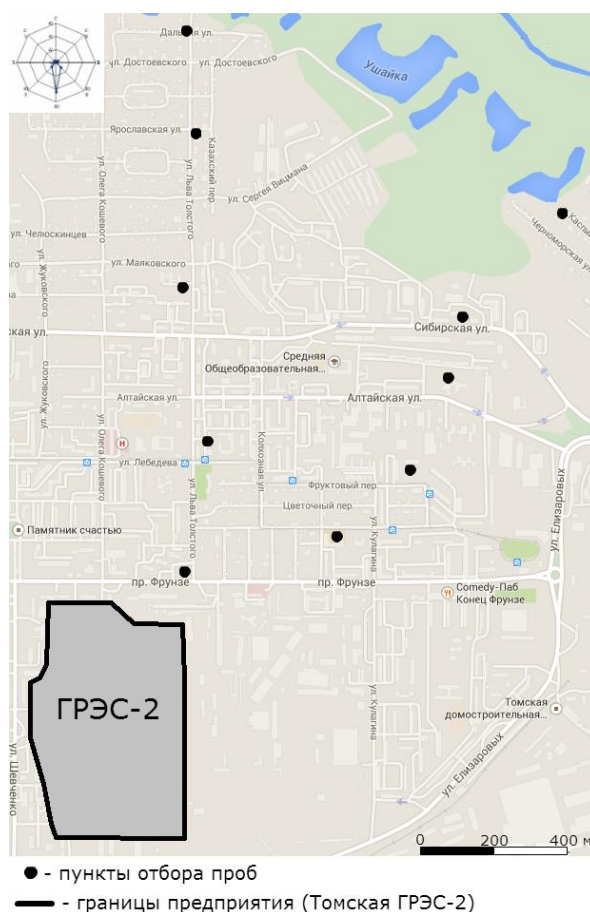


Рисунок 3.1.1 - Схема отбора проб снега в зоне воздействия ГРЭС-2 г. Томска с 2009 по 2016 год (северо-восточный вектор), 2015 - 2016 гг (северный вектор)

В феврале 2015 года в районе жилых кварталов, расположенных в зоне влияния открытого угольного склада Томской ГРЭС-2, проводился точечный

отбор снеговых проб – рис. 3.1.2 (автором совместно с сотрудником кафедры ГЭГХ Филимоненко Е.А.), во время измерения концентрации взвешенных частиц в атмосферном воздухе в данном районе сотрудниками отдела СИГЭКиА ОГБУ «Облкомприрода» в связи с обращением-жалобой о «черной пыли на окнах» жителей домов, расположенных рядом с угольным складом.

Количество проб – 7.

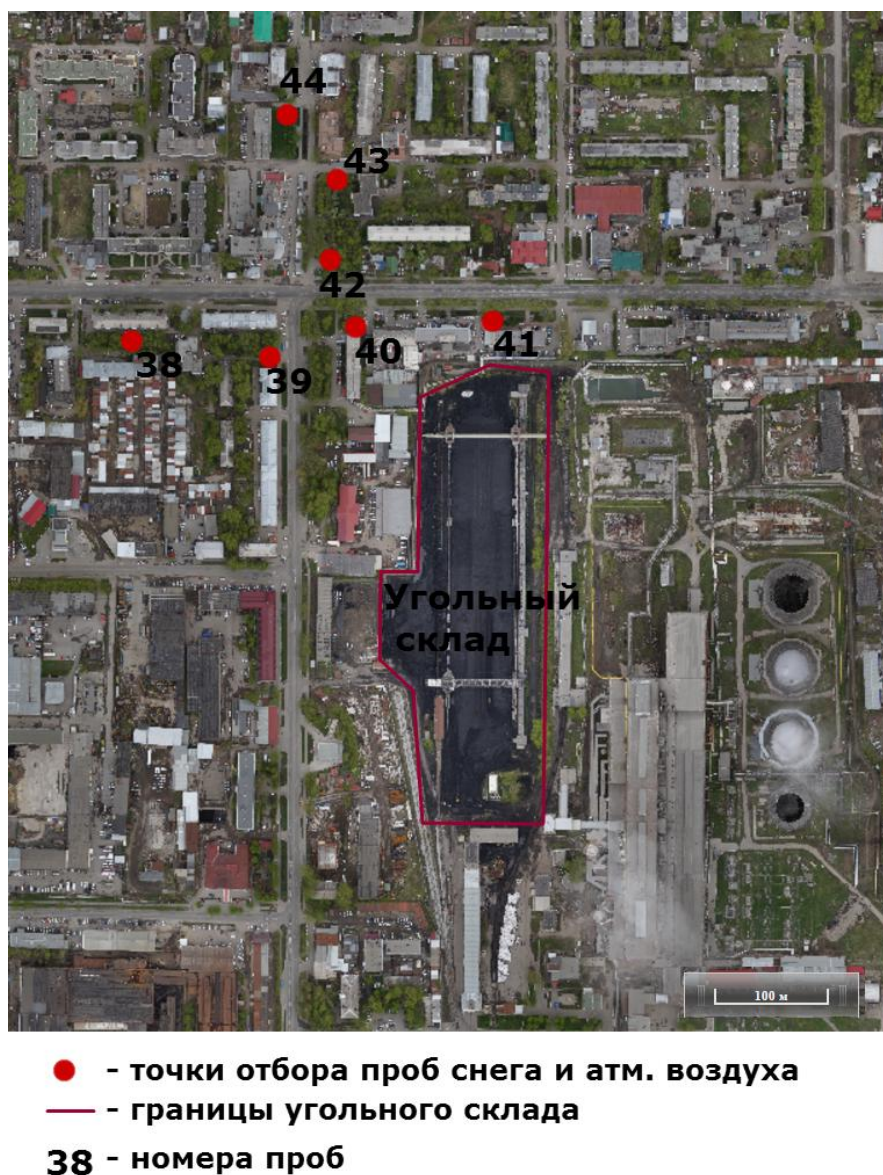


Рисунок 3.1.2 – Схема отбора проб снега в зоне воздействия угольных складов
Томской ГРЭС-2, 2015 г.

В феврале 2015 года на территории г. Томска был проведен площадной отбор проб снега (рис. 3.1.3). Отбор проб проводился по сети с интервалом 600-900 м с учетом городской застройки и отсутствия ненарушенного снежного

покрова, также учитывалась ранее выполненная площадная снегогеохимическая съемка на территории города [69, 86]. Всего отобрано 84 пробы.

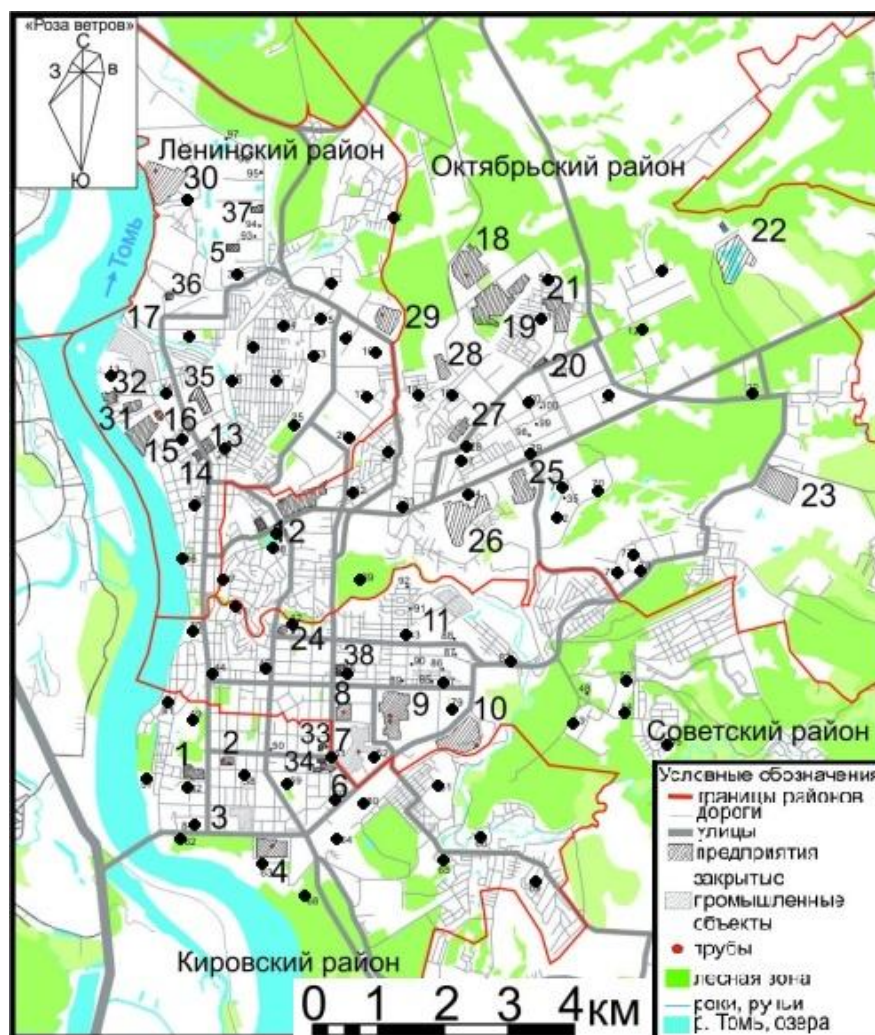


Рисунок 3.1.3 - Схема расположения точек опробования снежного покрова на территории г. Томска, 2015 г.:

1-ОАО «Томский электромеханический завод»; 2 - ОАО «Томский электроламповый завод»; 3 - ОАО «Томский инструмент» 4-ООО «Континентъ»; 5-ЖБИ-27; 6-ФГУП «Томский электротехнический завод»; 7-ОАО «Сибэлектромотор»; 8-ОАО «Манотомь»; 9-ГРЭС-2; 10-ТДСК; 11-старый золоотвал ГРЭС-2; 12-ЗАО «Сибкабель»; 13-ОАО «Фармстандарт-Томскхимфарм»; 14-ЗАО «Томский дрожжевой завод»; 15-Сибирская карандашная фабрика; 16-котельная; 17-Томский шпалопропиточный завод; 18-ТЭЦ-1; 19-ОАО «ЖБК-100» и ООО «ЖБК-40»; 20-котельная; 21-ОАО «Томская спичечная фабрика "Сибирь"»; 22-золоотвал ГРЭС-2; 23-НПО «Вирион»; 24-Кондитерская фабрика «красная звезда»; 25-Томский кирпичный завод; 26-ЗАО «Карьеруправление»; 27-ОАО Томский комбикормовый завод; 28-Асфальтобетонный завод; 29-Томский кабельный завод; 30-ООО «Томлесдрев»; 31-Томский ремонтно-механический завод; 32-Томский мясокомбинат; 33-ОАО НПЦ «Полус»; 34-ЗАО НПФ «Микран»; 35-Томский завод резиновой обуви; 36-ЛПК; 37-ООО СИБЦЕМ-Томск; 38-ООО Данон Трейд

Для определения размерности пылевых частиц, взвешенных в атмосферном воздухе, в феврале 2016 года были отобраны пробы свежеснежавшего снега, в зоне воздействия ГРЭС-2 г. Томска. Для сравнения результатов пробы отбирались на территории рекреационной зоны населения (Лагерный сад), в зоне воздействия предприятий стройиндустрии (Томский кирпичный завод), а так же на перекресте крупных автодорог (ул. Пушкина – Яковлева) (рисунок 3.1.4). Всего отобрано 8 проб.

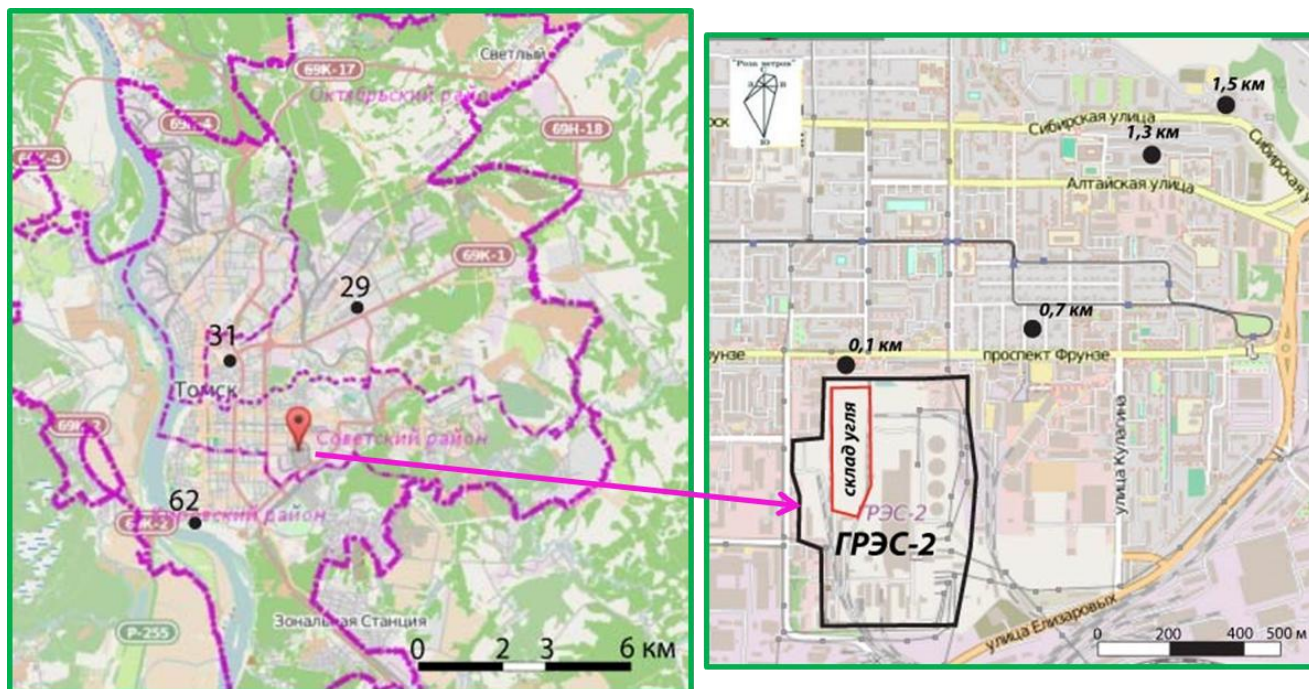


Рисунок 3.1.4 – Схема отбора проб свежеснежавшего снега на территории г. Томска, 2016 г.: 29 – в 300 м от ООО «Томский кирпичный завод», 31 – перекресток ул. Пушкина – Яковлева, 62 – Лагерный сад

Таблица 3.1.1 – Изученность проб снега на территории г. Томска

Район исследования		Год отбора	Количество проб	
Окрестности ГРЭС-2 г.Томска	Северо-восточный вектор	2009-2016	40	50
	Северный вектор	2015-2016	10	
Зона воздействия угольного склада ГРЭС-2 г. Томска		2015	7	
г. Томск (площадная съемка)		2015	84	
г. Томск (пробы свежесвыпавшего снега)		2016	8	
Итого:			149	

Для сравнения содержаний химических элементов в исследуемых пробах использовались данные о содержаниях элементов в пробах, отобранных на площадках локального (обсерватория «Фоновая» ИОА СО РАН, недалеко от

п. Киреевск, 70 км от г. Томска – рисунок 3.1.5) и регионального (480 км от г. Томска по данным А.Ю. Шатилова [77] с дополнениями Е.Г. Язикова [85, 86]) фонов.

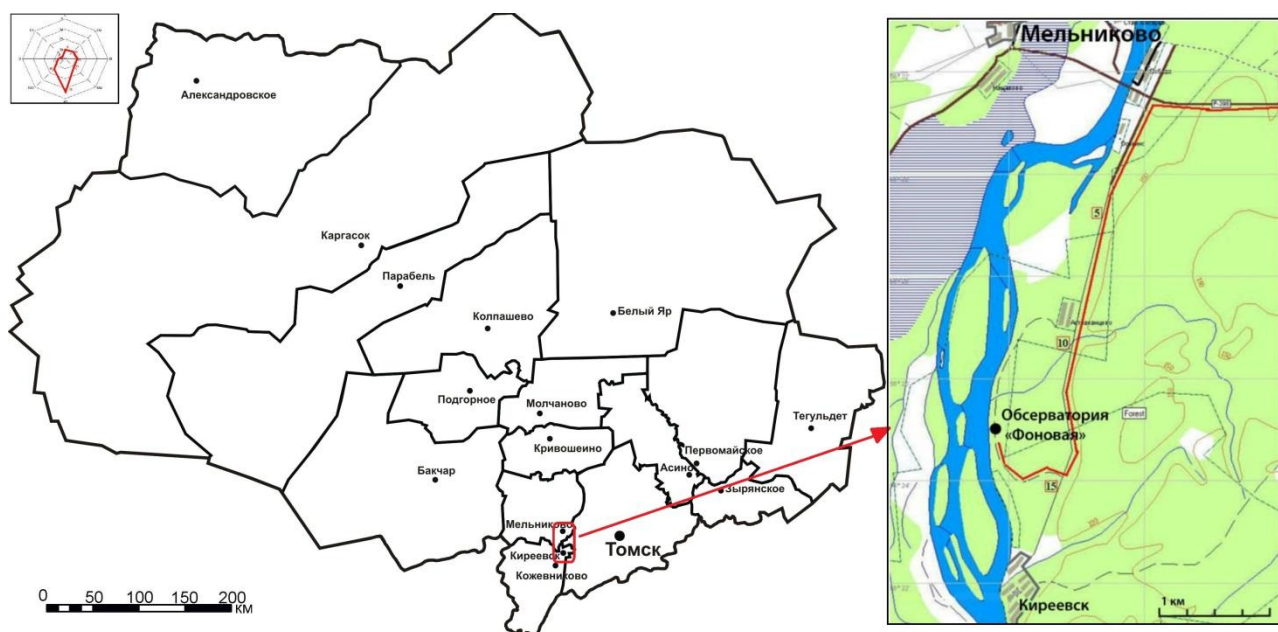


Рисунок 3.1.5 – Расположение локального фонового района (обсерватория «Фоновая» ИОА СО РАН, недалеко от п. Киреевск, 70 км от г. Томска).

Все работы по отбору и подготовке проб снега выполнялись с учетом методических рекомендаций приводимых в работах В.Н. Василенко и др. [18], И.М. Назарова и др., методических рекомендациях ИМГРЭ [101] и руководстве по контролю загрязнения атмосферы (РД 52.04.186-89). Кроме того, исследования также проводились на основе многолетнего практического опыта эколого-геохимических исследований на территории Западной Сибири (Язиков, Рихванов, Шатилов и др. [77, 85]).

Снеговое опробование проводят методом шурфа на всю мощность снежного покрова, за исключением 5-ти см слоя над почвой, для исключения загрязнения проб литогенной составляющей. При этом производится замер сторон и глубины шурфа, фиксируется время (в сутках) от начала снегостава. Вес пробы – 10-15 кг, что позволяет получить при оттаивании 8-10 л воды.

Отбор проб свежеснег выпавшего снега производился в пластиковые контейнеры объемом 2 л, согласно работе [24]. Чтобы исключить вторичное

загрязнение антропогенными аэрозолями, отбирался верхний слой (примерно 3-5 см) только что выпавшего снега с площади 1 м².

Схема обработки проб снежного покрова представлена на рисунке 3.1.6.

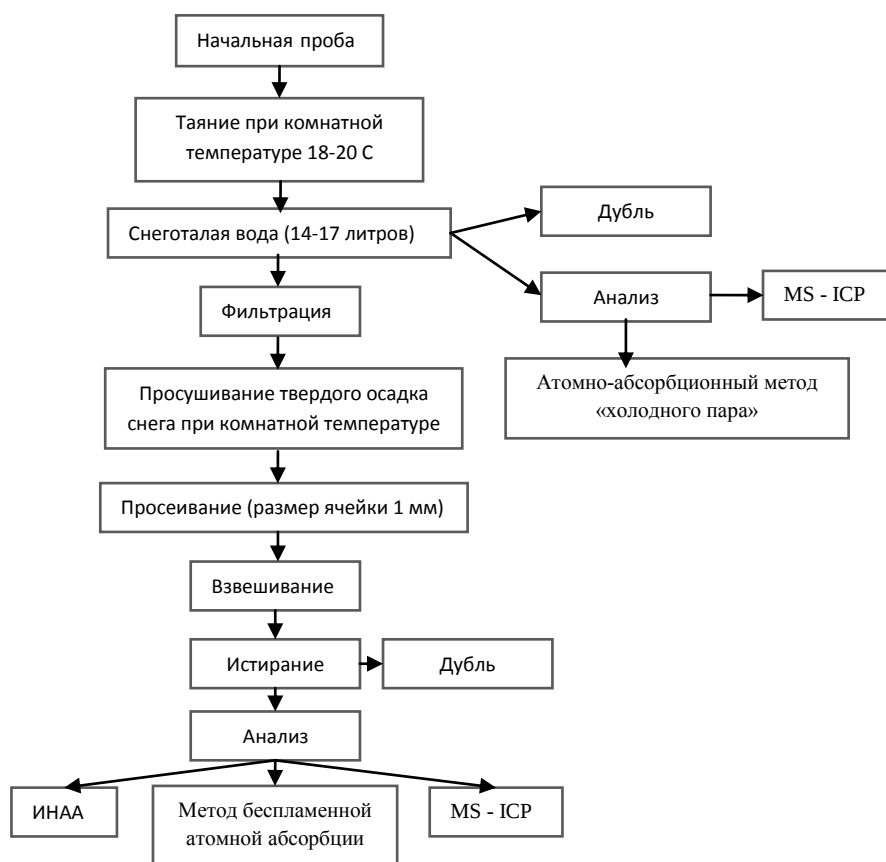


Рисунок 3.1.6 - Схема обработки и подготовки снеговых проб к анализу

Пробоподготовка начинается с таяния снега при комнатной температуре, процесс таяния снега происходит около суток. Из снеготалой воды пинцетом удаляются крупные включения, затем с помощью полиэтиленовой трубочки вода сливается (не касаясь дна и стенок тары). В чистые пластиковые пробирки отбирается 100 мл снеготалой воды. С каждой пробы необходимо оставлять 1-2 литра «грязной» воды, ополаскивая осадок со стенок тары. Далее грязную воду необходимо перелить в стеклянную банку и отстаивать около суток. После этого следует процесс фильтрации на беззольном фильтре типа «синяя» лента и оставшийся твердый осадок снега высушивается, просеивается до фракции менее 1 мм и взвешивается.

Просушивание проб также производится при комнатной температуре либо в специальных сушильных шкафах. Разница в массе фильтра до и после фильтрования характеризует массу пыли в пробе.

3.2. Аналитическое обеспечение исследований

Анализы выполнялись в учебно-научных лабораториях МИНОЦ «Урановая геология» при кафедре геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета, в аналитической лаборатории ООО «Химико-аналитический центр «Плазма» г. Томск, в лаборатории НОЦ Нанотехнологии Инженерной школы ДВФУ г. Владивосток.

МИНОЦ «Урановая геология» при ТПУ:

1. Учебно-научная лаборатория микроэлементного анализа (исследования выполнены к.г-м. н., ассистентом Е.А. Филимоненко при консультации к.х.н., доцент каф. ГЭГХ Н.А. Осипова).

1.1. Содержание ртути в снеготалой воде определяли атомно-абсорбционным методом «холодного пара» на ртутном анализаторе РА-915+ с приставкой РП-91 согласно методике ПНД Ф 14.1:2:4.243-07. Границы относительной погрешности измерений в соответствии с данной методикой при диапазоне измерений массовой концентрации общей ртути от 10 до 30 нг/дм³ составляет 60%. Пробы снеготалой воды для определения в них концентраций ртути анализировались не позднее чем через 1 час после оттаивания снега. Для измерений использовались сверхчистые реактивы и специальным образом подготовленная лабораторная посуда, что позволило снизить методический предел обнаружения (10 нг/дм³) до 1 нг/дм³. Общее количество проб – 30.

1.2. Содержание ртути в твердом осадке снега определялось методом беспламенной атомной абсорбции на приборе "РА-915+" с пиролизической приставкой "ПИРО-915" с использованием пакета программ RA915P (ПНД Ф 16.1:2.23-2000). Диапазон измерений данного метода для массовой доли общей ртути в пробах составляет от 5 до 10000 мкг/кг. Границы относительной погрешности измерений при числе наблюдений n=2 (для каждой пробы твердого осадка снега было проанализировано по 3 навески, в качестве

результатирующего значения бралось среднеарифметическое по трем измерениям), доверительной вероятности $P=0,95$ и диапазоне измерений массовой доли общей ртути от 100 до 10000 мкг/кг составляет 25%. Предел обнаружения ртути составляет 5 мкг/кг. Общее количество проб – 40.

1.3. Рентгеноструктурный анализ на порошковом дифрактометре Bruker D2 PHASER (исследования выполнены к.г.-м.н., ассистентом каф. ГЭГХ Е.А. Филимоненко).

Масса навески, необходимой для данного вида анализа, составляла 1 г. В агазовой ступке вещество измельчали до состояния пудры. Кювету, выполненную из полимерного материала, заполняли истолченным образцом. Время снятия дифрактограммы одной пробы составляет от 10 минут до 1 часа, при этом время экспозиции в одной точке составляло до 0,3 сек. Для интерпретации результатов использовали программу Diffra.eva. Проводили определение процентного содержания аморфной фазы. Количество проб – 7, отобранных около угольных складов.

2. Ядерно-геохимическая лаборатория. Аналитики: А.Ф. Судыко и Л.В. Богутская. Область расширения аккредитации, согласно аттестата № РОСС RU.0001.511901.

Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА). Метод позволяет определять содержание (концентрация, мкг/кг) 28 химических элементов: тяжелых металлов, редких, редкоземельных, радиоактивных элементов, макрокомпонентов, благородных металлов (Ca, Na, Fe, As, Zn, Nd, Cr, Co, Sb, Br, Ba, Rb, Cs, Sr, Hf, Ta, Sc, Tb, Sm, Eu, La, Ce, Yb, Lu, U, Th, Au, Ag).

ИНАА основан на регистрации радиоактивных радионуклидов, образующихся при облучении исследуемых проб потоком нейтронов. Облучение осуществляли тепловыми нейтронами с интегральной дозой $(2-8) \times 10^{17}$ н/см² на исследовательском реакторе ИРТ-Т научно-исследовательского института ядерной физики при Томском политехническом

университете (НИИЯФ при ТПУ). В качестве измерительной аппаратуры использовали Ge (Li) – детектор.

Были проанализированы пробы, отобранные в период с 2009 по 2014 гг., так как с 2015 года реактор находился на реконструкции. Общее количество изученных проб – 30.

Химико-аналитический центр «Плазма» г. Томск, Аттестат аккредитации РОСС RU № 0001.516895 от 21 мая 2008 г., действителен до 25 марта 2016 г. (Инженер-исследователь Филипас Т.А.)

Содержание 65 химических элементов (Li, Be, B, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Au, Tl, Pb, Bi, Th, U) в пробах твердого осадка снега (5 проб) и снеготалой воды (5 проб) были определены методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (MS-ICP). Общее количество проб – 10.

Сходимость результатов инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (MS-ICP) приведена на рисунке 3.2.1

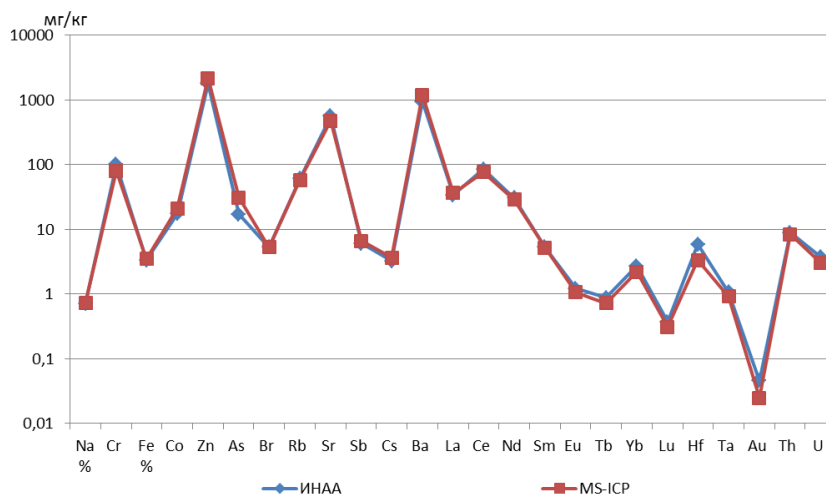


Рисунок 3.2.1 – Сравнение содержания элементов в пробах твердого осадка снега, определенные методами ИНАА (ядерно-геохимическая лаборатория ТПУ) и MS-ICP (ООО ХАЦ «Плазма»)

Согласно непараметрическому критерию Манна-Уитни статистически значимые различия наблюдаются только для As, Hf, Au.

Научно-образовательный центр Нанотехнологии Инженерной школы ДВФУ г. Владивосток, руководитель д.б.н. Голохваст К.С., консультанты к.б.н. Чайка В.В., к.х.н. Захаренко А.М.

Гранулометрический состав твердых частиц в пробах свежеснежавшего снега и пробах, отобранных по всей мощности снежного покрова, определяли на лазерном анализаторе частиц Fritsch Analysette Nanotec 22 plus, Malvern Morphologi G3-ID (рис. 3.2.1).



Рисунок 3.2.1 – Приборы для определения гранулометрического состава проб:
а) лазерный анализатор частиц Fritsch Analysette Nanotec 22 plus, б) анализатор размера и формы частиц Malvern Morphologi G3-ID

После оттаивания проб снега в контейнерах, из каждого образца, после взбалтывания, набирается 40 мл жидкости и анализируется на лазерном анализаторе частиц Fritsch Analysette Nanotec 22 plus, позволяющем в ходе одного измерения устанавливать распределение частиц по размерам. В основе метода лазерной дифракции лежит явление рассеяния частицами падающего света во всех направлениях с распределением интенсивностей, зависящим от размера частицы. Изучаемая проба, диспергированная в достаточной концентрации жидкости, проходит через луч лазера. Вследствие частичного отклонения лазерного излучения позади пробы возникает характерное, кольцеобразное распределение интенсивности, которое измеряется детектором. Из расстояния между этими кольцами рассчитывается размер частиц.

После того, как снеготалая вода в контейнере отстоялась (примерно сутки), со дна контейнера отбирается осадок твердых частиц, дозатором с

пластиковой насадкой, после чего высушивается на предметном стекле и анализируется на автоматизированном анализаторе размера и формы частиц Malvern Morphologi G3-ID. Данный прибор определяет размер и форму частиц методом анализа статического изображения. Теоретические основы метода анализа статического изображения приведены в приложении А на английском языке. Измерение состоит из трех ключевых этапов:

- Подготовка образца и диспергирование - безударное диспергирование обеспечивает надёжность разделения агломератов и при этом не разрушает хрупкие частицы.
- Захват изображения – прибор при сканировании образца собирает изображения отдельных частиц, удерживая их в фокусе.
- Анализ данных – прибор определяет морфологические параметры каждой частицы и предлагает разнообразные возможности графического представления и классификации данных.

Проанализирован гранулометрический состав проб снеготалой воды (8 проб) и твердого осадка снега (4 пробы). Общее количество изученных проб – 12.

Таблица 3.2.1 – Методы изучения проб снежного покрова

Метод	Фаза снежного покрова	Год	Количество проб
Инструментальный нейтронно-активационный анализ	Твердая	2009-2014	30
Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой	Твердая	2013	5
		2015	51
	Жидкая	2013	5
Атомно абсорбционный метод	Твердая	2009-2015	124
	Жидкая	2013	5
Рентгенофазовый анализ	Твердая	2015	7
Лазерная гранулометрия	Твердая	2016	4
	Жидкая		8
Метод статистического анализа изображений	Твердая		
Итого:			251

Примечание: Твердая фаза снежного покрова – пробы твердого осадка снега, Жидкая – пробы снеготалой воды

3.3. Методика обработки данных

Аналитическая обработка данных проводилась с использованием программ «Exel» и «Statistica 8.0». Построение карт-схем производилось с помощью программ Surfer, CorelDraw, Adobe Illustrator.

По полученным данным были рассчитаны эколого-геохимические показатели для твердого осадка снега и снеготалой воды.

Масса пыли в снеговой пробе – основой для определения пылевой нагрузки P_n (мг/(м²*сут) или кг/(км²*сут)), т.е. количество твердых выпадений за единицу времени на единицу площади.

$$P_n = P / (S * t),$$

где: P – масса пыли в пробе (мг; кг); S – площадь шурфа (м²; км²); t – время от начала снегостава (количество суток).

В практике используется следующая градация по среднесуточной пылевой нагрузке [22]:

- 0-250 – низкая степень загрязнения, неопасный уровень заболеваемости
- 251-450 – средняя степень загрязнения, умеренно уровень заболеваемости
- 451-850 – высокая степень загрязнения, опасный уровень заболеваемости
- Более 851 – очень высокая степень загрязнения, чрезвычайно опасный уровень заболеваемости

Коэффициент концентрации (K_K), рассчитывается как отношение содержания элемента в природной среде (C , мг/кг, мг/дм³) к его фоновому содержанию (C_{ϕ} , мг/кг, мг/дм³):

$$K_K = C / C_{\phi}$$

Так же была рассчитана общая нагрузка, создаваемая поступлением каждого из химических элементов в окружающую среду (среднесуточное выпадение химического элемента):

$$P_{\text{общ}} = C \times P_n, \text{ мг / (км}^2 \cdot \text{сут)}$$

Коэффициент относительного увеличения общей нагрузки элемента:

$$K_p = P_{\text{общ}} / P_{\phi} \text{ при } P_{\phi} = C_{\phi} \times P_{\text{пф}},$$

где C_{ϕ} – фоновое содержание исследуемого элемента;

Р_{пф} – фоновая пылевая нагрузка 7 кг/(м²*сут)) по данным [77, 85];

Р_ф – фоновая нагрузка исследуемого элемента, мг/(км²*сут).

Поскольку антропогенные аномалии чаще всего имеют полиэлементный состав, для них рассчитывается суммарный показатель загрязнения $Z_{СПЗ}$ и нагрузки Z_p , характеризующие эффект воздействия группы элементов:

$$Z_{СПЗ} = \sum K_K - (n - 1), \quad Z_p = \sum K_p - (n - 1)$$

где n – число учитываемых элементов с $K_K > 1$ и $K_p > 1$ соответственно.

По величине суммарного показателя загрязнения снежного покрова существует ориентировочная шкала оценки аэрогенных очагов загрязнения, которая предусматривает следующие уровни [22]:

- 0-64 – низкая степень загрязнения, неопасный уровень заболеваемости;
- 64-128 – средняя степень загрязнения, умеренно опасный уровень заболеваемости;
- 128-256 – высокая степень загрязнения, опасный уровень заболеваемости;
- Более 256 – очень высокая степень загрязнения, чрезвычайно опасный уровень заболеваемости.

По величине суммарного показателя нагрузки, создаваемой выпадением химических элементов на снежный покров, также существует ориентировочная шкала оценки аэрогенных очагов загрязнения, которая предусматривает следующие уровни [22].

- 0-1000 – низкая степень загрязнения, неопасный уровень заболеваемости;
- 1000 – 5000 – средняя степень загрязнения, умеренно опасный уровень заболеваемости;
- 5000 – 10000 – высокая степень загрязнения, опасный уровень заболеваемости;
- Более 10000 – очень высокая степень загрязнения, чрезвычайно опасный уровень заболеваемости.

Коэффициент аэрозольной аккумуляции K_a [29]:

$$K_a = A/K,$$

где A - содержание элемента в твердой фазе аэрозоля;

К - кларк этого же элемента в гранитном слое континентальной земной коры. Расчет производится на твердое вещество аэрозолей.

По величине коэффициента аэрозольной аккумуляции определяется интенсивность обогащения аэрозоля элементом - согласно классификации, предложенной Добровольским [29]:

- >100 - очень сильная;
- 50-100 - сильная;
- 10-50 - средняя;
- 1-10 - умеренная;
- <1 - отрицательная.

На фоне абсолютных концентраций химических элементов часто довольно трудно оценить вклад антропогенной составляющей, и для такого анализа дополнительно используют коэффициент обогащения или фактор обогащения [29, 41] атмосферных примесей химическими элементами по отношению к земной коре или почвам. Фактор обогащения рассчитывался по отношению к S_c – элементу значительно распространенному в земной коре, но имеющему самые низкие показатели технофильности и техногенности [38].

$$\Phi_{\text{обогащения}} = (C_X/C_{Sc})_{\text{тос}} / (C_X/C_{Sc})_{\text{земн. кора}},$$

где $(C_X/C_{Sc})_{\text{тос}}$ – отношение концентрации химического элемента (C_X) к концентрации скандия (C_{Sc}) в твердом осадке снега, мг/кг,

$(C_X/C_{Sc})_{\text{земн. кора}}$ – отношение кларка химического элемента (C_X) к кларку скандия (C_{Sc}) для земной коры, мг/кг [25]

На основе количественных данных о содержании химических элементов в твердом осадке снега и снеготалой воде был рассчитан коэффициент распределения химических элементов в системе «твердый осадок снега – снеготалая вода» ($K_{\text{распред}}$), характеризующий формы переноса элементов и пути их накопления в снежном покрове [16]:

$$K_{\text{распред}} = \lg (C_i \text{ взвесь} / C_i \text{ снеготалая вода}),$$

где $C_i \text{ взвесь}$ – концентрация химического элемента в составе нерастворимой фазы снежного покрова, мг/дм³;

C_i снеготалая вода – концентрация химического элемента в растворимой фазе снега, мг/дм³.

Также был рассчитан баланс между нахождением химических элементов в твердом осадке снега и снеготалой воде. Процентная доля содержания химического элемента, приходящаяся на твердый осадок снега ($D_{\text{тос}}$), рассчитывалась согласно формуле [52]:

$$D_{\text{тос}} = (P_{i \text{ тос}} * 100) / P_{i \text{ снег}}, \text{ где}$$

$P_{i \text{ тос}}$ – масса химического элемента в составе нерастворимой фазы снега, мг,

$P_{i \text{ снег}}$ – масса химического элемента в составе снеговой пробы в целом, мг;

$P_{i \text{ снег}} = P_{i \text{ тос}} + P_{i \text{ снеготалая вода}}$, где $P_{i \text{ снеготалая вода}}$ – масса химического элемента в составе растворимой фазы снега, мг;

$P_{i \text{ тос}} = (C_{\text{мг/кг}} * P) / 1000$, где $C_{\text{мг/кг}}$ – концентрация химического элемента в твердом осадке снега, мг/кг;

P – масса пыли в пробе снега, г

$P_{i \text{ снеготалая вода}} = C_i \text{ снеготалая вода} * V$,

где $C_i \text{ снеготалая вода}$ – концентрация химического элемента в снеготалой воде, мг/дм³; V – объем воды, полученный после таяния снеговой пробы, дм³.

Вся методика работы от отбора проб до анализа и обобщения полученных результатов проводилась с учетом нормативных документов, методических рекомендаций, литературных источников и накопленного опыта сотрудников кафедры геоэкологии и геохимии Томского политехнического университета.

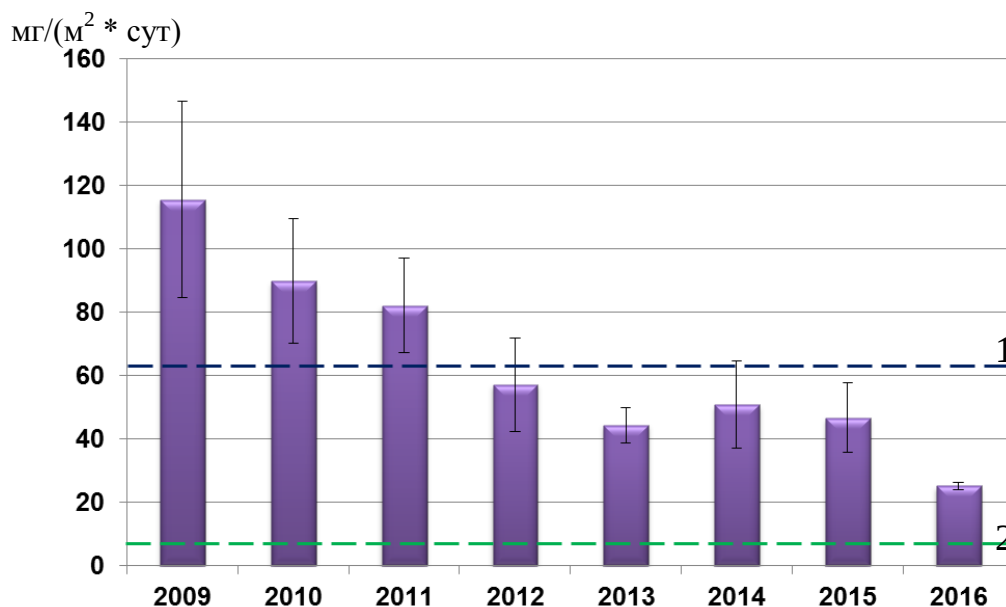
4. Динамика уровня пылевого загрязнения и гранулометрический состав твердых частиц в снежном покрове в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска

4.1. Динамика пылевой нагрузки на снежный покров в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска

Значения пылевой нагрузки в окрестностях Томской ГРЭС-2 в период с 2009 по 2016 гг. изменяются от 23 до 219 мг/(м² * сут), при среднем значении за семилетний период - 60 мг/(м² * сут). Все зафиксированные значения пылевой нагрузки на данной территории превышают региональный фон (7 мг/(м² * сут)) от 2 до 20 раз, а по сравнению со среднегородским значением (63 мг/(м² * сут) [69]) в период с 2009 по 2011 наблюдалось превышение в 2 раза (в период с 2012 по 2016 год значения находятся на уровне среднегородских либо не превышают таковое).

Согласно нормативной градации [22] значения пылевой нагрузки в зоне воздействия Томской ГРЭС-2 в период исследования соответствуют низкой степени загрязнения и неопасному уровню заболеваемости населения, проживающего на данной территории (менее 250 мг/(м² * сут)). Среднее значение величины пылевой нагрузки в период с 2009 по 2016 гг. снизилось в 4,5 раза, то есть по результатам многолетних исследований можно отметить, что наблюдается ежегодное снижение уровня пылевого загрязнения (рис. 4.1.1.).

С одной стороны, снижение величины пылевого загрязнения обусловлено реконструкцией пылегазоулавливающего оборудования, проведенной в 2010-2011 гг. (реконструкция существующей золоулавливающей установки одного из котлов, а также установка двух дополнительных золоуловителей). С другой стороны, свое влияние оказало изменение структуры розы ветров в зимние сезоны: в 2012/13, 2013/14 гг. сократилась доля юго-западных ветров, при этом увеличилась повторяемость южных ветров (табл. 2.1.2.).



Примечание: 1 - среднее значение по г.Томску 63 мг/(м² * сут) [69],
2 - фоновая пылевая нагрузка 7 мг/(м² * сут) [77]

Рисунок 4.1.1 – Динамика уровня пылевого загрязнения снежного покрова в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска (средние значения по северо-восточному вектору)

Так же на изменение величины пылевой нагрузки, согласно работе [76], оказывает влияние количество выпавших в зимнее время осадков. Так в зимние сезоны 2011/12 и 2015/16 гг. наблюдалось наименьшее количество осадков за период исследований (табл. 2.1.1, рис. 4.1.2), что могло оказать влияние на соотношение процессов «сухого» и «влажного» вымывания загрязняющих веществ из атмосферы.

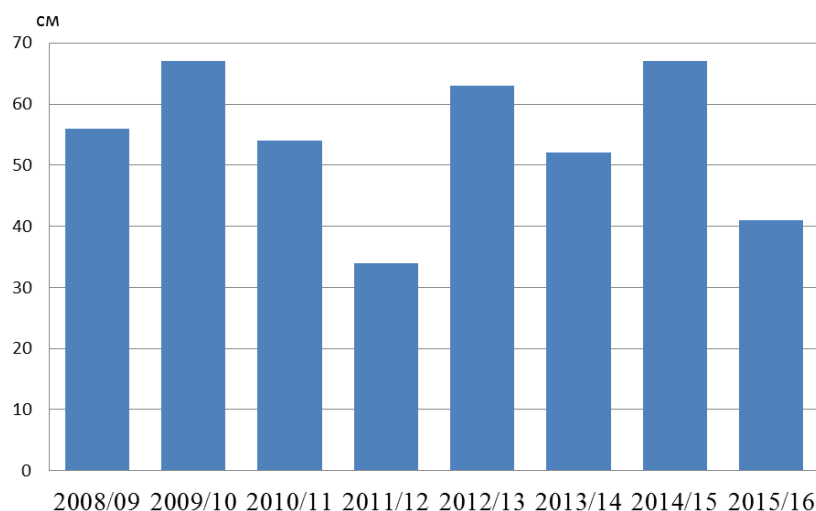


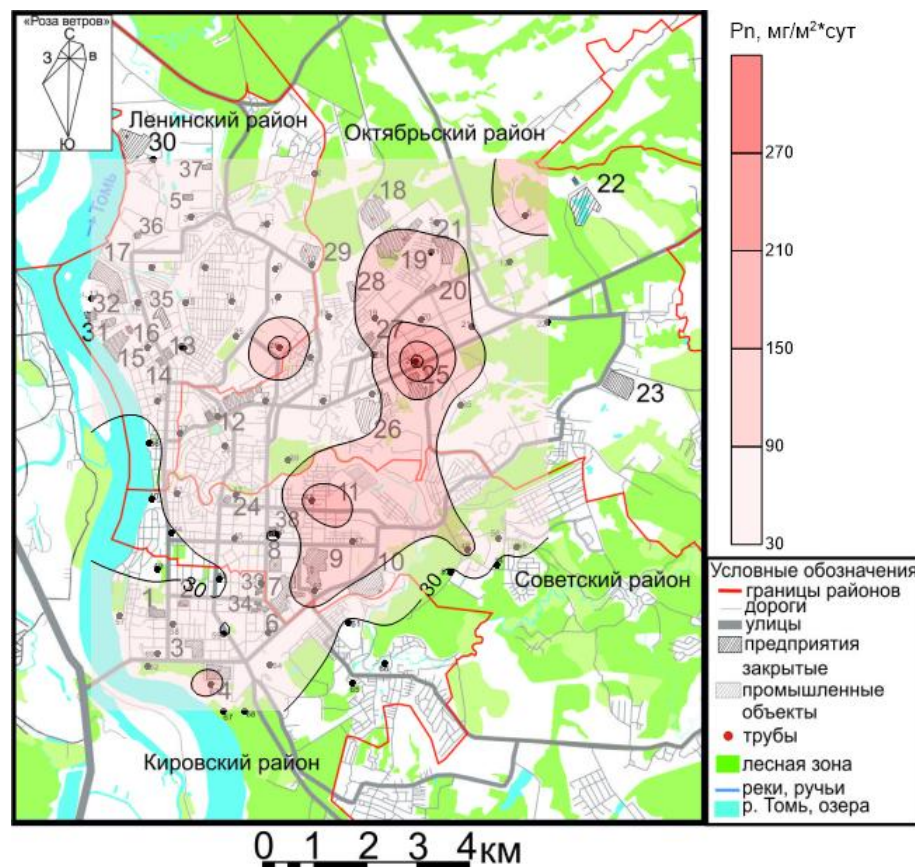
Рисунок 4.1.2 – Средние величины высоты снежного покрова в зимние сезоны с 2008 – 2009 по 2015 – 2016гг. в г. Томске (по данным метеостанции г. Томска)

Так как увеличение повторяемости южных ветров в зимние сезоны с 2012/13 по 2015/16 гг., вероятно, оказало влияние на изменение основного направления массопереноса загрязняющих веществ от Томской ГРЭС-2, в 2015, 2016 гг. были отобраны пробы в северном направлении от труб ГРЭС. Полученные значения пылевой нагрузки в данных точках опробования 1,5 - 2 раза выше, чем значения в точках мониторинга по северо-восточному вектору. Причем максимальные значения приходятся на расстояние 0,5 км от труб, что обусловлено близостью открытого угольного склада, а так же процессами вымывания более мелких частиц золы ледяной крупой, образующейся при замерзании водяного пара в дымовой струе теплоэлектростанции. Данный эффект был исследован и подтверждён на примере угольной теплоэлектростанции г. Кызыла [14].

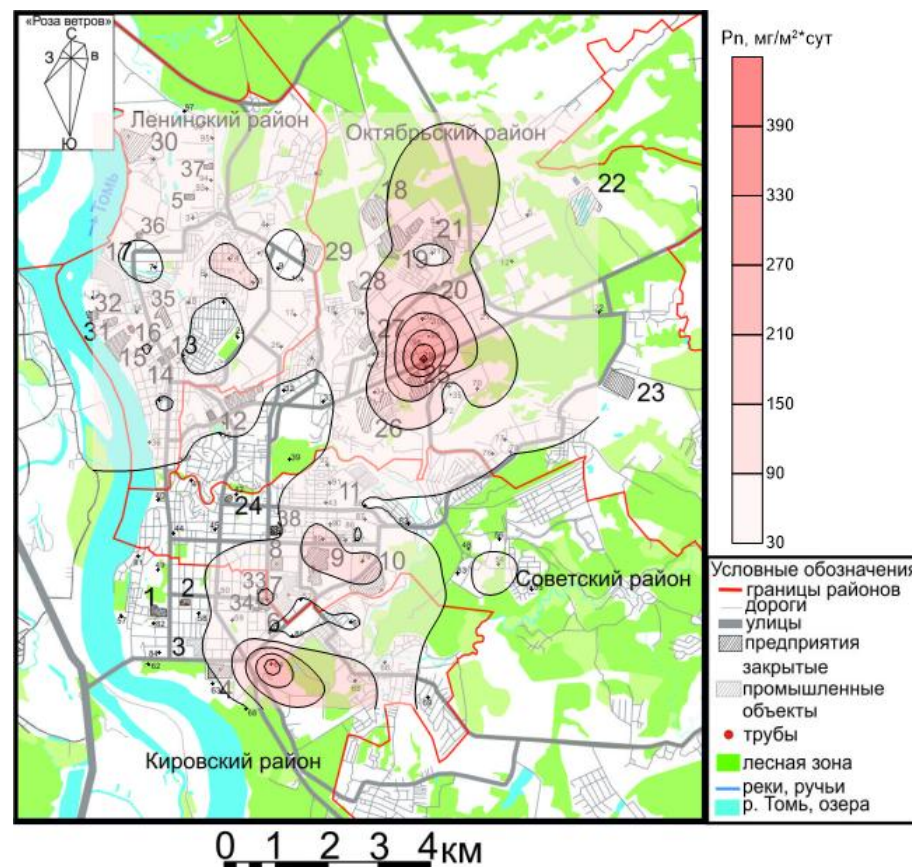
По данным снегогеохимической съемки в 2007 [69] и 2015 гг. были построены схемы пространственного распределения величины пылевой нагрузки на территории г. Томска (рис. 4.1.2). В целом при сравнении средних значений пылевой нагрузки по г. Томску можно отметить, что среднегородское значение существенно не изменилось с $63 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{сут}$ в 2007 году, до $57 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{сут}$ в 2015 году.

По пространственному распределению пылевого загрязнения можно отметить несколько контрастных ореолов загрязнения (как в 2007, так и в 2015 гг): в окрестностях кирпичных заводов (ул. Иркутский тракт), в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска и в 2015 году выделяется новый ореол загрязнения в районе ул. Нефтяной, где ведется застройка нового жилого района.

Сравнивая динамику пылевого загрязнения окрестностей ГРЭС-2 с 2007 по 2015 гг., отмечается некоторое изменение пространственных границ ореола загрязнения, что может быть связано с новостройкой высотных жилых зданий в Советском районе за последние 7 лет, однако отчетливо сохраняется превышение среднегородских значений в окрестностях ГРЭС-2, что видно на картах (рис. 4.1.2).



а) 2007 год [69]



б) 2015 год

Рисунок 4.1.2 – Схемы пространственного распределения величины пылевой нагрузки на территорию г. Томска, по данным снегогеохимического опробования:

1-ОАО «Томский электромеханический завод»; 2 - ОАО «Томский электроламповый завод»; 3 - ОАО «Томский инструмент» 4-ООО «Континентъ»; 5-ЖБИ-27; 6-ФГУП «Томский электротехнический завод»; 7-ОАО «Сибэлектромотор»; 8-ОАО «Манотомь»; 9-ГРЭС-2; 10-ТДСК; 11-старый золоотвал ГРЭС-2; 12-ЗАО «Сибкабель»; 13-ОАО «Фармстандарт-Томскхимфарм»; 14-ЗАО «Томский дрожжевой завод»; 15-Сибирская карандашная фабрика ;16-котельная; 17-Томский шпалопроточный завод ; 18-ТЭЦ-1; 19-ОАО «ЖБК-100» и ООО «ЖБК-40»; 20-котельная; 21-ОАО «Томская спичечная фабрика "Сибирь"»; 22- золоотвал ГРЭС-2; 23-НПО «Вирион»; 24-Кондитерская фабрика «красная звезда»; 25-Томский кирпичный завод; 26-ЗАО «Карьеруправление»; 27-ОАО Томский комбикормовый завод ; 28-Асфальтобетонный завод; 29-Томский кабельный завод; 30-ООО «Томлесдрев»; 31-Томский ремонтно-механический завод; 32-Томский мясокомбинат ; 33-ОАО НПЦ «Полюс»; 34-ЗАО НПФ «Микран»; 35-Томский завод резиновой обуви; 36-ЛПК; 37-ООО СИБЦЕМ-Томск; 38-ООО Данон Трейд

Одним из факторов пылевого загрязнения окрестностей электростанции является открытый склад угля расположенный на территории ГРЭС-2. Значения пылевой нагрузки в пробах снега из предполагаемой зоны влияния угольного склада (табл. 4.1.1) изменяются от 24 до 791 мг/м²·сут. В пробе №41, отобранной в 100 м от угольного склада значение пылевой нагрузки в 12 раз превышает среднегородское значение (63 мг/м²·сут. [69]) и согласно нормативной градации [22], соответствует средней степени загрязнения территории. Значения в остальных точках соответствуют низкой степени загрязнения и не превышают среднее значение по г. Томску.

Таблица 4.1.1 – Величина пылевой нагрузки и степень загрязнения территории в окрестностях открытого склада угля, 2015 г.

№ точки	Место отбора пробы снега	Величина пылевой нагрузки, мг/м ² ·сут	Степень загрязнения территории [22]
38	пр. Фрунзе, между зданиями № 105 и 105/1	24	низкая
39	ул. Шевченко, 39, северная сторона здания	41	низкая
40	ул. Шевченко, 24, западная сторона здания	49	низкая
41	пр. Фрунзе, проезд между зданиями № 109 и № 111	791	средняя
42	пр. Фрунзе, 154, западная сторона здания	50	низкая
43	пересечение ул. Шевченко и пер. Курского, в районе сквера	49	низкая
44	ул. Шевченко, 19/1, северная сторона здания	35	низкая

Изучение вещественного состава данных проб под бинокулярным микроскопом (Филимоненко Е.А.) показало, что в изученных пробах преобладают частицы угля, шлака и золы. Так для пробы №41, отобранной в 100 м от угольного склада, частицами угля представлено 95% пробы. Что подтверждают данные рентгеноструктурного анализа (табл. 4.1.3) - доля аморфной составляющей для данной пробы (вероятно, сажа, угольные частицы и др.) - 80,8%.

Похожая тенденция наблюдается во всех пробах – доля аморфной составляющей изменяется от 40 до 60 %, что свидетельствует о переносе угольных частиц с территории открытых угольных складов за границы предприятия в жилую зону.

Таблица 4.1.2 - Результаты бинокулярной микроскопии проб твердого осадка снега окрестностей открытого угольного склада ГРЭС-2, 2015 г.*

№ точки	Содержание, %								
	Частицы угля	Частицы шлака и золы	Металлические микросферы	Алюмосиликатные микросферы	Волокнистые частицы	Частицы кварца	Частицы слюды	Частицы полевого шпата	Биогенные частицы
38	32	18	2	4	10	17	4	5	8
39	55	17	1	3	4	10	2	6	2
40	67	12	1	2	5	8	1	2	2
41	95	1	-	-	1	3	-	-	-
42	28	35	2	3	10	15	3	4	-
43	30	36	1	3	9	15	2	3	1
44	20	30	2	4	13	18	2	7	4

* Вещественный состав проб определялся Е.А. Филимоненко, согласно запатентованной методике [108]

Таблица 4.1.3 - Вещественный состав частиц в пробах твердого осадка снега окрестностей открытого угольного склада ГРЭС-2, 2015 г

№ точки	Место отбора пробы снега	Доля аморфной составляющей (сажа, угольные частицы и др.), %*
38	г. Томск, пр. Фрунзе, между зданиями № 105 и 105/1	42,9
39	г. Томск, ул. Шевченко, 39, северная сторона здания	65,1
40	г. Томск, ул. Шевченко, 24, западная сторона здания	59,3
41	г. Томск, пр. Фрунзе, проезд между зданиями № 109 и № 111	80,8
42	г. Томск, пр. Фрунзе, 154, западная сторона здания	58,7
43	г. Томск, пересечение ул. Шевченко и пер. Курского, в районе сквера	52,0
44	г. Томск, ул. Шевченко, 19/1, северная сторона здания	45,3

* – степень кристалличность твердого осадка снега определена в ПО EVA по дифрактограммам, снятым на порошковом дифрактометре D2-Phaser (Bruker); полученные значения не являются абсолютными величинами

Наиболее загрязненная пылевыми частицами проба №41, отобранная в 100 м от угольного склада была проанализирована методом рамановской спектроскопии. Результаты показали, что спектры 29% частиц (из 97 проанализированных частиц) совпадают со спектрами угля (степень соответствия от 0,6 до 0,9).

При сравнении Томской ГРЭС-2 с другими предприятиями теплоэнергетики Томской области (рис. 4.1.3) выявлено, что уровни пылевого загрязнения в окрестностях Томской ГРЭС-2 в 2,5 раза выше, чем в зоне воздействия угольной котельной Томской области (с. Новониколаевка), в 7,6 раз больше чем в окрестностях газовой котельной Томской области (с. Кожевниково). Пылевая нагрузка в пробах из зоны воздействия Северской ТЭЦ в 6 раз превышает таковые значения для Томской ГРЭС-2. В первую очередь это связано с различиями тепловой мощности данных станций (тепловая мощность Томской ГРЭС-2 - 815 Гкал/час; ОАО «Северские теплосистемы» - 1760 Гкал/час.), а так же с большим процентом использования угля на Северской ТЭЦ.

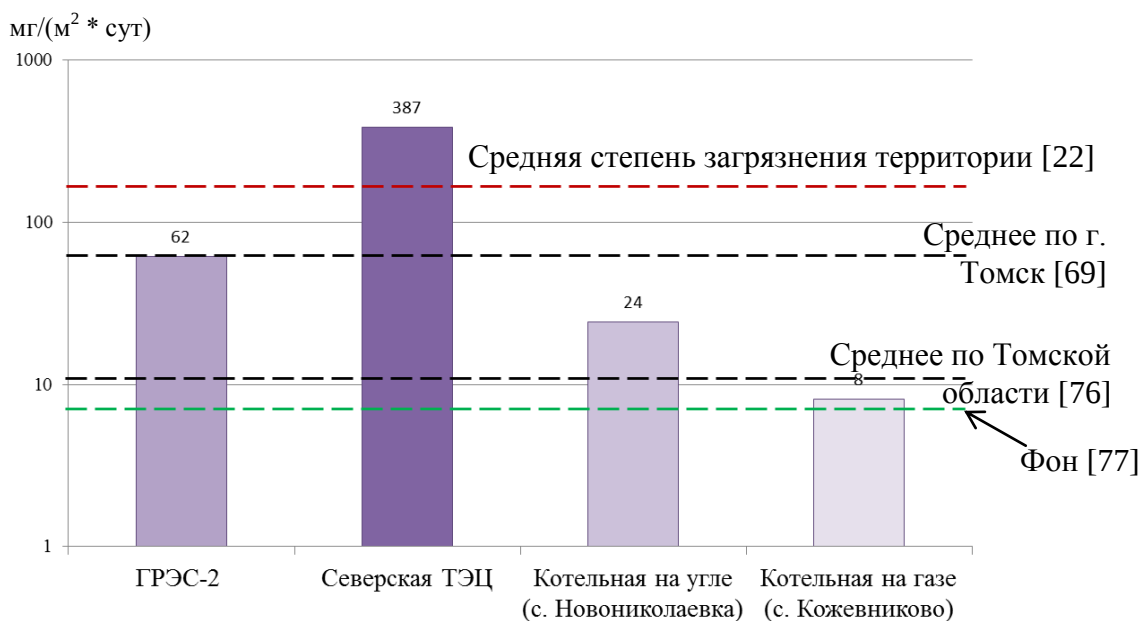


Рисунок 4.1.3 – Уровни пылевого загрязнения снежного покрова в окрестностях разных предприятий теплоэнергетики Томской области

Примечание: значения для ГРЭС-2 усреднены за период с 2009 по 2016 гг.; значения для Северской ТЭЦ усреднены за 2014,2015 год; значения для котельных Томской области – 2016 г.

4.2. Гранулометрический состав твердых частиц в снежном покрове в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска

Одним из главных факторов воздействия пылевого загрязнения на здоровье населения является размер пылевых частиц (наиболее опасны частицы с диаметром менее 2,5 и 10 мкм, легко проникающие в организм человека [24, 31, 42]).

В связи с этим в феврале 2016 году был определен гранулометрический состав пылевых частиц, осевших на снежный покров во время снегопада в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска. Полученные результаты свидетельствуют о неоднородной размерности пылевых частиц в изученных пробах – выявлены как наиболее опасные частицы размерами менее 10 мкм, так и более крупные частицы размерами 400 мкм – 1,2 мм. (табл. 4.2.1).

Мелкодисперсная фракция (от 2 до 10 мкм) обнаружена в пробе, отобранной в 100м от открытого склада угля Томской ГРЭС-2, причем объемная доля частиц пробы, размер которых менее 10 мкм, составляет 20%. В остальных пробах преобладают наименее опасные частицы размером более 400 мкм. При сравнении проб из зоны воздействия ГРЭС-2 с пробами, отобранными на других площадках города можно отметить, что наибольшее количество крупноразмерных частиц (более 700 мкм) обнаружено в пробе отобранной на рекреационной территории города (Лагерный сад). В пробах, отобранных в окрестностях кирпичного завода и автомобильного перекрестка, найдены частицы размерами от 100 до 400 мкм (объемная доля 10%), но преобладают частицы размерами более 700 мкм.

В качестве эксперимента была отобрана проба снега на всю мощность снежного покрова и проанализирована таким же образом, как пробы свежеснег выпавшего снега. По результатам можно отметить, что в пробе, отобранной на всю мощность снежного покрова найдены мелкоразмерные частицы с диаметром 7,8 мкм, в отличие от пробы свежеснег выпавшего снега отобранной в той же точке опробования. Свежеснег выпавший снег аккумулирует в себе только те атмосферные частицы, которые сорбировались во время

«влажного» выпадения загрязняющих веществ, то есть во время формирования снежинки и в процессе её оседания на земную поверхность. Тогда как снег, сформировавшийся в течение всего зимнего периода, способен накапливать не только вышеотмеченные частицы, но и частицы оседающие на снежный покров из атмосферы результате «сухого» выпадения загрязняющих веществ, а так же под воздействием ветрового переноса. Следовательно, пробы, отобранные на всю мощность снежного, покрова более информативны и показывают более разнообразный гранулометрический состав.

Таблица 4.2.1 – Распределение частиц в пробах свежеснежавшего снега по размерным фракциям, февраль 2016 г.

Районы опробования		Фракции по диаметру частиц, мкм					
		от 1 до 10	10 – 50	50 – 100	100 – 400	400 – 700	более 700
Расстояние от труб ГРЭС-2, км	0,7					426 - 623	703 - 1115
	0,7*	7,8			289	509 - 684	751 - 1014
	1,3					409 - 657	713 - 1013
	1,6					421 - 637	701 - 1088
0,1 км от угольного склада ГРЭС-2		2,9 - 5,2	10 - 21	59 - 224		407 - 679	747 - 1013
0,3 км от кирпичного завода					133	511 – 678	739 - 1050
Перекресток ул. Пушкина-Яковлева					365	514 – 695	749 – 983
Лагерный сад						448 - 665	734 - 1146

Примечание: *проба, отобранная на всю мощность снежного покрова

Так же были изучены пробы твердого осадка снега из зоны воздействия ГРЭС-2 (табл. 4.2.2), отобранные на всю мощность снежного покрова в 2015 году и подготовленные по схеме, приведенной на рис 3.1.6. По результатам можно отметить, что так же как описано выше – в пробах найдены более мелкие частицы, чем в составе проб свежеснежавшего снега. Помимо описанных факторов, связанных с формированием пылевого загрязнения, данные различия могут быть связаны с особенностями методики. При измерении размера частиц в твердых образцах необходимое

количество вещества добавляется в камеру прибора до тех пор, пока количество попавших туда частиц не станет достаточным – это определяется в приборе автоматически. А при анализе частиц в составе жидкой пробы объем добавляемой воды ограничивается размерами камеры и, следовательно, количество анализируемых частиц может быть меньше, чем при анализе твердых образцов.

Таблица 4.2.2 – Распределение частиц в пробах твердого осадка снега, отобранных на всю мощность снежного покрова в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска по размерным фракциям, 2015 г.

Фракции по диаметру частиц, мкм	Расстояние от труб ГРЭС-2			
	СВ вектор	Северный вектор		
	1,3 км	0,6 км	0,9 км	1,4 км
от 0,1 до 1 мкм	0,1 - 0,2			
от 1 до 10	3,7 - 7,5	3,8 - 9,5	3,7 - 9,6	1,6 - 3,9 3,9 - 9
от 10 до 50	11 - 19 22 - 43	12 - 38	12 - 36	11 - 20 36 - 48
от 50 до 100		59 - 95	50 - 70	70
от 100 до 400	225 - 394	294 - 358	102 - 159	140
от 400 до 700	461			

Кроме размерности частиц осевших на снежный покров окрестностей ГРЭС-2 г. Томска были определены параметры их формы.

По значениям округлости, выпуклости и удлинения частиц можно судить об их форме: при значениях округлости и выпуклости равных (или близких) единице и удлинению близкому к нулю – частица будет иметь сферическую форму. Примеры форм частиц, в зависимости от значений параметров их формы, приведены в таблице 4.2.3.

По результатам анализа формы частиц можно отметить, что средние значения округлости и выпуклости частиц для всех изученных проб стремятся к единице (табл. 4.2.4), что свидетельствует о преобладании сферических форм частиц.

Таблица 4.2.3 – Значения параметров округлости, выпуклости и удлинения, для разных форм частиц [90]

Форма частицы	Округлость	Выпуклость	Удлинение
	1	1	0
	0,89	1	0
	0,47	0,70	0,24
	0,47	1	0,82
	0,52	1	0,79
	0,21	0,73	0,83

Таблица 4.2.4 – Параметры формы частиц в пробах снега в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска

Район опробования			Округлость	Выпуклость	Удлинение
Пробы свежеснежавшего снега 2016 г.	0,3 км от кирпичного завода	min – max	0,033 – 1	0,250 – 1	0 – 0,975
		среднее	0,663	0,919	0,258
	Перекресток ул. Пушкина-Яковлева	min – max	0,048 – 0,992	0,372 – 1	0 – 0,896
		среднее	0,56	0,881	0,302
	Лагерный сад	min – max	0,034 – 1	0,264 – 1	0 – 0,931
		среднее	0,711	0,946	0,267
	Расстояние от труб ГРЭС-2 г. Томска, км	0,7*	min – max	0,014 – 0,995	0 – 0,866
			среднее	0,586	0,898
		0,7	min – max	0,020 – 1	0 – 0,970
			среднее	0,807	0,969
		1,3	min – max	0,023 – 1	0 – 0,977
			среднее	0,712	0,933
		1,6	min – max	0,060 – 1	0 – 0,892
			среднее	0,732	0,946
	0,1 км от угольного склада ГРЭС-2	min – max	0,073 – 0,973	0,404 – 1	0 – 0,819
		среднее	0,591	0,885	0,274
Пробы твердого осадка снега 2015г.	Расстояние от труб ГРЭС-2 г. Томска, км	1,3	min – max	0,035 – 1	0 – 0,891
			среднее	0,740	0,951
		0,6	min – max	0,070 – 1	0 – 0,936
			среднее	0,803	0,970
		0,9	min – max	0,049 – 1	0 – 0,881
			среднее	0,778	0,958
		1,4	min – max	0,051 – 1	0 – 0,894
			среднее	0,756	0,955

Примечания: * проба, отобранная на всю мощность снежного покрова

Наличие большого количества сферических частиц в пробах из окрестностей ГРЭС-2 подтверждается ранее проведенными исследованиями вещественного состава проб твердого осадка снега Томской ГРЭС-2 [71]. В работе авторы указывают, что пробы твердого осадка снега из зоны воздействия ГРЭС-2 на 10-20% представлены алюмосиликатными микросферулами и металлическими микросферулами (10%).

Таким образом, анализируя динамику пылевого загрязнения в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска, можно отметить ежегодное снижение уровня пылевого загрязнения (с 2009 по 2016 год - в 4,5 раза). Значения пылевой нагрузки в период исследования соответствуют низкой степени загрязнения и неопасному уровню заболеваемости населения, проживающего на данной территории, однако все зафиксированные значения превышают региональный фон ($7 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$) от 2 до 20 раз.

По пространственному распределению пылевого загрязнения территории г. Томска в 2007 и 2015 гг. можно отметить, что ореол повышенных значений пылевой нагрузки в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска наблюдается как в 2007 так и в 2015 гг.

Значения пылевой нагрузки в пробах снега в окрестностях угольного склада ГРЭС-2 соответствуют низкой степени загрязнения территории и не превышают среднее значение по г. Томску, за исключением одной пробы отобранной в 100 м. от угольного склада (превышает среднегородское значение в 12 раз и соответствует высокой степени загрязнения). Вещественный состав данных проб преимущественно представлен частицами угля, что свидетельствует о переносе угольных частиц с территории открытого угольного склада за границы предприятия в жилую зону.

Результаты гранулометрического анализа проб твердого осадка снега свидетельствуют о неоднородной размерности частиц. Наиболее опасная мелкодисперсная фракция (от 2 до 10 мкм) обнаружена в пробе, отобранной в 100м от открытого склада угля Томской ГРЭС-2, а так же в

пробе, отобранной на всю мощность снежного покрова в 0,7 км от труб ГРЭС-2. В остальных пробах преобладают менее опасные частицы размерами 400мкм – 1,2 мм. Анализ гранулометрического состава проб твердых частиц в свежесыпавшем снеге и проб, отобранных на всю мощность снежного покрова, показал, что более информативными являются пробы отобранные методом шурфа на всю мощность, так как они показывают более разнообразный гранулометрический состав.

5. Динамика загрязнения снежного покрова химическими элементами в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска

Содержания элементов в пробах твердого осадка снега из окрестностей ГРЭС-2 г. Томск за период исследования (северо-восточный вектор, с 2009 по 2014 гг.) изменяются в широких пределах. Значения коэффициентов вариации рассматриваемых элементов (табл. 5.1.1), показывают насколько велико относительное рассеивание содержаний в выборке по сравнению со средним значением.

Для большинства рассматриваемых элементов значения коэффициента вариации не превышает 33%, что свидетельствует о равномерности распределения данных элементов – Na, Ca, Sc, Cr, Co, Rb, Cs, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Th, U. Группа элементов Fe, Zn, As, Br, Sr, Sb, Hg характеризуется неоднородным распределением (коэффициент вариации от 33 до 100 %), а распределение таких элементов как Ba, Au – крайне не однородное (коэффициент вариации более 100). На основе показателей асимметрии (A) и эксцесса (E) можно сделать вывод, что большинство изучаемых элементов соответствуют гипотезе нормального закона распределения, за исключением следующих элементов – Ca, Fe, Zn, Rb, Sr, Ba, Eu, Au, Hg ($|A/\delta A|$, $|E/\delta E| > 3$). Оценки числовых характеристик содержаний элементов в твердом осадке снега в окрестностях Томской ГРЭС-2 приведены в таблице 5.1.1.

Для химических элементов в пробах твердого осадке снега окрестностей ГРЭС-2 г. Томска рассчитана ранговая корреляционная матрица Спирмана (табл. 5.1.2). По результатам рангового корреляционного анализа Спирмана для изучаемой территории были выделены 11 пар элементов с самыми сильными корреляционными связями. Для этих элементов были построены графы ассоциации, представленные на рисунке 5.1.1.

Таблица 5.1.1 – Числовые характеристики содержаний элементов в твердом осадке снега в окрестностях Томской ГРЭС-2 (усредненные данные по северо-восточному вектору 2009-2014 гг.)

Элемент	Среднее	Min	Max	S	V	A	E	A/ δA	E/ δE
Na %	0,73	0,32	1,02	0,14	19	-0,45	0,43	-1,04	2,68
Ca %	1,55	0,77	3,31	0,46	29	1,79	0,43	4,20	8,33
Sc	10,3	5,26	13,6	1,93	19	-0,90	0,43	-2,10	0,59
Cr	96	62,4	152	22,2	23	1,02	0,43	2,40	1,77
Fe %	4,08	1,79	16,5	2,45	60	4,71	0,43	11,0	29,4
Co	18,5	7,46	25,1	4,09	22	-0,70	0,43	-1,63	0,59
Zn	994	14,2	3248	904	91	1,71	0,43	4,02	2,37
As	14,7	3,73	27,2	6,82	46	0,31	0,43	0,72	-1,31
Br	5,08	1,66	10,4	2,28	45	0,32	0,43	0,76	-0,28
Rb	50,0	3,48	72,4	11,9	24	-1,88	0,43	-4,41	8,96
Sr	406	190	911	144	35	1,38	0,43	3,22	4,70
Sb	5,02	1,49	7,36	1,82	36	-0,41	0,43	-0,97	-1,34
Cs	3,46	1,33	4,94	0,84	24	-0,47	0,43	-1,10	0,27
Ba	1531	479	21784	3835	250	5,43	0,43	12,7	35,6
La	34,2	14,5	47,9	7,16	21	-0,76	0,43	-1,78	1,64
Ce	69,2	3,59	114	21,0	30	-0,59	0,43	-1,39	3,29
Nd	27,1	14,8	39,4	6,53	24	0,15	0,43	0,36	-0,42
Sm	5,31	3,21	6,72	0,87	16	-0,85	0,43	-1,99	0,56
Eu	1,16	0,05	1,68	0,32	27	-1,43	0,43	-3,36	4,78
Tb	0,83	0,34	1,17	0,19	23	-0,48	0,43	-1,11	0,32
Yb	2,77	1,55	3,40	0,45	16	-1,10	0,43	-2,57	1,39
Lu	0,37	0,22	0,49	0,06	17	-0,87	0,43	-2,03	0,49
Hf	5,71	3,36	7,93	1,05	18	-0,12	0,43	-0,29	-0,16
Ta	1,01	0,52	1,58	0,29	29	0,27	0,43	0,63	-1,04
Au	0,05	0,005	0,48	0,08	180	5,15	0,43	12,1	33,0
Hg	0,29	0,14	1,04	0,15	54	4,17	0,43	9,77	24,9
Th	8,51	2,37	13,2	2,13	25	-0,37	0,43	-0,87	1,94
U	3,92	1,37	6,10	0,92	23	-0,39	0,43	-0,91	2,06

Примечание: Min – минимум, Max – максимум, S – стандартное отклонение, V – коэффициент вариации, A – асимметрия, E – эксцесс, A/ δA – показатель асимметрии, E/ δE – показатель эксцесса, δA , δE – стандартные ошибки асимметрии и эксцесса соответственно

Таблица 5.1.2 – Ранговая корреляционная матрица Спирмана для проб твердого осадке снега окрестностей ГРЭС-2 г. Томска
(усредненные данные по северо-восточному вектору 2009-2014 гг.)

	Na	Ca	Sc	Cr	Fe	Co	Zn	As	Br	Rb	Sr	Sb	Cs	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Hf	Ta	Au	Th	U
Na	1,00																										
Ca	0,24	1,00																									
Sc	0,22	0,37	1,00																								
Cr	0,10	-0,16	0,42	1,00																							
Fe	0,08	0,22	0,56	0,33	1,00																						
Co	0,21	0,36	0,80	0,37	0,72	1,00																					
Zn	-0,03	0,37	0,14	-0,03	0,10	0,09	1,00																				
As	0,05	0,63	0,36	0,00	0,53	0,49	0,47	1,00																			
Br	-0,04	-0,02	0,26	0,07	0,13	0,22	0,09	0,09	1,00																		
Rb	0,17	0,43	0,71	0,26	0,33	0,40	0,33	0,31	0,25	1,00																	
Sr	-0,06	0,46	0,26	-0,02	0,23	0,20	0,74	0,63	0,12	0,41	1,00																
Sb	0,08	0,33	0,36	0,22	0,68	0,37	0,29	0,62	0,27	0,54	0,46	1,00															
Cs	0,15	0,36	0,80	0,23	0,62	0,62	0,16	0,44	0,22	0,60	0,24	0,47	1,00														
Ba	-0,04	0,15	0,24	0,05	0,33	0,20	0,43	0,45	0,47	0,36	0,66	0,62	0,36	1,00													
La	0,20	0,39	0,91	0,28	0,59	0,74	0,18	0,43	0,34	0,75	0,32	0,52	0,87	0,42	1,00												
Ce	0,20	0,58	0,71	0,17	0,43	0,54	0,29	0,52	0,36	0,77	0,61	0,60	0,66	0,55	0,80	1,00											
Nd	0,08	0,11	0,41	0,27	0,45	0,46	0,21	0,49	0,22	0,38	0,24	0,50	0,60	0,56	0,53	0,37	1,00										
Sm	0,21	0,30	0,84	0,21	0,42	0,53	0,12	0,23	0,24	0,75	0,26	0,39	0,78	0,35	0,84	0,69	0,39	1,00									
Eu	0,19	0,21	0,82	0,42	0,37	0,63	0,09	0,10	0,26	0,67	0,00	0,23	0,61	0,05	0,76	0,51	0,30	0,67	1,00								
Tb	-0,11	0,20	0,51	-0,08	0,31	0,26	0,19	0,06	0,29	0,59	0,24	0,26	0,49	0,35	0,59	0,61	0,06	0,56	0,56	1,00							
Yb	0,02	0,33	0,85	0,34	0,59	0,57	0,30	0,35	0,24	0,74	0,37	0,43	0,87	0,33	0,84	0,67	0,48	0,82	0,63	0,52	1,00						
Lu	0,16	0,37	0,94	0,29	0,54	0,69	0,20	0,39	0,29	0,78	0,39	0,42	0,83	0,41	0,94	0,80	0,48	0,87	0,71	0,63	0,89	1,00					
Hf	0,28	0,36	0,86	0,36	0,60	0,68	0,14	0,53	0,22	0,71	0,38	0,62	0,79	0,36	0,87	0,79	0,52	0,83	0,60	0,40	0,78	0,86	1,00				
Ta	-0,05	0,20	0,58	0,04	0,43	0,30	0,41	0,31	0,17	0,72	0,49	0,47	0,63	0,51	0,63	0,60	0,42	0,71	0,41	0,65	0,74	0,72	0,59	1,00			
Au	-0,13	-0,10	0,01	0,19	0,07	0,11	0,05	0,03	0,51	0,23	0,16	0,26	0,14	0,33	0,13	0,31	0,38	-0,07	0,10	0,12	0,06	0,05	0,08	0,16	1,00		
Th	0,02	0,39	0,77	0,22	0,53	0,50	0,38	0,40	0,22	0,70	0,52	0,55	0,76	0,44	0,78	0,67	0,38	0,82	0,54	0,54	0,85	0,83	0,75	0,81	-0,01	1,00	
U	0,05	0,38	0,70	0,28	0,57	0,49	0,21	0,47	0,25	0,58	0,42	0,64	0,84	0,52	0,80	0,68	0,46	0,76	0,47	0,42	0,78	0,76	0,76	0,60	0,02	0,88	1,00

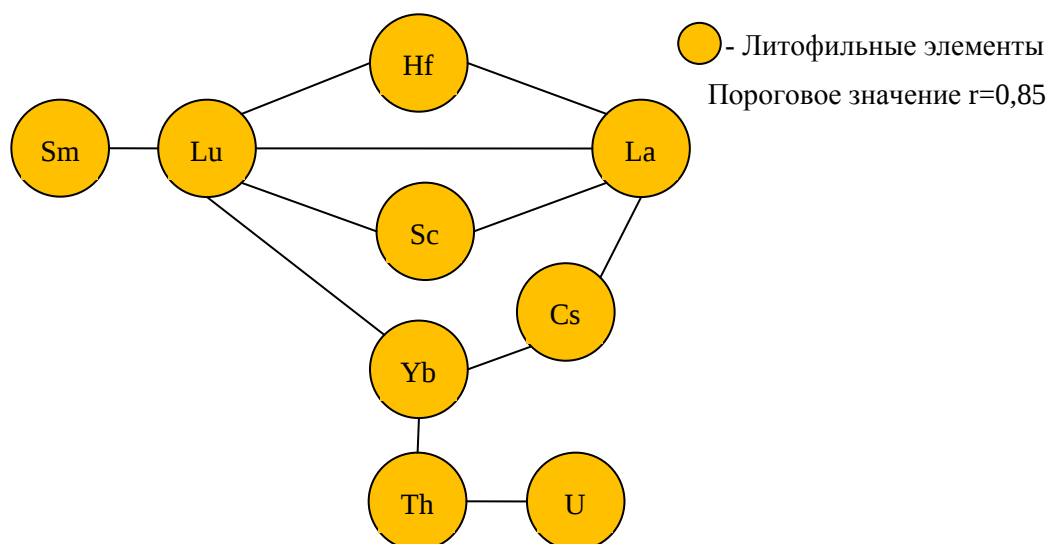


Рисунок 5.1.1 – Графы ассоциации химических элементов в твердом осадке снега окрестностей ГРЭС-2 г. Томска согласно не параметрическому корреляционному анализу Спирмана (усредненные данные по северо-восточному вектору 2009-2014 гг.)

Концентрации большинства рассматриваемых элементов превышают фоновые показатели в течение всего периода исследований. В таблице 5.1.3 приведены значения суммарного показателя загрязнения и геохимические ряды ассоциаций элементов в порядке убывания коэффициентов концентрации, рассчитанных относительно значений регионального и локального фона.

Значения суммарного показателя загрязнения на рассматриваемой территории изменяются от 68 до 200, что соответствует средней (64 - 128) и высокой (128-256) степени загрязнения территории, умеренно опасному и опасному уровням заболеваемости населения согласно нормативной градации [22]. Из таблицы 5.1.2 видно, что наибольший вклад в суммарный показатель загрязнения вносят As, U, Ba, Yb, Tb, La, Ta, Sm, Ce, Lu, Na, Sr, Hg – содержания данных элементов на протяжении всего периода исследований превышают фон в среднем от 3 до 30 раз.

Значения среднесуточного потока химических элементов на снежный покров в окрестностях ГРЭС-2 превышают фоновые значения от 2 до 281 раз. Наибольшие превышения фоновых значений характерны для As, U, Ba, Yb, Tb, La, Ta (более чем в 100), Sm, Ce, Zn, Lu, Na (в 50 - 100 раз). Для большинства

рассматриваемых элементов наблюдается снижение значений среднесуточного потока на снежный покров с 2009 по 2014 год, за исключением Zn, As, Hg (значения изменяются незакономерно).

Таблица 5.1.3 – Геохимические ряды ассоциаций элементов в пробах твердого осадка снега и величина суммарного показателя загрязнения в окрестностях ГРЭС-2 (северо-восточный вектор 2009-2014 гг.)

Год проведения мониторинга	Геохимические ряды ассоциаций элементов				Zспз*
	более 10	10..5	5..3	3..1	
2009	Ba _{53,0} – As _{22,8} – U _{19,5} – Tb _{13,1} – Yb _{12,8} – La _{11,3}	Ta _{10,0} – Sm _{9,3} – Ce _{6,0} – Na _{5,5}	Lu _{4,5} – Zn _{3,7} – Sr _{3,6} – Fe _{3,2}	Hg _{2,9} – Th _{2,7} – Hf _{2,5} – Br _{2,5} – Sb _{2,4} – Nd _{2,1} – Co _{1,6} – Ca _{1,5} – Sc _{1,3}	176
2010	As _{24,0} – U _{20,4} – Yb _{14,9} – Tb _{14,2} – La _{12,4} – Ta _{10,1}	Sm _{9,4} – Ba _{6,6} – Ce _{5,3} – Lu _{5,1}	Na _{4,9} – Zn _{4,6} – Hg _{3,3} – Th _{3,1}	Sr _{2,7} – Hf _{2,7} – Sb _{2,5} – Fe _{2,2} – Nd _{2,0} – Co _{1,9} – Ca _{1,7} – Br _{1,6} – Sc _{1,5} – Eu _{1,2}	135
2011	U _{17,8} – As _{14,7} – Tb _{14,0} – Yb _{13,1} – La _{11,8}	Sm _{9,1} – Ta _{8,5} – Ba _{6,6} – Ce _{6,3} – Lu _{5,0}	Na _{4,5} – Sr _{3,2} – Hg _{3,1} – Zn _{3,0}	Th _{2,6} – Hf _{2,4} – Br _{2,0} – Co _{1,9} – Fe _{1,7} – Nd _{1,7} – Ca _{1,6} – Sc _{1,5} – Eu _{1,2}	115
2012	As _{43,6} – U _{21,6} – Yb _{14,7} – La _{13,8} – Tb _{12,4} – Ta _{10,2}	Sm _{9,9} – Ba _{8,3} – Ce _{7,9} – Lu _{5,4}	Na _{4,8} – Sr _{4,3} – Zn _{4,1} – Th _{3,2} – Hg _{3,1} – Hf _{3,0}	Sb _{2,6} – Fe _{2,2} – Ca _{2,2} – Nd _{2,1} – Co _{2,0} – Sc _{1,6} – Br _{1,5}	163
2013	As _{34,5} – U _{18,9} – Tb _{14,6} – Yb _{13,6} – Zn _{12,7} – La _{12,1} – Ta _{10,7}	Ba _{9,4} – Sm _{9,3} – Ce _{8,2} – Hg _{6,0} – Sr _{5,6}	Lu _{5,0} – Na _{4,8} – Th _{3,1}	Hf _{2,7} – Sb _{2,7} – Ca _{2,3} – Nd _{2,2} – Br _{1,8} – Fe _{1,8} – Co _{1,7} – Sc _{1,5}	163
2014	As _{36,6} – U _{19,3} – Tb _{14,6} – Yb _{14,0} – Zn _{14,0} – La _{11,8} – Ta _{10,9}	Sm _{9,0} – Ba _{8,0} – Ce _{6,6} – Lu _{5,0}	Sr _{4,9} – Na _{4,7} – Tn _{3,0}	Hf _{2,3} – Hg _{2,2} – Ca _{2,1} – Fe _{1,9} – Sb _{1,9} – Nd _{1,8} – Co _{1,7} – Sc _{1,4}	160

Примечания: данные ИНАА, Кк рассчитаны относительно регионального фона по данным А.Ю. Шатилова [77] с дополнениями Е.Г. Язикова [85, 86], для Zn, Hg и Nd использован локальный фон (обсерватория «Фоновая» ИОА СОР, недалеко от п. Киреевск, 70 км от г. Томска);

* менее 64 – низкая степень загрязнения, неопасный уровень заболеваемости, 64-128 – средняя степень, умеренно опасный уровень, 128-256 – высокая степень загрязнения, опасный уровень, более 256 – очень высокая степень, чрезвычайно опасный уровень [22].

Суммарный показатель нагрузки территории на протяжении всего периода исследований соответствует средней степени загрязнения и умеренно

опасному уровню заболеваемости населения (рис. 5.1.2), согласно градации [22]. Среднее значение показателя в 2014 году в 2,5 раза ниже чем в 2009.

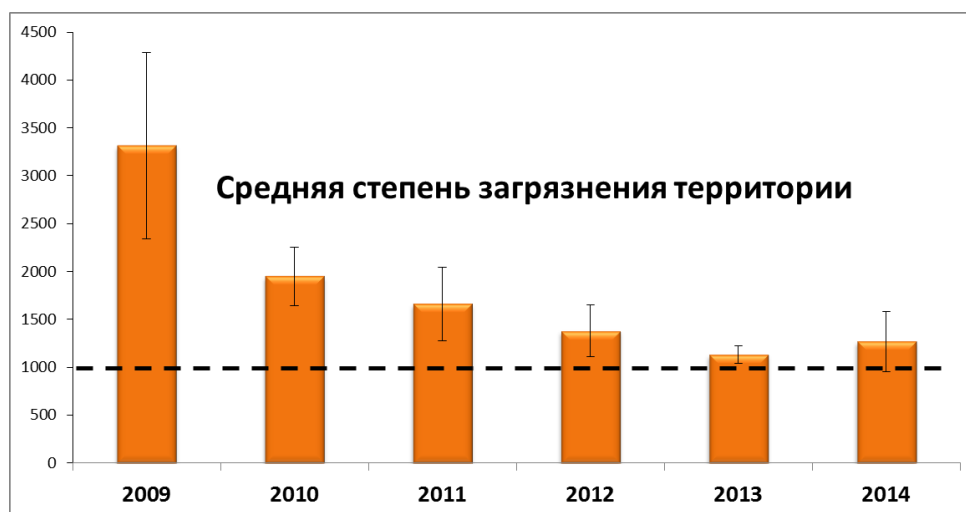


Рисунок 5.1.2 – Динамика суммарного показателя нагрузки на снежный покров окрестностей ГРЭС-2 г. Томска (2009-2014 гг.), градация по [22]

Значения коэффициентов аэрозольной аккумуляции для Hg, As, Cr, Co, Br, Ba, Sr, Hf, U, Fe указывают на умеренную (Ка от 1 до 10) интенсивность обогащения аэрозоля данными элементами, по классификации, предложенной Добровольским [29]. Интенсивность обогащения Au, Sb, Zn – средняя (Ка от 10 до 50), что указывает на локальный техногенный источник поступления. По результатам расчета фактора обогащения можно отметить, что пробы твердого осадка снега обогащены большинством рассматриваемых элементов относительно их среднего содержания в верхней части земной коры. Средние значения факторов обогащения для Zn (19,9), Au (18,0), Sb(9,4) свидетельствуют о преобладании антропогенного поступления данных элементов из атмосферы.

Изучение состава золы-уноса Томской ГРЭС-2 показало, что относительно кларка ноосферы она обогащена следующими элементами: Ba_{30,7} – Zn_{14,2} – Sb_{4,2} – La_{4,2} – U_{3,4} – Fe_{3,2} – Hf_{3,1} – Ce_{3,0} – Sr_{2,9} – As_{2,4} – Nd_{2,3} – Sc_{2,1} – Tb_{2,0} – Co_{1,9} – Yb_{1,8} – Th_{1,7} – Au_{1,6} – Ca_{1,5}. Сравнение элементного состава отходов ГРЭС-2 и твердого осадка снега окрестностей данного предприятия, рассмотренное в работе [76], показало высокую сходимость содержаний элементов. Так же отмечено, что в пробах твердого осадка снега наблюдаются повышенные содержания Cr, Co, Br, Sb относительно пробы золы-уноса. Автор связывает это

со сжиганием природного газа, так как этот же спектр химических элементов установлен как типоморфный для окрестностей газовых котельных на примере ряда населённых пунктов Томской области.

Обзор литературы по изучению объектов природной среды на территориях подверженных выбросам объектов угольной теплоэнергетики показал, что при сжигании углей в атмосферный воздух городов могут поступать многие химические элементы, в том числе As, Hg, Se, Sn, Ge, Mo, Ba, Sb [10, 22, 89]. Согласно работе [86], а так же многолетним исследованиям [71] элементы - являются Na, Ba, Sb, La, Sm, Yb, Lu, U, Ta, As, Fe, Sr выявлены в качестве типоморфных в твердом осадке снега зоны влияния объектов теплоэнергетики. Так же данный спектр элементов характерен для используемых на теплоэлектростанции углей Кузнецкого бассейна [3, 4].

Обобщая полученные сведения об элементном составе твердого осадка снега и отходов Томской ГРЭС-2 можно сделать вывод, что поступление химических элементов на снежный покров окрестностей изучаемого объекта преимущественно связано с пылевыми выбросами ГРЭС-2 от сжигания угля и проявляется в повышенных содержаниях As, U, Ba, Yb, Tb, La, Ta, Sm, Ce, Lu, Na, Sr, Hg (относительно регионального фона). В работе [76] показано, что содержания Ca, Sc, Fe, Co, As, Sr, La, Ce, Sm, Tb, Yb, Lu, Hf, Ta, Th, U в твердом осадке снега окрестностей Томской ГРЭС-2 значительно превышают среднегородские значения по данным площадной съемки 2007 года [69]. Таким образом, в качестве элементов, характерных для снежного покрова в окрестностях ГРЭС-2 можно выделить – Na, Ca, Zn, As, Sr, Sb, Ba, La, Ce, Sm, Tb, Yb, Lu, Ta, Hg, Th, U.

Данные элементы в повышенных концентрациях обнаружены так же при изучении элементного состава твердого осадка снега и снеготалой воды окрестностей ГРЭС-2 методом масс-спектрометрии с индуктивно связанно плазмой (2013 год). В таблице 5.1.4 приведены геохимические ряды ассоциаций элементов в твердом осадке снега и в снеготалой воде в порядке убывания

коэффициентов концентрации, рассчитанных относительно значений локального фона (пос. Киреевск).

Таблица 5.1.4 – Геохимические ряды ассоциаций элементов в пробах твердого осадка снега и снеготалой воды окрестностей ГРЭС-2 г. Томска (данные масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, 2013 г.)

Геохимические ряды ассоциаций элементов	
Твердый осадок снега	$Zn_{15,4} - Ba_{3,9} - Sr_{3,5} - As_{3,0} - Ce_{2,3} - Ca_{2,3} - La_{2,2} - Yb_{2,1} - U_{2,1} - Sm_{2,0} - Th_{2,0} - Ta_{1,9} - Na_{1,6}$
Снеготалая вода	$Zn_{19,9} - Na_{10,1} - Ba_{9,7} - Ca_{5,1} - Sr_{4,5} - Sm_{4,0} - Th_{3,4} - As_{2,4} - U_{2,4} - Ce_{2,0} - La_{1,9} - Ta_{1,7} - Yb_{1,6}$

По результатам изучения проб выявлено, что концентрации всех выбранных элементов превышают фоновые показатели – в твердом осадке снега в 1,6 – 15,4 раз, в снеготалой воде от 1,6 до 19,9, наибольшие превышения (более 10 раз) наблюдаются для цинка. Значения общей нагрузки, создаваемой поступлением химических элементов из атмосферы на снежный покров, превышают фоновую от 14 до 134 раз (в пробах твердого осадка снега). Наиболее контрастные различия с фоновыми значениями выявлены для Zn (более чем в 100 раз), Ba, Sr, As (более чем в 20 раз). Наибольшие превышения фоновых значений интенсивности нагрузки элементов в снеготалой воде на территорию обнаружены у Zn, Ba, Na (более чем в 10 раз).

Для сравнения содержаний элементов в твердом осадке снега и снеготалой воде, были рассчитаны коэффициенты распределения ($K_{распр}$) химических элементов. По соотношению содержаний в твердом осадке снега и снеготалой воде выделяются такие элементы как Na, Ca ($K_{распр} < 0$) и Zn, As, Sr, Ba ($0 < K_{распр} < 0,5$), что указывает на способность данных элементов переходить в раствор снеготалой воды.

На рисунке 5.1.3 приведены балансовые соотношения химических элементов между снеготалой водой и твердым осадком снега в пробах из окрестностей ГРЭС-2 г. Томска. По данным соотношениям можно отметить элементы с преобладанием растворенной формы над взвешенной – Na (75% от общей массы в снеговой пробе), Ca (72%); а так же элементы с умеренным

преобладанием взвешенной формы над растворенной – Zn, As, Sr, Ba (от 25 до 50%). Остальные элементы содержатся преимущественно во взвешенной форме, т.е. в составе проб твердого осадка снега.

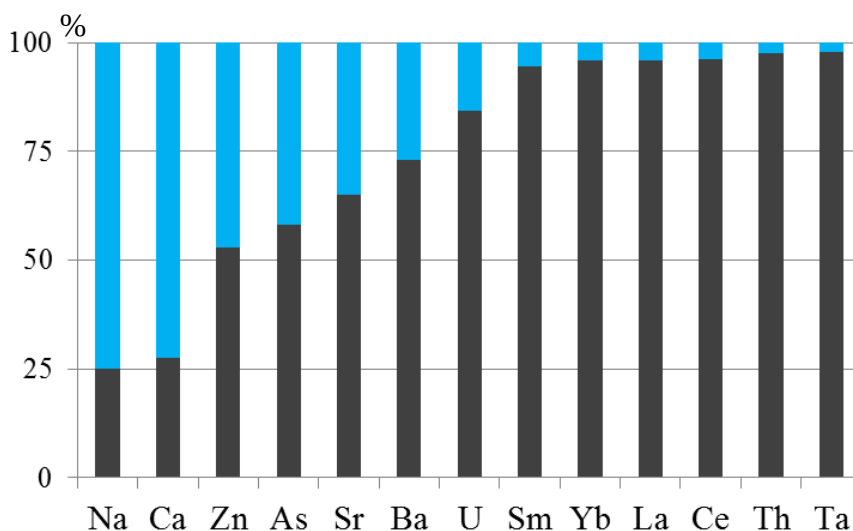


Рисунок 5.1.3 – Балансовое соотношение химических элементов между снеготалой водой и твердым осадком снега в пробах из окрестностей ГРЭС-2 г. Томска (по данным ICP-MS, 2013г.)

Результаты термодинамического моделирования проб снеготалой воды из окрестностей ГРЭС-2 г. Томска, приведенные в работе [71] показали, что химическими формами As являются ионы H_2As_4^- и HAsO_4^{2-} , U - ионы гидрофосфата урана $\text{UO}_2(\text{HPO}_4)_2^{2-}$, Se – ионы HSeO_3^- , В – аква-ионы H_3BO_3 . Металлы Al, Cd, Pb, Zn, Cu образуют в основном фторидные комплексы типа AlF , AlF_2 , CdF , PbF , ZnF и CuF . Кроме того, в пробах свободноионная форма преобладает для Cs^+ , Br^- , I^- , Rb^+ , Ba^{2+} , Li^+ , Sr^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} и Fe^{2+} . Калий, кальций и натрий находятся в растворе преимущественно в виде катионов K^+ , Ca^{2+} и Na^+ [44].

Химический состав проб твердого осадка снега, отобранных на территории г. Томска в 2015 году (площадная съема), был рассмотрен на примере ряда элементов, характерных для выбросов ГРЭС-2 - As, Sr, Sb, Ba, La, Ce, Tb, Yb, Lu, Th, U. Рассматриваемые элементы в пробах твердого осадка снега г. Томска превышают значения локального фона от 2 до 17 раз. Наибольшее превышение фоновых значений обнаружено у Sr (в 17,5 раз), Ba (в

9,4 раз), As (в 5,8 раз). Средние значения величин среднесуточного потока элементов на снежный покров превышают фоновые в 14-26 раз, наиболее резко относительно фоновых значений выделяются As, Sr, Ba.

Распределение величины среднесуточного потока рассматриваемых элементов из атмосферы на снежный покров по территории города (в качестве примера показаны La, Ce, Yb, Th, U на рис. 5.1.5) образует два основных ореола высоких значений, которые пространственно соответствуют северо-восточной части города (Октябрьский район, окрестности кирпичных заводов) и западной части Советского района, где расположена Томская ГРЭС-2 г., что согласуется с ранее проведенными исследованиями снежного покрова г. Томска в 2007 году [69, 86].

Анализ площадок снегогеохимической съемки показал, что средние содержания рассматриваемых элементов в пробах твердого осадка снега за 2007 [69] и 2015 гг. (взяты средние значения проб из окрестностей ГРЭС-2 г. Томска) имеют значимые различия только для As, Sr (значимость различий согласно непараметрическим критериям Колмогорова-Смирнова и Манна – Уитни).

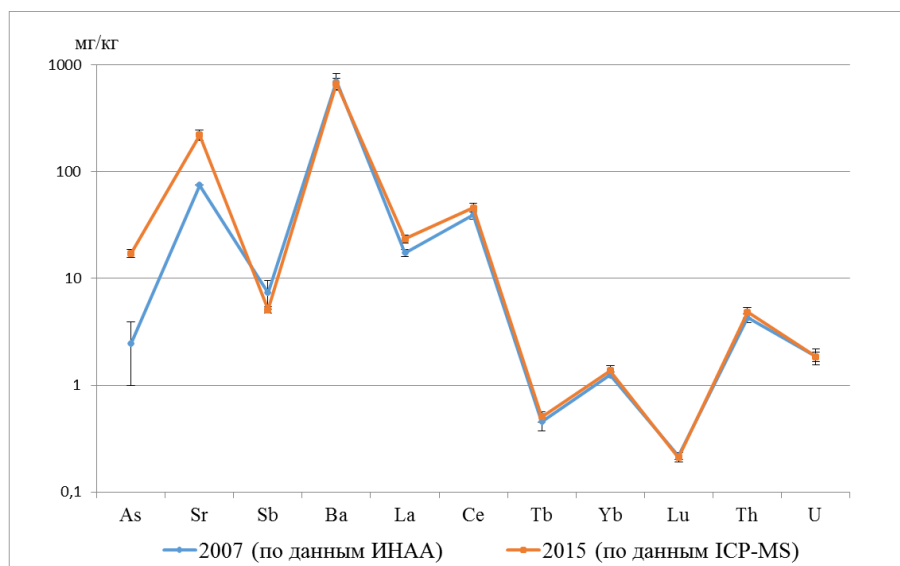


Рисунок 5.1.4 – Сравнение средних содержаний элементов в пробах твердого осадка снега по результатам площадной снегогеохимической съемки за 2007 [69] и 2015 год (взяты средние значения проб из окрестностей ГРЭС-2 г. Томска)

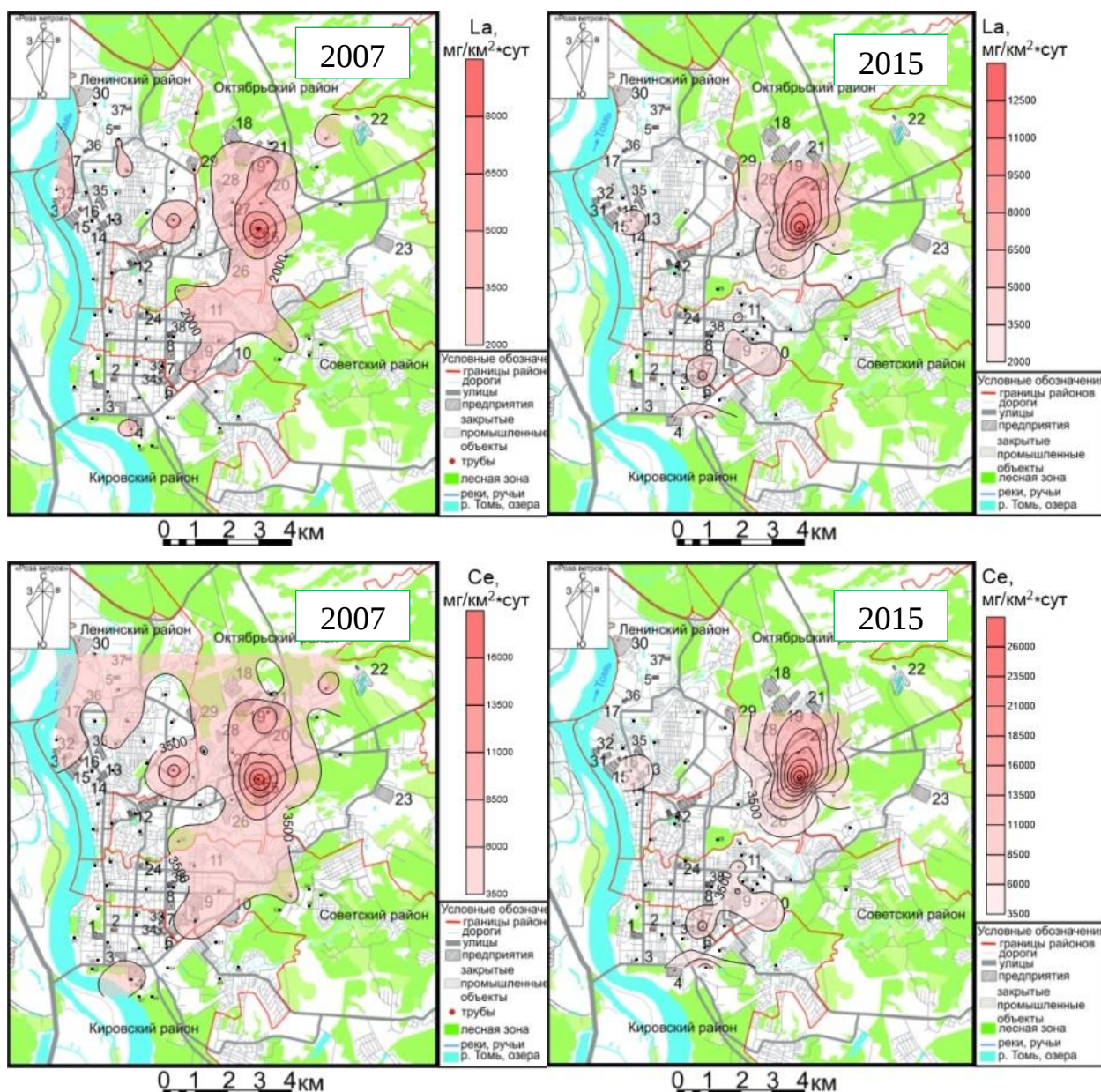


Рисунок 5.1.5 – Схемы пространственного распределения среднесуточного потока элементов на снежный покров г. Томска (2007 [69] – 2015 гг):

1-ОАО «Томский электромеханический завод»; 2 - ОАО «Томский электроламповый завод»; 3 - ОАО «Томский инструмент» 4-ООО «Континентъ»; 5-ЖБИ-27; 6-ФГУП «Томский электротехнический завод»; 7-ОАО «Сибэлектромотор»; 8-ОАО «Манотомь»; 9-ГРЭС-2; 10-ТДСК; 11-старый золоотвал ГРЭС-2; 12-ЗАО «Сибкабель»; 13-ОАО «Фармстандарт-Томскхимфарм»; 14-ЗАО «Томский дрожжевой завод»; 15-Сибирская карандашная фабрика; 16-котельная; 17-Томский шпалопропиточный завод; 18-ТЭЦ-1; 19-ОАО «ЖБК-100» и ООО «ЖБК-40»; 20-котельная; 21-ОАО «Томская спичечная фабрика "Сибирь"»; 22- золоотвал ГРЭС-2; 23-НПО «Вирин»; 24-Кондитерская фабрика «красная звезда»; 25-Томский кирпичный завод; 26-ЗАО «Карьеруправление»; 27-ОАО Томский комбикормовый завод; 28-Асфальтобетонный завод; 29-Томский кабельный завод; 30-ООО «Томлесдрев»; 31-Томский ремонтно-механический завод; 32-Томский мясокомбинат; 33-ОАО НПЦ «Полус»; 34-ЗАО НПФ «Микран»; 35-Томский завод резиновой обуви; 36-ЛПК; 37-ООО СИБЦЕМ-Томск; 38-ООО Данон Трейд.

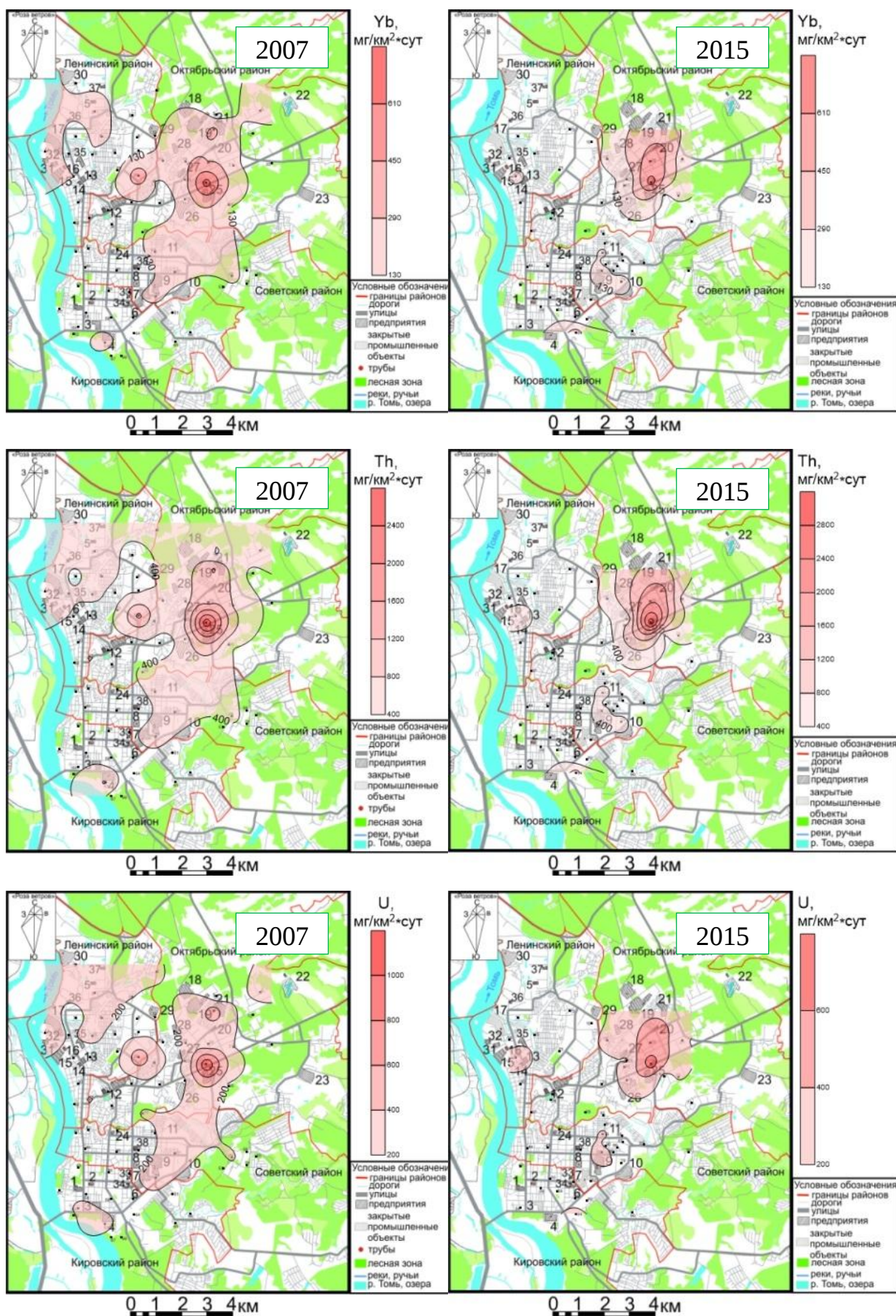


Рисунок 5.1.5 – продолжение

По пространственному расположению основных ореолов высоких значений среднесуточного потока элементов можно отметить, что расположение очагов загрязнения с 2007 по 2015 год практически не изменилось (рис 5.1.5). В окрестностях ГРЭС-2 г. Томска можно отметить заметное сокращение площади ореолов повышенных значений среднесуточного потока к 2015 году, а так как значения содержаний большинства элементов с годами осталось практически неизменным, данная закономерность подтверждает преобладание привноса данных элементов на снежный покров с пылевыми выбросами.

В целом по результатам многолетнего изучения химического состава проб твердого осадка снега можно отметить, что для окрестностей ГРЭС-2 города Томска значения суммарного показателя загрязнения соответствуют средней (64 - 128) и высокой (128-256) степени загрязнения территории на протяжении периода исследований (2009-2014гг). Суммарный показатель нагрузки на территорию соответствует средней степени загрязнения, причем среднее значение показателя снизилось в 2,5 с 2009 по 2014 год за счет снижения значений пылевой нагрузки. Наибольший вклад в суммарные показатели загрязнения и нагрузки вносят As, U, Ba, Yb, Tb, La, Ta, Sm, Ce, Lu, Na, Sr, Hg.

По результатам изучения проб твердого осадка снега и снеготалой воды методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой выявлено, что концентрации рассматриваемых элементов (Na, Ca, Zn, As, Sr, Ba, La, Ce, Sm, Yb, Ta, Th, U) превышают фоновые показатели – в твердом осадке снега в 1,6 – 15,4 раз, в снеготалой воде от 1,6 до 19,9, наибольшие превышения (более 10 раз) наблюдаются для цинка. По соотношению содержаний в твердом осадке снега и снеготалой воде выделяются такие элементы как Na, Ca ($K_{распр} < 0$) и Zn, As, Sr, Ba ($0 < K_{распр} < 0,5$), что указывает на способность данных элементов переходить в раствор снеготалой воды.

В пробах твердого осадка снега, отобранных на территории г. Томска в 2015 году (площадная съема) рассматриваемые элементы (As, Sr, Sb, Ba, La,

Се, Tb, Yb, Lu, Th, U) превышают значения локального фона от 2 до 17 раз. Средние значения величин среднесуточного потока элементов на снежный покров превышают фоновые в 14-26 раз, наиболее резко относительно фоновых значений выделяются As, Sr, Ba.

Распределение величины среднесуточного потока рассматриваемых элементов из атмосферы на снежный покров по территории города образует два основных ореола высоких значений, которые пространственно соответствуют северо-восточной части города (Октябрьский район, окрестности кирпичных заводов) и западной части Советского района, где расположена Томская ГРЭС-2 г., что согласуется с ранее проведенными исследованиями снежного покрова г. Томска в 2007 году [69].

Анализ площадок снегогеохимической съемки г. Томска показал, что пространственное расположение очагов высоких значений среднесуточного потока элементов с 2007 по 2015 год практически не изменилось. В окрестностях ГРЭС-2 г. Томска можно отметить заметное сокращение площади ореолов повышенных значений среднесуточного потока к 2015 году, а так как значения содержаний большинства элементов с годами осталось практически неизменным, данная закономерность подтверждает преобладание привноса данных элементов на снежный покров с пылевыми выбросами.

6. Биотестирование твердого осадка снега на *Drosophila melanogaster*

Биотестирование основано на регистрации изменений биологически значимых показателей исследуемых тест-объектов. В качестве тест-объекта для биотестирования твердого осадка снега применялись мушки *Drosophila melanogaster*. Были изучены две пробы твердого осадка снега из зоны воздействия ГРЭС-2 г. Томска и Северской ТЭЦ. Для сравнения пробы из окрестностей изучаемой в данной работе ГРЭС-2 г. Томска было решено выбрать пробу из окрестностей Северской ТЭЦ, так как данные предприятия имеют разные тепловые мощности, объемы выбросов и проценты использования угля в топливном балансе.

Drosophila melanogaster, как тест-объект

Мушка дрозофила (*Drosophila melanogaster*) - наиболее изученный в генетическом отношении объект среди многоклеточных организмов. Изучению мутагенных свойств различных веществ и физических явлений на *Drosophila melanogaster* посвящено довольно много исследований [12, 13, 35, 46, 65, 66, 67]. Ряд работ посвящён использованию дрозофил для изучения воздействия электромагнитных волн. [6, 7, 8, 40]. Большой интерес проявляют ученые к радиационному воздействию на живые организмы, так в работах [19, 20, 39, 84] рассматривается воздействие факторов радиационной природы на *Drosophila melanogaster*. Так же актуальным является изучение мутагенных свойств лекарственных препаратов на *Drosophila melanogaster* [27, 55, 103]. Существует ряд работ, посвящённых оценке мутагенности пищевых продуктов [11, 73] и питьевых вод [36, 37] на *Drosophila melanogaster*. Так же учеными доказана возможность использования дрозофил в качестве тест-объекта для индикации мутагенного загрязнения компонентов природной среды. Мушек *Drosophila melanogaster* используют для биотестирования почв [33, 34], отходов горнодобывающих предприятий [1, 2], твердого осадка снега [69], атмосферного воздуха урбанизированной территории [12], а так же для оценки мутагенности отдельных загрязнителей природной среды [13, 35].

Методика эксперимента

Для постановки эксперимента взяты линии дрозофил yellow (y) и singed (sn). У yellow – желтое тело и прямые щетинки, у singed – тело серого цвета и опаленные щетинки. Признаки y и sn являются сцепленными с полом рецессивными признаками. В пробирках с питательной средой для размножения оставляли в течение суток самок линии yellow (y) и самцов линии singed (sn), в результате скрещивания получали гибриды поколения F_1 (самки – $y^{+}/+sn$, самцы y^{+}/Y). Контрольные и опытные группы формировали одновременно и идентично. Для проведения опыта, пробы твердого осадка снега помещали в съедобную среду для дрозофил в концентрации 0,5 %, согласно ранее проведенным исследованиям [69], в ходе которых выявлено что, наиболее оптимальная концентрация пробы в питательной среде изменяется от 0,1 % до 3 %.

Во время эксперимента фиксировалось количество самок и самцов поколения F_1 , а также проявлений у них морфоз и мозаиков. Морфозы – это ненаследуемые отклонения от нормального строения, не являющихся результатом мутации в соматических тканях. Примером может служить отсутствие щетинок, сломанные щетинки, неразвитые крылья (смятые, скрученные).

Способность веществ вызывать соматический мозаицизм у дрозофилы показывает наличие или отсутствие мутагенных свойств изучаемого вещества. Соматический мозаицизм у дрозофилы проявляется в виде мозаичных пятен, основным механизмом возникновения пятен является соматический кроссинговер [104].

При структурных нарушениях в хромосоме гены yellow и singed приходят в гомозиготное состояние и становятся видимыми, в данном случае меняется форма и цвет щетинок (yellow — щетинки желтого цвета; singed — «опаленные» щетинки, извитые по форме; в норме щетинки серые и прямые). В зависимости от места разрыва хромосомы возникают клетки разных генотипов и, следовательно, проявляются пятна разных типов [40, 49].

Спонтанный уровень мутаций и рекомбинаций, свойственный для изучаемых линий, невысок и колеблется в пределах от 0,3 до 1,1% [102].

Результаты биотестирования

Эксперимент был проведен согласно методическим рекомендациям по оценке мутагенных свойств фармакологических средств [102].

В ходе эксперимента были изучены 3214 дрозофилы, из них 614 – самок и 517 – самцов в контроле, 1075 самок и 1008 самцов в опыте. На две экспериментальные пробы контроль выполнялся один.

Таблица 6.1 – Соотношение количества самцов и самок, штук

Проба	Количество самцов		Количество самок	
	контроль	опыт	контроль	опыт
0,7 км от труб ГРЭС-2 (2014 г.)	517	550	644	589
Окрестности Северной ТЭЦ (СвТЭЦ-2)		458		486

Критерий соответствия χ^2 (*Хи-квадрат*) применялся для определения степени соответствия фактических данных к ожидаемым [54]. На основе данных о количестве самцов и самок (соотношение полов), можно сделать вывод о токсическом воздействии пробы. Меньшее количество самцов по отношению к самкам свидетельствует о наличии токсического действия пробы. Подтверждением достоверности полученных результатов может служить критерий соответствия χ^2 , а так же уровень его значимости, подсчитанные на основе данных по количеству самцов и самок в пробах.

По полученным значениям (табл. 6.2) видно, что уровень значимости по χ^2 для проб твердого осадка снега окрестностей ГРЭС-2 и Северной ТЭЦ – слабо значимый (0,05-0,1), что свидетельствует об отсутствии биологического влияния проб.

Оценкой степени токсичности каждой пробы являлось соотношение между количеством дрозофил и количеством дрозофил с морфозами на стадии имаго в опытной группе и в соответствующем контроле. По результатам исследования проб из окрестностей ГРЭС-2 и Северной ТЭЦ (табл. 6.2) выявлено, что пробы не оказали токсического воздействия (слабо значимый уровень различий по χ^2).

Таблица 6.2 – Величины уровня значимости для параметров «соотношение полов» и «наличие морфоз» для проб твердого осадка снега из окрестностей предприятий ТЭК

Проба	Соотношение полов		Наличие морфоз	
	χ^2	Ур. знач	χ^2	Ур. знач
0,7 км от труб ГРЭС-2 (2014 г.)	2,97	0,08	0,02	0,8
Окрестности Северной ТЭЦ (СвТЭЦ-2)	2,88	0,09	0,004	0,9

Примечание: Уровни значимости: $< 0,005$ – высоко значимый, $0,005-0,05$ – статистически значимый, $0,05-0,1$ – слабо значимый, $> 0,1$ – незначимый

При проведении данного опыта, особей с проявлением соматического **мозаицизма** в виде мозаичных пятен – не обнаружено, следовательно, пробы не оказали мутагенного воздействия.

Таблица 6.3 – Оценка результатов исследования твердого осадка снега с помощью биотестирования на дрозофилах *Drosophila melanogaster* и геохимических показателей

Проба	Геохимический ряд	СПЗ	<i>Drosophila melanogaster</i>
0,7 км от труб ГРЭС-2 (2014)	As _{36,6} – U _{19,3} – Tb _{14,6} – Yb _{14,0} – Zn _{14,0} – La _{11,8} – Ta _{10,9} – Sm _{9,0} – Ba _{8,0} – Ce _{6,6} – Lu _{5,0} – Sr _{4,9} – Na _{4,7} – Tn _{3,0}	160	Не оказывает биологического воздействия
Окрестности Северной ТЭЦ (СвТЭЦ-2)	U _{34,6} – Nd _{26,1} – Tb _{25,1} – Ta _{21,4} – La _{19,7} – Yb _{19,6} – Br _{15,4} – Sm _{13,4} – Ce _{10,7} – Ba _{10,1} – Lu _{7,3} – As _{6,5} – Th _{6,1} – Hg _{3,7}	191	

Таким образом, по результатам биотестирования определено, что пробы твердого осадка снега из окрестностей ГРЭС-2 г. Томска и Северной ТЭЦ не оказывают токсического и мутагенного воздействия.

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в выявление пространственно-временного распределения пыли и химических элементов, содержащихся в выбросах Томской ГРЭС-2, по данным изучения снежного покрова. Для этого необходимо произвести следующие виды работ, которые выполняются последовательно: полевые, лабораторные и камеральные.

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

7.1. Планирование, организация и менеджмент при проведении работ

Организационный период. На стадии организационной подготовки ставится задача на проведение эколого-геохимических исследований, производится комплектование подразделения инженерно-техническим персоналом, подбираются приборы, оборудование, снаряжение и материалы, проверяется пригодность и точность приборов, распределяются обязанности между сотрудниками, осуществляются мероприятия по безопасному ведению работ.

Полевой период. Во время полевого периода производится отбор проб снежного покрова.

Согласно сборнику сметных норм на геологоразведочные работы [114] **эколого-геохимические работы по пылевым выпадениям из атмосферы путем изучения снежного покрова на отдельных площадках** включают в себя: Выбор площадок отбора проб. Привязка пунктов наблюдения. Расчистка троп к площадкам отбора проб. Проходка шурфов на всю мощность снежного покрова, их документация. Измерение сечения и глубины шурфов. Расчет площади сечения шурфов. Отбор проб. Маркировка тары для проб.

Этикетирование и упаковка проб. Изучение и описание ландшафтно-экологических условий площадок отбора проб и прилегающих к ним территорий. Отражение и закрепление на маршрутной карте пунктов наблюдения. Перекладывание проб снега в емкости для таяния. Корректировка записей в полевой книжке. Регистрация проб в журнале.

Отбор снеговых проб в зоне воздействия Томской ГРЭС-2 осуществляется в конце февраля в начале марта, по векторной сети в северо-восточном направлении на расстоянии 0,73; 1,0; 1,3; 1,6 и 2,0 км от труб, в северном направлении на расстоянии 0,6; 0,9; 1,4; 1,8; 2,1 км от труб. От одной площадки отбора к другой передвигаются на автомобиле, на котором транспортируются пробы.

Снеговое опробование проводят методом шурфа на всю мощность снежного покрова, за исключением 5-ти см слоя над почвой, для исключения загрязнения проб литогенной составляющей. При этом производится замер сторон и глубины шурфа, фиксируется время (в сутках) от начала снегостава. Вес пробы приблизительно 15 кг.

Лабораторные работы. Этот этап работ включает определение ртути в пробах методом беспламенной атомной абсорбции. Анализ выполняется в учебно-научной лаборатории микроэлементного состава МИНОЦ «Урановая геология» на базе кафедры геоэкологии и геохимии.

Так же на данном этапе подготавливаются пробы для аналитических исследований, выполняемых подрядчиками. Пробы твердого осадка снега подготавливаются для инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА), который выполняется подрядчиками в ядерно-геохимической лаборатории кафедры геоэкологии и геохимии на базе исследовательского ядерного реактора Томского политехнического университета. Так же пробы подготавливаются для метода масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (MS-ICP), который выполняется подрядчиками в Химико-аналитическом центре «Плазма» г. Томск.

Камеральный период. Камеральная обработка материалов включает: сбор и систематизацию информации об исследуемой территории; сбор исходных данных и их систематизацию в послеполевой период; собственно камеральную обработку материалов; выведение специализированных карт; машинописные и графические работы.

Календарный план - это оперативный график выполнения работ. Календарный план отражает отдельные этапы и виды планируемых работ (проектирование, полевые, камеральные, лабораторные и другие работы), общую их продолжительность и распределение этого срока по месяцам в планируемом году (таблица 7.1.1).

Таблица 7.1.1 Календарный план-график проведения проекта

№	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал, дн.	Продолжительность выполнения работ								
				февр.		март			апрель			
				2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Планирование проектной работы	Геоэколог	3									
2	Эколого-геохимические работы по пылевым выпадениям из атмосферы путем изучения снежного покрова на отдельных площадках	Геоэколог, рабочий	1									
3	Пробоподготовка	Геоэколог	8									
4	Лабораторные работы	Геоэколог	7									
5	Камеральные работы	Геоэколог	14									

Примечание:  - Геоэколог,  - Рабочий

Финансовый план позволяет планировать бюджет проекта. Финансирование геоэкологических работ осуществляется поквартально, это удобно и инвестору, и исполнителям, так как первые могут следить за промежуточными результатами, а вторые могут создать необходимые запасы и планировать выполнение работ и доходы. Итоги финансового и календарного плана включаются в договор с инвестором, который имеет юридическую силу.

Финансовый план включает в себя расчет основных расходов физических единиц работ, общую сметную стоимость геоэкологических работ

(форма СМ-1), расчет стоимости, с учетом амортизационных отчислений, основных фондов.

7.2. Бюджет научного исследования

Виды, условия и объёмы работ представлены в таблице 7.2.1 (технический план). На основании технического плана рассчитываются затраты времени и труда.

Таблица 7.2.1 – Виды и объёмы проектируемых работ (технический план)

№	Виды работ	Объем		Условия производства работ	Вид оборудования
		Ед. изм	Кол-во		
1.	Эколого-геохимические работы по пылевому выпадению из атмосферы путем изучения снежного покрова на отдельных площадках (масса 15 кг)	проба	10	отбор проб снега на территории г. Томска	Лопата, полиэтиленовые мешки, веревки
2.	Полевая камеральная обработка материалов		10	обработка данных, анализ материала	ПЭВМ
3.	Обработка материалов эколого-геохимических работ (без использования ЭВМ)				
4.	Предварительное изучение результатов анализов проб и выявление элементов-загрязнителей				
5.	Расчет суммарного показателя концентрации элементов-загрязнителей				
6.	Расчет суммарной экологической нагрузки от совокупности элементов-загрязнителей				
7.	Камеральная обработка материалов (с исполз. ЭВМ)		10	определение ртути атомно-абсорбционным методом	Прибор "РА-915"
7.	Лабораторные работы Ртуть, беспламенный атомно-абсорбционный метод				

7.3. Расчет затрат времени и труда по видам работ

Расчет затрат времени на геоэкологические работы определен «Инструкцией по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы» и СН-93 «Геоэкологические работы» выпуск 2, 7 [114, 115]. Из этого справочника взяты следующие данные:

- норма времени, выраженная на единицу продукции;

– коэффициент к норме.

Расчет затрат времени выполняется по формуле: $t=Q*H_g*K$,

где Q- объем работ; H_g - норма времени; K - соответствующий коэффициент к норме.

Используя технический план, в котором указаны все виды работ необходимо определить затраты времени на выполнение каждого вида работ в сменах и месяцах (табл. 7.3.1)

Таблица 7.3.1 – Расчет затрат времени на геоэкологические исследования с учетом отбора проб для контроля

№	Виды работ	Объем		Норма длитель ности, Н	Нормативны й документ	t, чел./с мена
		Ед. изм.	Кол- во			
1	2	3	4	5	6	7
1	Эколого-геохимические работы по пылевым выпадениям из атмосферы путем изучения снежного покрова на отдельных площадках (масса 15 кг)	проба	10	0,1249	ССН, вып. 2, пункт 107, с. 59	1,249
2	Полевая камеральная обработка материалов		10	0,0041	ССН, вып. 2, табл. 54, стр.1, ст.3	0,041
3	Обработка материалов эколого-геохимических работ (без использования ЭВМ)		10	0,0136	ССН, вып. 2, табл. 59, 3 стр., 3 ст.	0,136
4	Предварительное изучение результатов анализов проб и выявление элементов-загрязнителей	Элементо-определений	860	0,00034	ССН, вып. 2, табл. 60, 29 стр., 7 ст.	0,2924
5	Расчет суммарного показателя концентрации элементов-загрязнителей		860	0,00031	ССН, вып. 2, табл. 60, 31 стр., 7 ст.	0,2666
6	Расчет суммарной экологической нагрузки от совокупности элементов-загрязнителей		860	0,00336	ССН, вып. 2, табл. 60, 32 стр., 7 ст.	2,8896
7	Камеральная обработка материалов (с использ. ЭВМ)	проба	10	0,0337	ССН, вып. 2, табл. 61, 3 стр, 3 ст	0,337
8	Лабораторные работы Ртуть, беспламенный атомно-абсорбционный метод		20	0,26	ССН, вып. 7, табл. 1.3., стр.256	5,2
Итого						10,4116

Геохимические исследования будет выполнять отряд, состоящий из 2 человек (геоэколог, рабочий 2 разряда).

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

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

Основным показателем для планирования, организации и управления проектируемыми работами является производительность труда. Эти технико-экономические показатели необходимы для планирования проектируемых работ. Производительность труда за месяц ($P_{мес}$), определяется по формуле:

$$P_{мес} = Q / T_{усл} * n$$

$$n = Q / P_{мес} * T_{усл}$$

где Q - объем работ; $T_{усл}$ - время проектное в расчетных единицах (месяц) для каждого вида работ; n- коэффициент загрузки.

Таблица 7.4.1 – Расчет затрат труда

№	Виды работ	Т	Геоэколог	Рабочий
			Н, чел/смена	Н, чел/смена
1	Эколого-геохимические работы по пылевому выпадениям из атмосферы путем изучения снежного покрова на отдельных площадках (масса пробы 15 кг)	2,498	1,249	1,249
2	Полевая камеральная обработка материалов	0,041	0,041	-
3	Обработка материалов эколого-геохимических работ (без использования ЭВМ)	0,136	0,136	-
4	Предварительное изучение результатов анализов проб и выявление элементов-загрязнителей	0,2924	0,2924	
5	Расчет суммарного показателя концентрации элементов- загрязнителей	0,2666	0,2666	
6	Расчет суммарной экологической нагрузки от совокупности элементов- загрязнителей	2,8896	2,8896	
7	Камеральная обработка материалов (с использ. ЭВМ)	0,337	0,337	
8	Лабораторные работы Ртуть, беспламенный атомно-абсорбционный метод	5,2	5,2	
Итого:		11,70	10,41	1,29

7.5. Нормы расходов материалов

В соответствии со справочником сметных норм на геологоразведочные работы в таблице 7.5.1 представлено наименование материалов необходимых для проведения геохимических работ. В таблице 7.5.2 расчет затрат на ГСМ.

Таблица 7.5.1 – Нормы расхода материалов на проведение геохимических работ

Наименование и характеристика изделия	Единица	Цена, руб.	Норма расхода	Сумма, руб.
Полевые атмогеохимические работы				
Блокнот	шт.	70	1	70
Маркер	шт.	20	2	40
Карандаш простой	шт.	30	1	30
Ручка шариковая	шт.	50	2	100
Мешок для снеговых проб	шт.	20	20	400
Рулетка	шт.	50	1	50
Пластмассовая лопатка	шт.	80	1	80
Лабораторные работы				
Таз пластмассовый	шт.	250	3	750
ПЭТ бутылки	шт.	8	30	240
Воронка для фильтрования	шт.	30	5	150
Фильтры обеззоленные «синяя лента»	упак.	50	1	50
Фольга алюминиевая 10 м х 30 см	шт.	50	1	50
Итого:				2010

Таблица 7.5.2 Транспортировка грузов (проб) и персонала

№	Наименование автотранспортного средства	Количество	Стоимость за 1 л. (руб)
1	Бензин, АИ-92	31 км	34,2
Итого			1054

7.6. Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ (СМ 1)

Общий расчет сметной стоимости геоэкологического проекта оформляется по типовой форме.

Базой для всех расчетов в этой документе служат: основные расходы, которые связаны с выполнением работ по проекту и подразделяются на:

- ЭГР;
- сопутствующие работы и затраты.

На эту базу начисляются проценты, обеспечивающие организацию и управление работ по проекту, так называемые расходы, за счет которых

осуществляются содержание всех функциональных отделов структуры предприятия.

Расходы на организацию полевых работ составляют 1,2% от суммы расходов на полевые работы. Расходы на ликвидацию полевых работ - 0,8% от суммы полевых работ. Расходы на транспортировку грузов и персонала - 5% полевых работ. Накладные расходы составляют 15% основных расходов. Сумма плановых накоплений составляет 10% суммы основных и накладных расходов. Сумма доплат рабочим равняется 2% от суммы основных и накладных расходов. Резерв на непредвидимые работы и затраты колеблется от 3-6 %.

Сметно-финансовые и прочие сметные расчеты производятся на работы, для которых нет ССН. Основные расходы для них рассчитываются в зависимости от планируемых расходов: труда (количество человек, их загрузка, оклад), материалов, техники. Следует помнить, что затраты труда определяются по трем статьям основных расходов:

Основная заработная плата (оклад с учетом трудозагрузки);

Дополнительная заработная плата (7,9% от основной заработной платы); отчисления на социальное страхование (26% от суммы основной и дополнительной заработной платы).

Общий расчет сметной стоимости проекта оформляется по типовой форме. Базой для всех расчетов служат: основные расходы, которые связаны с выполнением работ по проекту и подразделяются на: А (собственно геоэкологические работы) и Б (сопутствующие работы).

Расчет осуществляется в соответствии с формулами:

$$ЗП = \text{Окл} * T * K,$$

где ЗП – заработная плата (условно),

Окл – оклад по тарифу (р),

T – отработано дней (дни, часы),

K – коэффициент районный.

$$ДЗП = ЗП * 7,9\%,$$

где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$\Phi ЗП = ЗП + ДЗП,$$

где ФЗП – фонд заработной платы (р).

$$СВ = \Phi ЗП * 30\%,$$

где СВ – страховые взносы.

$$\Phi ОТ = \Phi ЗП + СВ,$$

где ФОТ – фонд оплаты труда (р).

$$СПР = \Phi ОТ + М + А + R,$$

где СПР – стоимость проектно-сметных работ.

Сметно-финансовый расчет на проектно-сметные работы представлен в таблице 7.6.1, а расчет затрат на подрядные работы – в таблице 7.6.2.

Таблица 7.6.1 – Сметно-финансовый расчет на выполнение проектно-сметных работ (данные окладов ППС и НС согласно приложению 1 к приказу ректора ТПУ от 1.10.2013 г.)

Наименование расходов		Затраты труда, чел-см	Дневная ставка, руб	Индекс удорожания	Сумма основных расходов
Основная заработная плата:					
Ведущий специалист	1	10,41	544,26	1,022	5790
Специалист I кат.	1	1,29	331,51	1,022	437
Итого	2	11,70			6227
Дополнительная зарплата	7,9%				492
ФЗП					6719
ФЗП: с р.к.=	1,3				8735
Страховые взносы	30,0%				2621
ФОТ:					11356
Материалы,	35,0%				2352
Амортизация	2,0%	11,70	66,22		134
Итого основных расходов					13842

Таблица 7.6.2 – Расчет затрат на подрядные работы

№	Метод анализа	Кол-во проб	Стоимость, руб	Итого
1	Инструментальный нейтронно-активационный анализ	10	2000	2000
2	Масс спектрометрия с индуктивно связанной плазмой	10	2000	2000
Итого				40000

7.7. Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ

Общий расчет сметной стоимости геоэкологического проекта оформляется по типовой форме. Базой для всех расчетов в этом документе служат: основные расходы, которые связаны с выполнением работ по проекту и подразделяются на эколого-геохимические работы и сопутствующие работы и затраты. Общий расчет сметной стоимости всех работ отображен в таблице 7.7.1

Таблица 7.7.1 – Общий расчет сметной стоимости работ (СМ 1)

№ п/п	Наименование работ и затрат	Объём		Полная сметная стоимость, руб.
		Ед. изм	Кол-во	
I	Основные расходы на геоэкологические работы			
	А Собственно геоэкологические работы			
	Проектно-сметные работы	% от ПР	100	13842
1	Полевые работы:	13842		
2	Организация полевых работ	% от ПР	1,5	207,630
3	Ликвидация полевых работ	% от ПР	0,8	110,736
4	Камеральные работы	% от ПР	100	13842
	Б Сопутствующие работы и затраты			
5	Транспортировка грузов и персонала	% от ПР	8	1107,360
Итого основных расходов (ОР):		42951,726		
II	Накладные расходы	% от ОР	15	6442,759
Итого: основные и накладные расходы (ОР+НР)		49394,485		
III	Плановые накопления	% от НР+ОР	20	9878,897
IV	Подрядные работы			
1	Лабораторные работы	руб.		40000
V	Резерв	% от ОР	3	1288,522
Итого сметная стоимость		100561,934		
	НДС	%	18	18101,148
Итого с учётом НДС				118663,082

Таким образом, затраты на реализацию научно-исследовательского геоэкологического проекта за один год составляет **118663** рублей с учетом НДС.

8. Социальная ответственность при проведении геоэкологических работ по изучению снежного покрова в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска

Данная выпускная квалификационная работа представлена научно-исследовательской работой на тему: Динамика загрязнения снежного покрова в зоне влияния выбросов объектов теплоэнергетики (на примере ГРЭС-2 города Томска)

Научное исследование проводилось с целью выявления пространственно-временного распределения загрязнителей (пыли и химических элементов), содержащихся в выбросах Томской ГРЭС-2, по данным изучения снежного покрова в период 2009-2016 гг.

В процессе исследования осуществлялся отбор и подготовка проб снега, обработка результатов анализов проб, их систематизация; анализ динамики величины пылевой нагрузки; расчет геохимических показателей химических элементов; построение карт, оформление итоговых данных в виде таблиц, диаграмм, графиков и набор текста на персональном компьютере. Работы проводились как в полевых условиях (в зимнее время на открытом воздухе), так и помещении с электронно-вычислительными машинами, а так же в лаборатории (таблица 8.1.1).

Государственная районная электрическая станция – Томская ГРЭС-2 расположена в Советском районе города. В период с 2009 по 2016 гг. в зоне воздействия ГРЭС-2 выполнялся маршрутный отбор снеговых проб по векторной сети в северо-восточном направлении на расстоянии 0,73; 1,0; 1,3; 1,6 и 2,0 км от труб. Отбор осуществлялся в период максимального влагозапаса, что в климатических условиях Томской области соответствует концу февраля – началу марта. Пробы отбирались в полиэтиленовые мешки, вес пробы приблизительно 15 кг.

Таблица 8.8.1 - Основные элементы производственного процесса при геоэкологических работах по изучению снежного покрова

Этапы работ	Наименование запроецированных видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-99) [92]		Нормативные документы
		Опасные	Вредные	
Полевой	Отбор проб снежного покрова (атмогеохимический метод, точечный отбор)	1. Механические травмы при пересечении местности.	1. Отклонение параметров климата на открытом воздухе 2. Тяжесть физического труда	ГОСТ 12.0.003-99 [92] ГОСТ 12.1.005-88[95] ГОСТ 12.1.004-91[94] Р 2.2.2006-05 [110] ГОСТ 12.1.003-83 [93]
Лабораторный и камеральный	Подготовка проб для аналитических исследований; Обработка результатов анализов проб снега и составление отчетов на ЭВМ с жидкокристаллическим дисплеем	1. Поражение электрическим током; 2. Пожароопасность.	1. Отклонение параметров микроклимата в помещении. 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны. 3. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу.	СанПиН 2.2.4.548-96 [112] СанПиН 2.2.4.1294-03 [113] ГОСТ 12.1.019-79 [96] ГОСТ 12.1.038-82 [97] ГОСТ 12.1.004-91 [94] СНиП 21-01-97 [116] ГОСТ 12.1.005-88[95] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278-03 [15]

Примечание: Пожарная и взрывная безопасность рассматривается в п. 8.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

8.1. Анализ вредных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

Вредный фактор рабочей среды – фактор среды и трудового процесса, воздействие которого на работника может вызывать профессиональное заболевание или другое нарушение состояния здоровья, повреждение здоровья потомства [110].

Полевой этап

1. Отклонение параметров климата при полевых работах

Необходимым условием эффективной производственной деятельности человека является обеспечение нормальных метеорологических условий в рабочей зоне. Климат представляет собой комплекс физических факторов, таких как влажность, скорость движения воздуха, интенсивность солнечного излучения, величину атмосферного давления.

Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на теплообмен человека с окружающей средой, его тепловое состояние и

определяют самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда.

Климат г. Томска континентальный, с тёплым летом и холодной зимой, неравномерным увлажнением, довольно резким изменением элементов погоды в сравнительно короткие периоды времени, зависящим от сложной циркуляции воздушных масс над Западно-Сибирской низменностью. Многолетняя средняя годовая температура воздуха рассматриваемого района отрицательная ($-0,6^{\circ}\text{C}$). Минимальные температуры воздуха приходятся на январь - средняя температура января изменяется по территории от $-19,2^{\circ}$ до $-20,5^{\circ}\text{C}$. Максимум температуры воздуха приходится на июль (средняя температура от $16,8-17^{\circ}\text{C}$). Годовое количество осадков – 450–590 мм, из них 66–78 % выпадает в жидком виде, а остальные – в твёрдом. [87]

При полевых работах в зимнее время существует опасность переохлаждения организма. Охлаждение человека как общее, так и локальное способствует изменению его двигательной активности, нарушает координацию и способность выполнять точные операции; вызывает тормозные процессы в коре головного мозга, способствует развитию патологии [105].

Работающие на открытой территории в зимний период года в соответствии с ГОСТ [98, 99], должны быть обеспечены спецодеждой.

Согласно [106], средства индивидуальной защиты от холода должны быть изготовлены из теплоизоляционных материалов (из основного материала, утепляющей прокладки и подкладки). Основной материал обуславливает внешний вид одежды и выполняет защитные функции. Он должен обладать защитными свойствами, соответствующими условиям трудовой деятельности, быть стойким к механическим воздействиям, атмосферным осадкам, воздействию света, различного рода загрязнителям, легко очищаться от последних. Он должен быть способным пропускать влагу из пододежного пространства в окружающую среду и иметь воздухопроницаемость, адекватную скорости ветра.

Согласно Постановлению Минтруда РФ [107], существуют нормы бесплатной выдачи специальной одежды, обуви и других средств индивидуальной защиты. Для работников управлений по мониторингу за окружающей средой должна проводиться выдача следующих средств индивидуальной защиты: рукавицы комбинированные (2 пары); перчатки резиновые (2 пары); сапоги резиновые (1 пара); плащ непромокаемый; куртка хлопчатобумажная на меху; брюки хлопчатобумажные на меху; шапка-ушанка; унты меховые; перчатки шерстяные.

Допустимую продолжительность однократного за рабочую смену пребывания на холоде (на открытой территории) следует определять по таблице 8.1.2, согласно [105].

Допустимая продолжительность (ч) однократного за рабочую смену пребывания на открытой территории в зависимости от температуры воздуха и уровня энерготрат* [105]

Температура воздуха, °С	Энерготраты, Вт/м ² (категория работ)		
	88 (Iб)	113 (IIa)	145 (IIб)
-10	охлаждение через 1,7 ч	охлаждение через 4,6 ч	охлаждение поверхности тела отсутствует
-15	1,2	2,2	охлаждение поверхности тела отсутствует
-20	0,9	1,5	охлаждение через 5,5 ч
-25	0,8	1,1	2,4
-30	0,7	0,9	1,6
-35	0,6	0,7	1,1
-40	0,5	0,6	0,9

Примечания: *учтена наиболее вероятная скорость ветра (3,6 м/с), нормы для территории во II климатическом регионе (III климатический пояс)

К работе на холоде допускаются лица, прошедшие медицинские осмотры в соответствии с действующими приказами Минздравсоцразвития России и не имеющие противопоказаний.

При возникновении чрезвычайных ситуаций персонал, работающий на открытом воздухе, с целью теплосбережения должен собраться в группу, организовать строительство защитных укрытий из снега, льда или подручных материалов и информировать о возникновении чрезвычайной ситуации

руководство с помощью радио, сигнальными ракетами, зеркалами или другими заранее оговоренными сигналами [105]].

2. Тяжесть и напряженность физического труда

Труд в полевых условиях всегда связан с физическими нагрузками. Физическая тяжесть труда – нагрузка на организм, требующая преимущественно мышечных усилий и соответствующего энергетического обеспечения. Согласно Р 2.2.2006-05 классификация труда по тяжести производится по уровню энергозатрат, с учетом вида нагрузки (статистическая или динамическая) и нагружаемых мышц [110]. Если максимальная масса поднимаемых вручную грузов не превышает 5 кг для женщин и 15 кг для мужчин, работа характеризуется как легкая; 5-10 кг для женщин и 15-30 кг для мужчин – средней тяжести; свыше 10 кг для женщин и 30 кг для мужчин – тяжелая.

Снеговое опробование методом шурфа предполагает отбор снега в полиэтиленовые мешки, масса пробы колеблется от 10 до 20 кг. Таким образом работы характеризуются как тяжелые (для женщин) и средней тяжести (для мужчин).

Лабораторный и камеральный этапы

1. Отклонение параметров микроклимата в помещении.

Состояние воздушной среды рабочего помещения характеризуется следующими показателями: температурой, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, интенсивностью теплового излучения от нагретой поверхности.

Для подачи в помещение воздуха используются системы механической вентиляции и кондиционирования, а также естественная вентиляция – регулируется температура воздуха с помощью кондиционеров как тепловых, так и охлаждающих.

Компьютерная техника и микроскопы являются источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В таких

помещениях должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. Нормы микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 [95] и строительными нормами СанПиН 2.2.4.548-96 [112].

Для подачи в помещения свежего воздуха используются естественная вентиляция (проветривание). В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата (таблица 8.1.3).

Таблица 8.1.3.– Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры [100]

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный или переходный	Температура воздуха в помещении	22-24 ⁰ С
	Относительная влажность	40-60%
	Скорость движения воздуха	До 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23-25 ⁰ С
	Относительная влажность	40-60%
	Скорость движения воздуха	0,1-0,2 м/с

Объем помещений, в которых помещены работники вычислительных центров, не должен быть меньше 19,5 м³/чел, с учетом максимального числа одновременно работающих в смену. Нормы подачи свежего воздуха в помещении, где установлены компьютеры, приведены в таблице 8.1.4.

Таблица 8.1.4 – Нормы подачи свежего воздуха в помещениях, где расположены компьютеры [100].

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, м ³ /на одного человека в час
Объем до 20 м ³ на человека	Не менее 30

Для поддержания оптимальных микроклиматических условий в помещении в летний период необходимо своевременно, не реже одного раза в сутки, проветривать помещение, проводить влажную уборку. При проведении камеральных работ на компьютере с монитора вытирать пыль, и при работе с микроскопом также вытирать пыль. В зимнее время помещение лаборатории должно отапливаться.

2. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Одним из элементов, влияющих на комфортные условия работы на микроскопе и персональном компьютере, является освещение. Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

К системам освещения предъявляются следующие требования: соответствие уровня освещенности рабочих мест по характеру выполняемой зрительной работы; достаточно равномерное распределение яркости на рабочих поверхностях и в окружающем пространстве; отсутствие резких теней, прямой и отраженной блескости (повышенной яркости светящихся поверхностей); постоянство освещенности во времени; оптимальная направленность излучаемого осветительными приборами светового потока;

В помещениях лаборатории и кабинетах с ПЭВМ освещение является совмещенным (естественное освещение, дополненное искусственным).

Гигиенические требования к освещению данных помещений показаны в таблице 8.1.5 согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [111].

Естественное освещение осуществляется боковым светом через окна. Искусственное освещение в помещениях должно осуществляться системой общего равномерного освещения. К общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов или предметов. В качестве источников света при искусственном освещении должны применяться преимущественно люминесцентные лампы типа ЛБ.

Таблица 8.1.5 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения в помещении лаборатории и помещении с ПЭВМ [111]

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО ϵ_n , %		КЕО ϵ_n , %		Освещенность, лк		
		верхнее или комбинированное	боковое	верхнее или комбинированное	боковое	комбинированное		общее
						всего	от общего	
Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ	Г-0,8 *	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400
	Экран монитора: В-1,2 *	-	-	-	-	-	-	200
Лаборатории	Г-0,8	4,0	1,5	2,4	0,9	600	400	500

Примечание: * Г – горизонтальная, В – вертикальная

2. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу

При подготовке проб твердого осадка снега к аналитическим исследованиям их химического состава, воздух рабочей зоны (лаборатории) загрязнен вредными для здоровья человека веществами (пыль, пары от реактивов).

По ГОСТ 12.1.005-88 все вредные вещества по степени воздействия на организм человека подразделяются на следующие классы [95]:

1 – чрезвычайно опасные (ПДК менее $0,1 \text{ мг/м}^3$), 2 – высокоопасные (ПДК $0,1$ до 1 мг/м^3), 3 – умеренно опасные (ПДК 1 до 10 мг/м^3), 4 – малоопасные (ПДК более 10 мг/м^3).

При подготовке проб твердого осадка снега для его изучения нейтронно-активационным методом используется спирт (ПДК 1000 мг/м^3).

Для предотвращения отравления организма человека вредными веществами все лабораторные работы должны производиться в вытяжных шкафах при включенной вентиляции. Скорость движения воздуха в вытяжном шкафу должна обеспечивать полное удаление вредных веществ. Хранение таких веществ должно исключать возможность их утечки. При необходимости,

в работе с такими веществами рабочий персонал должен пользоваться средствами защиты (противогаз, респиратор).

8.2. Анализ опасных факторов и мероприятия по их устранению

Опасный фактор рабочей среды - фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья, смерти. В зависимости от количественной характеристики и продолжительности действия отдельные вредные факторы рабочей среды могут стать опасными [110].

Полевой этап

1. Механические травмы при пересечении местности.

На открытой местности при проведении геоэкологических работ – в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска существует риск получения повреждений и травм. Повреждения могут быть разной степени тяжести: переломы рук и ног, различные растяжения, вывихи, ушибы, порезы и др. Во избежание различных повреждений необходимо строго соблюдать технику безопасности и индивидуальную безопасность жизнедеятельности, быть очень внимательными при проведении работ. Работникам необходимо иметь при себе аптечку с медикаментозными средствами (вата, бинт, жгут, медицинский спирт, зеленка, перекись водорода, анальгин, нашатырный спирт, альбucid, ношпа и др.).

Лабораторный и камеральный этапы

1. Поражение электрическим током

Источником электрического тока при проведении анализов на оборудовании, а также при работе на ЭВМ могут явиться перепады напряжения, высокое напряжение и вероятность замыкания человеком электрической цепи.

Проходя через организм человека, электрический ток оказывает: - термическое действие (ожоги, нагрев до высоких температур внутренних органов); электролитическое действие (разложение органических жидкостей тела и нарушение их состава); биологическое действие (раздражение и возбуждение живых тканей организма, что сопровождается непроизвольными

судорожными сокращениями мышц). Значение напряжения в электрической цепи должно удовлетворять ГОСТу 12.1.038-82 [97]. Напряжения прикосновения и токи, протекающие через тело человека при нормальном (неаварийном) режиме электроустановки, не должны превышать значений указанных в таблице 8.2.1.

Таблица 8.2.1 – Нормирование напряжения прикосновения и тока, [97]

Род тока	U, В	I, мА
Переменный 50 Гц	2,0	0,3
Переменный 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

По опасности поражения электрическим током помещения с ПЭВМ и лаборатория относятся к помещениям без повышенной опасности (согласно ПУЭ), т.к. в данных помещениях преобладают следующие условия: относительная влажность составляет 50-60%; температура воздуха в помещениях не превышает 35 °С; отсутствуют токопроводящие полы (полы деревянные) [109].

Защита от электрического тока подразделяется:

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

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

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

8.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайной ситуацией (ЧС) называют внешне неожиданную, внезапно возникшую обстановку, характеризующуюся резким нарушением установившегося процесса или явления и оказывающую значительное отрицательное воздействие на жизнедеятельность населения, функционирование экономики, социальную сферу, природную среду.

Безопасность в чрезвычайных ситуациях – это состояние защищенности населения, объектов экономики и окружающей среды от опасностей в чрезвычайных ситуациях.

Существуют следующие виды безопасности в ЧС: пожарная безопасность; промышленная безопасность; радиационная безопасность; биологическая безопасность; экологическая безопасность; химическая безопасность; сейсмическая безопасность.

Пожарная безопасность

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

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

К основным огнегасительным веществам относятся вода, химическая и воздушно-механическая пена, водяной пар, сухие порошки, инертные газы, галоидированные составы. Для первичных средств пожаротушения применяется песок, войлочные покрывала.

В здании для лабораторных исследований и камеральных работ имеются только порошковые огнетушители типа ОП-03.

8.4. Законодательное регулирование проектных решений

Правовой основой законодательства в области обеспечения БЖД является Конституция – основной закон государства [118].

Правовую основу обеспечения безопасности жизнедеятельности составляют соответствующие законы и постановления, принятые представительными органами Российской Федерации (до 1992 г. РСФСР) и входящих в нее республик, а также подзаконные акты.

Правовой основой обеспечения государственной безопасности является ряд федеральных законов о безопасности.

Обеспечение экологической безопасности на территории РФ, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на Федеральном законе «Об охране окружающей природной среды» в комплексе с мерами организационного, правового, экономического и воспитательного воздействия [122]. Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» определяет общие для РФ организационно-правовые нормы в области защиты граждан РФ, иностранных граждан и лиц без гражданства, находящихся на территории РФ, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах РФ или его части, объектов производственного и социального назначения, а также окружающей природной среды от ЧС природного и техногенного характера [119].

Правовое обеспечение безопасности жизнедеятельности на производстве включает законодательство о труде и охране труда [123, 124]. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» определяет правовые, экономические и социальные основы обеспечения безопасной эксплуатации опасных производственных объектов и направлен на предупреждение аварий на опасных производственных объектах и обеспечение готовности эксплуатирующих опасные производственные объекты юридических лиц и индивидуальных предпринимателей к локализации и ликвидации последствий указанных аварий. [120]. В федеральном законе о радиационной безопасности определяются правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья [121].

При разработке данного раздела учитывались необходимые нормы и требования законов Российской Федерации при работе в полевых условиях, в лаборатории и за персональным компьютером, а также требования трудового кодекса Российской Федерации.

Заключение

По итогам работы сделаны следующие выводы:

1. Динамика уровней пылевого загрязнения в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска показывает ежегодное снижение уровня пылевого загрязнения (с 2009 по 2016 год - в 4,5 раза). Значения пылевой нагрузки в период исследования соответствуют низкой степени загрязнения и неопасному уровню заболеваемости населения, проживающего на данной территории, однако все зафиксированные значения региональный фон ($7 \text{ мг}/(\text{м}^2 \cdot \text{сут})$) от 2 до 20 раз.

2. По пространственному распределению пылевого загрязнения территории г. Томска в 2007 и 2015 гг. можно отметить, что ореол повышенных значений пылевой нагрузки в окрестностях ГРЭС-2 г. Томска наблюдается как в 2007 так и в 2015 гг.

3. Значения пылевой нагрузки в пробах снега в окрестностях угольного склада ГРЭС-2 соответствуют низкой степени загрязнения территории и не превышают среднее значение по г. Томску, за исключением одной пробы отобранной в 100 м. от угольного склада (превышает среднегородское значение в 12 раз, соответствует высокой степени загрязнения).

4. Результаты гранулометрического анализа проб свидетельствуют о неоднородной размерности атмосферных частиц (размеры частиц от 10 мкм до 1,2 мм). Мелкодисперсная фракция (от 2 до 10 мкм) обнаружена в пробе, отобранной в 100 м от открытого склада угля Томской ГРЭС-2, а так же в пробе, отобранной на всю мощность снежного покрова в 0,7 км от труб ГРЭС-2. В остальных пробах преобладают менее опасные частицы размерами 400 мкм – 1,2 мм. Анализ гранулометрического состава проб свежеснежного покрова и проб, отобранных на всю мощность снежного покрова, показал, что более информативными являются пробы отобранные методом шурфа на всю мощность.

5. По результатам многолетнего изучения химического состава проб твердого осадка снега можно отметить, что для окрестностей ГРЭС-2 города Томска значения суммарного показателя загрязнения соответствуют средней

(64 - 128) и высокой (128-256) степени загрязнения территории на протяжении периода исследований (2009-2014гг). Суммарный показатель нагрузки на территорию соответствует средней степени загрязнения, причем среднее значение показателя снизилось в 2,5 с 2009 по 2014 год за счет снижения значений пылевой нагрузки. Наибольший вклад в суммарные показатели загрязнения и нагрузки вносят As, U, Ba, Yb, Tb, La, Ta, Sm, Ce, Lu, Na, Sr, Hg.

6. Распределение величины среднесуточного потока ряда элементов, характерных для окрестностей ГРЭС-2, из атмосферы на снежный покров по территории города образует ореол высоких значений в западной части Советского района, где расположена Томская ГРЭС-2 г., что согласуется с ранее проведенными исследованиями снежного покрова г. Томска в 2007 году [69, 86].

7. Анализ площадок снегогеохимической съемки г. Томска показал, что пространственное расположение очагов высоких значений среднесуточного потока элементов с 2007 по 2015 год практически не изменилось. В окрестностях ГРЭС-2 г. Томска можно отметить заметное сокращение площади ореолов повышенных значений среднесуточного потока к 2015 году, а так как значения содержания большинства элементов с годами осталось практически неизменным, данная закономерность подтверждает преобладание привноса данных элементов на снежный покров с пылевыми выбросами.

8. По результатам биотестирования определено, что пробы твердого осадка снега из окрестностей ГРЭС-2 г. Томска не оказывают токсического и мутагенного воздействия

Литература:

1. Азарова С.В., Язиков Е.Г., Ильинских Н.Н. Оценка экологической опасности отходов горно-добывающих предприятий Республики Хакасия с применением метода биотестирования // Известия томского политехнического университета. - 2004. - Т.307 - №4. - С.55-59
2. Азарова С.В. Отходы горно-добывающих предприятий и комплексная оценка их опасности для окружающей среды : на примере объектов Республики Хакасия : дис. ... канд. геолого-минерал. наук / Азарова С.В. - Томск, 2005. - 236 с.
3. Арбузов С.И. Редкие элементы в углях Кузнецкого бассейна / С.И. Арбузов, В.В. Ершов [и др.]. – Кемерово: Изд-во КПК, 2000. – 246 с.
4. Арбузов С.И. Геохимия редких элементов в углях Сибири / С.И. Арбузов, В.В. Ершов. – Томск: Изд. дом «Д-Принт». – 2007. – 468 с.
5. Артемьев, В.Г. Химические вещества в окружающей среде / В.Г. Артемьев. М.: Энергоатомиздат, 1990. - 238 с
6. Афромеев В.И., Нефедов Е.И., Протопопов А.А., Хадарцев А.А., Яшин А.А. Параметры информационного канала на продольных электромагнитных волнах // Вестник новых медицинских технологий.- 1996.- Т. III, | 4.- С. 31-32.
7. Афромеев В.И. Соотношение биологического, физического и математического в реализации лечебно-диагностического воздействия высокочастотных полей // Вестник медицинских технологий.- 1997.- Т.IV, | 1-2.- С. 16-22.
8. Афромеев В.И., Богданов В.П., Колондар Е.А. Субботина Т.И., Яшин А.А. Исследование воздействия на соматический кроссинговер *Drosophila melanogaster* как «биологический индикатор» высокочастотных полей различной физической природы // Вестник новых медицинских технологий. 1997. Т. 4, № 4. –С. 18-23.
9. Аэрозоли в природных планшетах Сибири / А.П. Бояркина, В.В. Байковский, Н.В. Васильев [и др.]. – Томск: Изд-во ТГУ, 1993. – 157 с.

10.Аэрозоли Сибири / [И.С. Андреева и др.]; отв. ред. К.П. Куценогий; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т химической кинетики и горения [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. – 548 с. – (Интеграционные проекты СО РАН; вып. 9).

11.Барабанова Л.В., Ковтун Е.В. Изучение мутагенных эффектов генетически модифицированной сои у дрозофилы и мыши // Экологическая генетика 2015; XIII (2): с. 136-141

12.Боднарук, М.М. Использование *Drosophila melanogaster* в качестве тест-объекта оперативной индикации мутагенного загрязнения атмосферы в промышленном городе: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук : 03.00.16 / М.М. Боднарук ; Волгогр. гос. пед. ун-т. - Волгоград, 1999. - 26 с. : ил. - Библиогр.: с. 25-26

13.Белоконь Е. М. Методические указания к определению мутагенной активности химических препаратов на дрозофиле. Львов : ЛГУ, 1984.26 с.

14.Беляев С.П., Бесчастнов С.П., Хомушку Г.М., Моршина Т.И., Шилина А.И. Некоторые закономерности загрязнения природной среды продуктами сгорания каменного угля на примере г. Кызыла // Метеорология и гидрология. 1997, № 12. С. 54–63

15.Бордон С. В. Формирование геохимических аномалий в снежном покрове урбанизированных территорий // Літасфера. 1996. № 5. С. 172–177.

16.Бортникова С.Б., Рапута В.Ф., Девятова А.Ю. и др. Методы анализа данных загрязнения снегового покрова в зонах влияния промышленных предприятий (на примере г. Новосибирск) // Геоэкология. 2009. № 6. С. 515-525.

17.Бретшнайдер Б., Курфюст И. Охрана воздушного бассейна от загрязнений // Технология и контроль. Л.: Химия, 1989. 288с.

18.Василенко В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова / В.Н. Василенко, И.М. Назаров, Ш.Д. Фридман. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 185 с.

19.Ватги К.В., Тихомирова М.М. Спонтанные и индуцированные радиацией доминантные летальные мутации у самок и самцов дрозофилы // Исследования по генетике. Л.: Изд-во ЛГУ, 1976. - Вып. 6. - С. 32-43.

20.Гвоздев В.А., Кайданов Л.З. Геномная изменчивость, обусловленная транспозициями мобильных элементов, и приспособленность особей *Drosophila melanogaster* Н Журн. общ. биол., 1986. Т. 47, № 1. - С. 51-56.

21.Геологическое строение области сопряжения Кузнецкого Алатау и Колывань-Томской складчатой зоны / В.А. Врублевский, М.П. Нагорский, А.Ф. Рубцов [и др.]. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 1987. – 96 с.

22.Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др.. – М.: Недра, 1990. – 335 с

23.Геохимия снегового покрова в условиях городской среды / А.В. Воронцова, Е.М. Нестеров // Известия Российского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена. Серия Естественные и точные науки. – СПб. – 2012. – N 147. – С. 125-132.

24.Голохваст К.С. Нано- и микроразмерные частицы атмосферных взвесей и их экологический эффект (на примере городов юга Дальнего Востока: дис. ... д-ра биол. наук. – Владивосток, 2014. – 310 с

25.Григорьев Н.А. Распределение химических элементов в верхней части континентальной коры. Екатеринбург: УрО РАН, 2009. 382 с.

26.Гришанцева Е.С., Сафронова Н.С., Кирпичникова Н.В. Влияние атмосферных выбросов Конаковской ГРЭС на состояние снегового покрова района Ивановского водохранилища // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2012, №2.С. 135-142.

27.Гурьев А.М., Белоусов М.В., Ахмеджанов Р.Р. [и др.] Исследование мутагенных свойств водорастворимых полисахаридов аира болотного // Экспериментальная и клиническая фармакология. 2010. Т. 73, № 8. С. 43–45

28.Давыдова Н.Д. Технология трансформации топогеосистем при воздействии пылегазовых эмиссий // Автореф. дис. ...д-ра геогр. наук. Иркутск: институт географии СО РАН, 2001. 55с.

29.Добровольский, В. В. Основы биогеохимии: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В. В. Добровольский. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 400 с.

30.Дончева А.В., Казакова Л.К. и др. Ландшафтная индикация загрязнения природной среды. – М.: Экология, 1991. С. 96-105

31.Дорн, О.Ю. Комплексная клинико-лабораторная оценка риска развития гастропатий у рабочих пылеопасных профессий / О.Ю. Дорн, А.В. Ефремов, С.А. Песков, Е.Л. Потеряева, А.Б. Масленников // Бюллетень СО РАМН. – 2008. – Вып. 1 (129). – С. 106–111.

32.Ершов Г.Л. Оценка степени загрязнения снега вблизи автодорог с интенсивным движением автотранспорта / Г.Л. Ершов, Р.Г. Парасич // Вестник Омского государственного педагогического университета. – 2006. – №41. – 5 с.

33.Жорняк Л.В. Биотестирование почвогрунтов как индикатор экологического состояния территорий промышленных предприятий / Л.В. Жорняк, Е.Г. Язиков // Актуальные проблемы геохимической экологии: Материалы V Международной биогеохимической школы, Семипалатинский государственный педагогический институт, 8-11 сентября 2005 г. - Семипалатинск, 2005. - С. 433-437

34.Жорняк, Л. В. Эколого-геохимическая оценка территории г. Томска по данным изучения почв : автореф. дис.: ... канд. геол.–мин. наук : 25.00.36 / Жорняк Лина Владимировна. – Томск, 2009. – 24 с.

35.Захаренко Л.П., Захаров И.К. Оценка мутагенности химических соединений, физических факторов и неидентифицированных компонентов загрязнения окружающей среды методом соматических мозаиков на клетках крыла *Drosophila melanogaster* // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016;20(1):72-77.

36.Зацепина О.В. Оценка генетической безопасности питьевых вод, полученных неконтактной электрохимической активацией: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Самар. гос. мед. ун-т. - М., 2015. - 27 с.

37.Зацепина О.В., Ингель Ф. И., Стехин А.А., Яковлева Г.В., Савостикова О.Н., Алексеева А.В., Иксанова Т.И. Изменение физико-химических параметров питьевой воды путем мембранной электрохимической активации

влечет за собой возникновение эффектов нестабильности генома *in vitro* и *in vivo* // Известия Самарского научного центра РАН. 2013. №3-6 С.1783-1790.

38.Иванов, В. В. Экологическая геохимия элементов: Справочник в 6 кн.: Кн. 5: Редкие d-элементы / В. В. Иванов, под ред. Э. К. Буренкова. – М.: Экология, 1997. – 576 с.

39.Иващенко Н.И., Гришаева Т.М., Богданов Ю.Ф. Влияние у-облучения на гениальные клетки *Drosophila melanogaster* в разных условиях гибридного дисгенеза // Генетика, 1990. Т. 26, № 11. с. 1969-1979.

40.Исследование методом соматической рекомбинации дрозофил, подвергшихся воздействию продольных электромагнитных волн / В.П. Богданов, В.В. Воронов, Р.А. Сидоров, А.А. Яшин // Вестник новых мед. технологий. - 1995. - Т.2, N 3-4. - С.6-9.

41.Касимов, Н. С. Геохимия снежного покрова в Восточном округе Москвы / Н. С. Касимов, Н. Е. Кошелева, Д. В. Власов и др. // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2012. – № 4. – С. 14–24.2

42.Кацнельсон, Б.А. Пневмокониозы: патогенез и биологическая профилактика / Б.А. Кацнельсон, О.Г. Алексеева, Л.И. Привалова, Е.В. Ползик. - Екатеринбург, 1995. - 326 с.

43.Кизильштейн Л.Я. Экогеохимия элементов-примесей в углях. Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. 295 с.

44.Кизильштейн Л.Я., Дубов Н.В., Шпицглюз А.Л., Парада С.Г. Компоненты зол и шлаков ТЭС. М.: Энерго-атомиздат, 1995. 176 с.

45.Кислотно-щелочные характеристики снежного покрова территории России / В. Н. Василенко [и др.] // Метеорология и гидрология. - 2007. - N 4. - С. 100-104

46.Крюков, В.И. Генетический мониторинг антропогенного загрязнения окружающей среды : дис... доктора биол. наук : 05.13.09 : защищена 19.05.2000 : утв. 08.09.2000 / Крюков Владимир Иванович. - Тула, ТулГУ, 2000. - 506 с.

47.Летувнинкас А.И. Геохимические аспекты формирования техногенного загрязнения территории города // Геоэкологические проблемы

урбанизированных территорий: тр. Междун. научн. конф., Томск / Томский госуд. арх.-строит. ун-т – Томск, 1999. – С. 58–59.

48.Летувнинкас А.И. Антропогенные геохимические аномалии и природная среда: Учебное пособие / А.И. Летувнинкас; Томский гос. ун-т. – Томск: Изд-во НТЛ, 2002. – 290 с.

49.Лобашев М.Е. Генетика. - Л., ЛГУ, 1967. - С.268-271.

50.Малахов С.Г., Махонько Э.П. Выброс токсичных металлов в атмосферу и их накопление в поверхностном слое Земли// Успехи химии. 1990.Т.59. Вып.11. С. 1777-1798.

51.Мананков А. В., Кара-Сал И. Д. Эколого-геохимическое состояние снежного покрова города Кызыл (Республика Тыва) // Вестник Тувинского государственного университета. - 2013. - Вып. 3. - С. 122-129.

52.Маркова, Ю. Л. Оценка воздействия промышленности и транспорта на экосистему национального парка «Лосиный остров» : автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук : 25.00.09 / Маркова Юлия Леонидовна. – Москва, 2003. – 24 с.

53.Матвеев Т. И., Молчанова М. А., Теренина И. Б. Тяжелые металлы в почвенном покрове зоны влияния ТЭЦ-3 [Хабаровск] // Вестн. Тихоокеан. гос. ун-та. - 2008. - № 1. - С. 223-230

54.Медведев Н.Н. Практическая генетика. М.: Наука, 1968. – 136 с.

55.Неупокоева О.В., Лопатина К.А., Воронова О.Л., Сафонова Е.А., Зуева Е.П., Чурин А.А. Изучение мутагенных свойств $\alpha(1,2)$ -l-рамно- α -галактопиранозилуронана *Ascorus calamus* L. //Тихоокеанский медицинский журнал. 2015. Т. 60, № 2. С. 22-23.

56.Оценка загрязнения тяжелыми металлами почв и снегового покрова водоохранных зон озер и малых рек Нижнего Новгорода [Текст] / М.В. Сидоренко, В.П. Юнина // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. - 2010. - № 5, ч. 1. - С. 110-114.

57.Рихтер Г.Д. Роль снежного покрова в физико – географическом процессе / Г.Д. Рихтер. – Л. .: Гидрометеиздат, 1989. – 189 с.

58.Роговенко Е.С., Блинникова Н.В., Шубин А.А., Бондарева Л.Г. Экологический контроль антропогенного загрязнения снегового покрова одного из промышленных районов г. Красноярска // Ж. Сиб. федерального ун-та. Химия. 2010. Т. 3, № 4. С. 387–394.

59.Савватеева О.А., Алексеева Л.И., Каманина И.З., Каплина С.П. Оценка загрязнения территории городского поселения от источников антропогенного воздействия на основе химического анализа снежного покрова на примере Дубны // Современные проблемы науки и образования. – 2007. – № 5 – С. 115-123

60.Санина Н.Б., Чернов А.Ю., Пройдакова О.А., Арсентьева А.Г. Распределение и баланс токсичных металлов в природно-техногенных системах топливно-энергетических комплексов Прибайкалья // Геоэкология.2002.№2.С.145-155.

61.Санина Н. Б., Ланкин Ю. К., Матвеева И. В. Эколого-геохимическая обстановка окрестностей Усть-Илимской ТЭЦ (Иркутская обл.) // Геоэкология. 2007. - № 2. С. . 124-136.

62.Сарнаев, С. И. Оценка экологической обстановки в г. Северске по результатам геохимического исследования природных сред / С. И. Сарнаев, Л. П. Рихванов, А. Л. Мерзляков // Природокомплекс Томской области. Том 1. Геология и экология, Томск.: Изд. ТГУ. – 1995. – С. 224 – 231.

63.Сафонов П.П., Зарубина Н.В. Золоотвалы теплоэнергетических комплексов как возможные источники негативного влияния на среду обитания человека // Геохимия ландшафтов, палеоэкология человека и этногенез: Тез. междунар. симп. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СОРАН, 1999. С. 198-199.

64.Семина Т.А. Геохимические особенности снегового покрова г. Томска и его окрестностей / Т.А. Семина, А.О. Иванов // Проблемы поисковой и экологической геохимии Сибири: Мат. науч. конф., посвященной 100-летию проф. Томского политехнического университета П.А. Удодова. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – С. 114–117.

65.Сидорская, В.А. Разработка новых тест-систем *Drosophila melanogaster* для оценки отрицательных последствий загрязнения окружающей среды: дис. ...канд. биол. наук / В.А. Сидорская; Брянский государственный педагогический университет. - Брянск, 2000. - 17 с.

66.Сидорская В.А. Изучение токсических эффектов мутагенов прямого и косвенного действия на линиях *drosophila melanogaster* со совмещёнными маркерами // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2014. №3-1.

67.Сидорская В.А., Опарина С.А., Кончина Т.А. Индуцированный соматический мозаицизм у некоторых линий *Drosophila melanogaster* // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. №1-1.

68.Снежный покров как индикатор состояния атмосферного воздуха в системе санитарно-экологического мониторинга Сергеева А.Г., Куимова Н.Г. Бюллетень физиологии и патологии дыхания. 2011. № 40. С. 100-104

69.Таловская А. В. Оценка эколого-геохимического состояния районов г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей : дис. ... канд. геол.-мин. наук : 25.00.36 / Таловская Анна Валерьевна. – Томск, 2008. – 185 с.

70.Таловская А.В., Рапута В.Ф., Филимоненко Е.А., Язиков Е.Г. Экспериментальные и численные исследования длительного загрязнения снегового покрова ураном и торием в окрестностях теплоэлектростанции (на примере Томской ГРЭС-2). // Оптика атмосферы и океана. 2013. Т. 26. № 08. С. 642-646.

71.Таловская А.В., Филимоненко Е.А., Язиков Е.Г. Динамика загрязнения в окрестностях предприятия теплоэнергетики на основе химического анализа снегового покрова (на примере ГРЭС-2 г. Томск) // Сергеевские чтения. Вып. 16. Москва: РУДН, 2014. - С. 491-496.

72.Таловская А. В. , Филимоненко Е. А. , Язиков Е. Г. , Ильенок С. С. Химические элементы и техногенные образования в пылевых аэрозольных выпадениях в окрестностях предприятий строительной индустрии и объектов теплоэнергетики (на примере г. Томска) // Биогеохимия химических элементов

и соединений в природных средах: материалы Международной школы-семинара молодых исследователей, Тюмень, 13-16 Мая 2014. - Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2014 - С. 294-300.

73.Тарасова К.А., Батлуцкая И.В., Изменение частоты доминантных мутаций у дрозофилы под воздействием некоторых продуктов биохимического производства Вестник Омского университета. – 2013. – №4. – С.187-190.

74.Титаева Н.А., Сафонова Н.С., Шапелева Е.С. и др. Геохимические исследования загрязнения почвенного покрова выбросами Рязанской теплоэлектростанции // Геоэкология. 1999. №3. С. 203-210.

75.Трофимов В., Королёв В., Герасимова А. Классификация техногенных воздействий на геологическую среду // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. — 1995. — № 5. — С. 96–107

76.Филимоненко Е.А. Эколого-геохимическая обстановка в районах расположения объектов теплоэнергетики по данным изучения нерастворимой и растворимой фаз снега (на примере Томской области) : дис. ... канд. геол.-мин. наук : 25.00.36 / Филимоненко Екатерина анатольевна. – Томск, 2015. – 152 с.

77.Шатилов А.Ю. Вещественный состав и геохимическая характеристика атмосферных выпадений на территории Обского бассейна: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Томск, 2001. – 24 с.

78.Щербак Г.Г. Современные проблемы инженерной геологии г. Томска и пути их решения // Обской вестник. – Новосибирск, 1999. – С.37–32.

79.Экогеохимия городских ландшафтов / Под ред. Н.С. Касимова. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1995. 336 с.

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

81.Экологический контроль антропогенного загрязнения снегового покрова одного из промышленных районов г. Красноярска / Е.С. Роговенко, Н.В. Блинникова, А.А. Шубин, Л.Г. Бондарева // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. - 2010. - Т. 3, № 4. - С. 387-394.

82.Экологический мониторинг: Доклад о состоянии и охране окружающей среды Томской области / ред. А. М. Адам; Департамент природных ресурсов и охраны окружающей среды Томской области, ОГБУ «Облкомприрода». – Томск: Дельтаплан, 2014. – 194 с.

83.Юнге Х. Химический состав и радиоактивность атмосферы. – М.: Мир, 1965. – 424 с.

84.Юшкова Е.А. Влияние хронического облучения в малых дозах на динамику изменчивости экспериментальных популяций *Drosophila melanogaster*, отличающихся по содержанию мобильных Р-элементов: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. биол. наук специальность 03.00.01 Радиобиология Юшкова Елена Александровна; [Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова]. - Москва. - 2008. - 22 с.

85.Язиков Е.Г. Экогеохимия урбанизированных территорий юга Западной Сибири: Дис. ... докт. геол.-минерал. наук: 25.00.36 / Язиков Егор Григорьевич; Том. политехн. ун-т. – Томск, 2006. – 423 с.

86.Язиков Е.Г. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв: монография / Е.Г. Язиков, А.В. Таловская, Л.В. Жорняк; Томского политехнического университета, 2010. – 264 с.

87.Евсеева, Н. С. География Томской области / Н. С. Евсеева. – Томск: Изд-во ТГУ, 2001. – 233 с.

88.Engelhard C., De Toffol S., Lek I. et al. Environmental impacts of urban snow management — The alpine case study of Innsbruck // Sci. of Tot. Environ. 2007. Vol. 382. Iss. 2—3. P. 286—294.

89.Gaffney J S and Marley N A 2009 The impacts of combustion emissions on air quality and climate – From coal to biofuels and beyond Atmos. Environ. 43 23-36

90.Particle size and shape measurement using image analysis // Surfaceanalysis URL:http://www.surfaceanalysis.ru/surface/categors/1f/74/content_128015234686.pdf (дата обращения: 13.03.16).

91.Wikimapia // Географическая он-лайн энциклопедия.

URL:<http://wikimaria.org/>. (дата обращения: 12.10.13)

Нормативные документы

92.ГОСТ 12.0.003–99.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

93.ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности

94.ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

95.ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).

96.ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. - М.: Издательство стандартов, 2006

97.ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов

98.ГОСТ 29335-92. Костюмы мужские для защиты от пониженных температур. Технические условия

99.ГОСТ 29338-92. Костюмы женские для защиты от пониженных температур. Технические условия

100. ГОСТ 30494-96. Межгосударственный стандарт //Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях от 1999-03-01

101. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 111 с.

102. Методические рекомендации по оценке мутагенных свойств фармакологических средств. Министерство здравоохранения РФ. Российский государственный центр экспертизы лекарств. Фармакологический государственный комитет. – Москва, 1994.

103. Методические рекомендации по оценке мутагенных свойств лекарственных средств // Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая. М., 2013. С. 94–114.

104. Методические рекомендации по применению соматического мутагенеза у *Drosophila melanogaster* в качестве тест-системы для ускоренного определения канцерогенов.- М.: МЗ СССР, 1982.

105. МР 2.2.7.2129-06. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях

106. МР 2.2.8.2127-06 Гигиенические требования к теплоизоляции комплекта средств индивидуальной защиты от холода в различных климатических регионах и методы ее оценки

107. Постановление Минтруда России от 25.12.1997 N 66 (ред. от 05.05.2012) "Об утверждении Типовых отраслевых норм бесплатной выдачи работникам специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты"

108. Пат. 2229737 Россия, МПК7 G 01 V 9/00. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами / Языков Е.Г., Шатилов А.Ю., Таловская А.В.; заявитель и патентообладатель. Томский политехн. ун-т. – № 2002127851; заявл. 17.10.2002; опубл. 27.05.2004.

109. ПУЭ Правила устройства электроустановок. Раздел 1. Общие требования. 7-е изд. Утв. Приказом Минэнерго России От 08.07.2002 № 204

110. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда

111. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.

112. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

113. СанПиН 2.2.4.1294-03. Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений. – М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2003.

114. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.2.М.;

ВИЭМС, 1993.-245с.

115. Сборник сметных норм на геологоразведочные работы. ССН. Вып.7.М.; ВИЭМС, 1993.-481с.

116. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений.

117. Закон РФ от 5 марта 1992 г. N 2446-І "О безопасности"

118. Российская Федерация. Конституция (1993). Конституция Российской Федерации [Текст]: принята всенар. голосованием 12.12.1993 г. / Российская Федерация. Конституция (1993). — М. : АСТ : Астрель, 2007. — 63 с.

119. Федеральный закон от 21.12.1994 N 68-ФЗ (ред. от 02.05.2015) "О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера" (21 декабря 1994 г.)

120. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 31.12.2014) "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (21 июля 1997 г.)

121. Федеральный закон от 09.01.1996 N 3-ФЗ (ред. от 19.07.2011) "О радиационной безопасности населения" (09 января 1996 г.)

122. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 24.11.2014, с изм. от 29.12.2014) "Об охране окружающей среды" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2015) (10 января 2002 г.)

123. Федеральный закон от 17.07.1999 N 181-ФЗ (ред. от 09.05.2005, с изм. от 26.12.2005) "Об основах охраны труда в Российской Федерации" (17 июля 1999 г.)

124. Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 06.04.2015, с изм. от 02.05.2015) (30 декабря 2001 г.)

Приложение А

Раздел 3

Методы исследования проб снежного покрова Research methods of snow samples

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Самохина Наталья Павловна		6.06.16

Консультант кафедры ГЭГХ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ГЭГХ	Межибор Антонина Михайловна	Кандидат геолого-минералогических наук, доцент		7.06.2016

Консультант – лингвист кафедры ИЯ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИЯ	Матвеевко Ирина Алексеевна	Доктор филологических наук, доцент		4.06.16

3. Research methods of snow samples

3.1 Sampling, sample preparation

During the period from 2009 to 2016 sampling was conducted using a vector network in the northeastern and north direction (mainly southern and south-western winds) in the vicinity of Tomsk GRES-2. (Fig 3.1.1).

The total number of samples was 50.

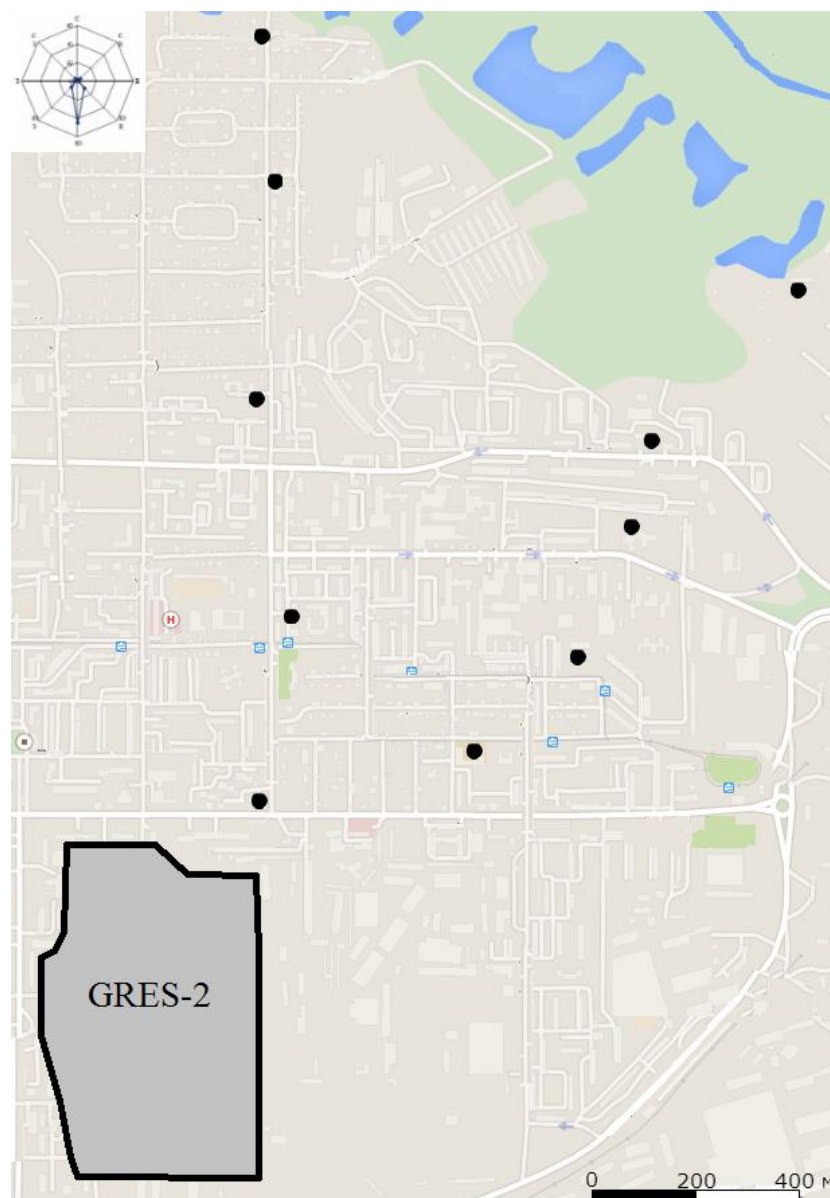


Fig 3.1.1 – The scheme of snow sampling sites in the vicinity of Tomsk GRES-2, 2009 - 2016

In 2015 in the vicinity of coal depot point sampling was conducted (Fig 3.1.2). The total number of samples was 7.

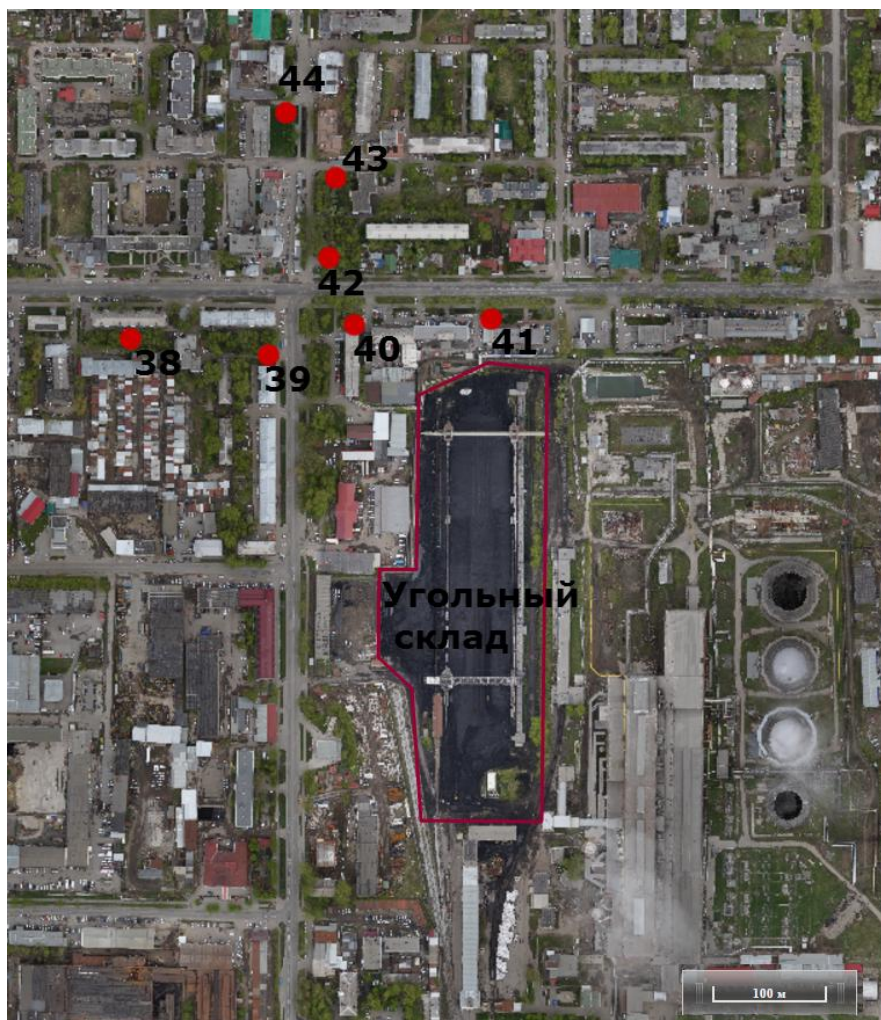


Fig 3.1.2 – The scheme of snow sampling sites in the vicinity of coal depot, 2015

In February 2015 in the Tomsk areal selected snow samples were collected (Fig. 3.1.3). Sampling was conducted over the network at intervals of 600-900 m considering of city constructions and previous research [11, 14]. The total number of samples was 84.

To compare the contents of chemical elements in the test samples the data from the regional (480 km far from Tomsk, according A.Y. Schatiloff [9] as amended E.G. Yazikov [14, 15]) and local (Observatory «Fonovaya», 70 km far from Tomsk (Fig 3.1.3)) background sites were used.



Fig. 3.1.3 – Scheme of sampling points on the territory of Tomsk, 2015

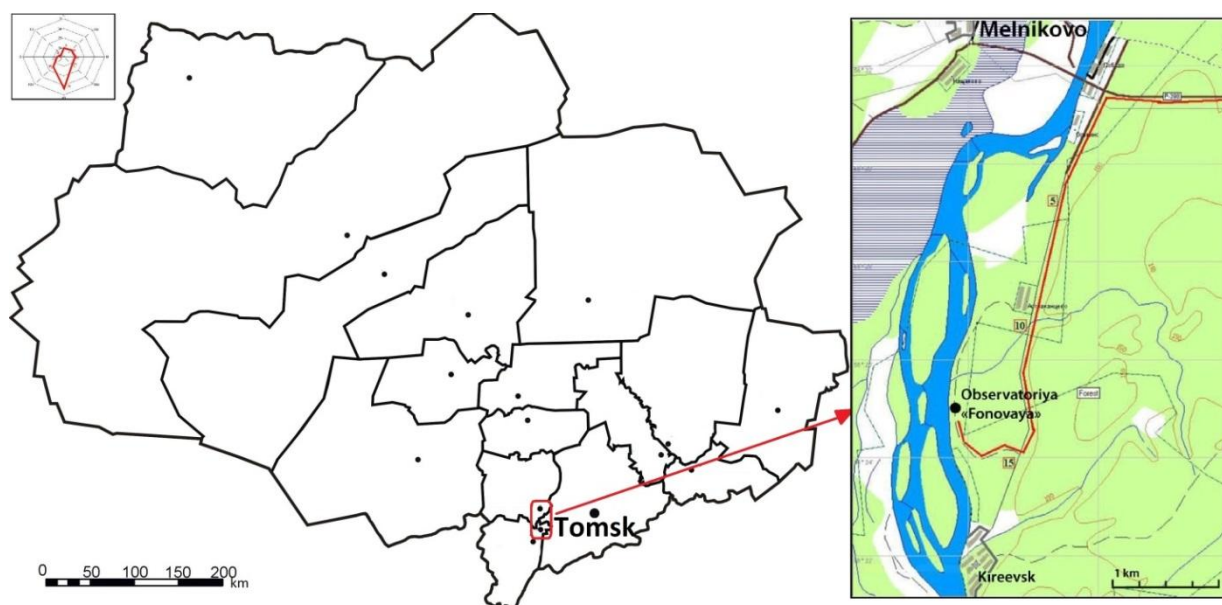


Fig 3.1.3 – Location of the local background area (Observatory «Fonovaya», 70 km far from Tomsk)

Collection, preparation, and analysis of samples were performed according to methodical recommendations taken from V.N. Vasilenko's [13] and I.M. Nazarov's [6] manuals and the long-term experience of the workers of Geoecology and Geochemistry Department (TPU) [9, 15].

Snow sampling is carried out by pit method for the whole thickness of snow cover, except for 5 sm layer over soil, measuring sides and depth of the pit. The pit sides and depths are measured. Sampling site, sampling date, sampling depth and sampling size are logged. The weight of every sample is about 15-18 kg.

Sample preparation starts with snow melting, and then includes the following actions: filtration, drying, dressing, weighing, and abrasion (Fig. 3.1.4).

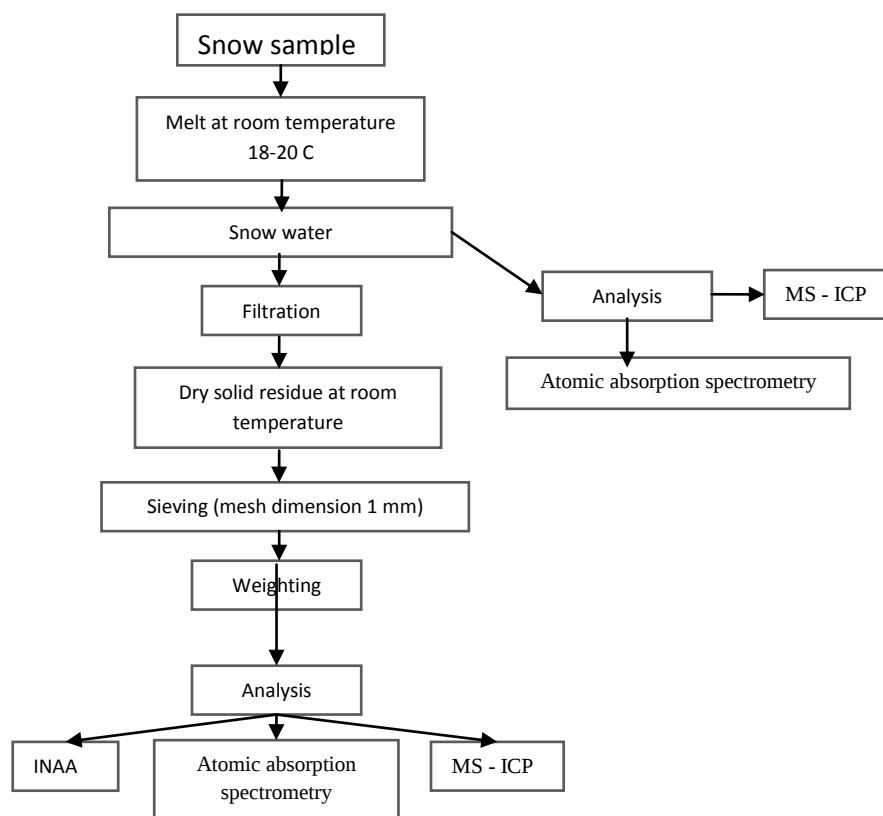


Fig. 3.1.4 - The scheme of preparation and study of snow sample

Melting water is filtered, in the process of which the insoluble phase on ash-free filter and melting water are produced. Insoluble phase is isolated by means of ash-free filter and dried out. Dried samples are sieved through the bolt with the size

of mesh 1 mm to remove the impurities and are weighed. Object of research was snow solid residue and snow water.

3.2 Analytical ensuring researches

Laboratory and analytical researches were conducted with application of modern methods of the analysis in the accredited scientific laboratories of educational center «Uranium geology» at Tomsk Polytechnic University and analytical laboratory - Chemical Analytical Center "Plasma" Tomsk, Research and Education Center Nanotechnology of Engineering School FEFU Vladivostok

Laboratories of educational center «Uranium geology» at Tomsk Polytechnic University:

1. Scientific laboratory trace-element analysis (Consultants: Associate Professor of Geoecology and Geochemistry Department N.A. Osipova, assistant E.A. Filimonenko).

1.1. The mercury content in the snow water was determined by atomic absorption method "cold vapor" on the mercury analyzer RA-915⁺ with the prefix RP-91 according to the procedure PND F 14.1:2:4.243-07. The total number of samples is 30.

The was first proposed by Poluektov and co-workers in 1963 [8]. However the most popular method is that usually credited to Hatch and Ott published in 1968 [2]. The cold vapor technique is the only EPA approved method for determining mercury at this level [12].

1.2. The mercury content in the solid residue of snow was determined by flameless atomic absorption instrument on "RA-915 + "with pyrolytic prefix "PYRO-915" using the software package RA915R (PND F 16.1:2.23-2000). The total number of samples - 30.

2. Nuclear and geochemical laboratory of Geoecology and Geochemistry Department of Tomsk polytechnic university. Analysts: A.F.Sudyko and

L.V.Bogutskaya. Area of expansion of accreditation, according to POCC RU №0001.511901 certificate.

Instrumental Neutron Activation Analysis (INAA). The method allows for definition of the contents (concentration, mg/kg) 28 of the chemical elements: heavy metals, rare, rare-earth, radioactive elements, macrocomponents, precious metals (Ca, Na, Fe, As, Zn, Nd, Cr, Co, Sb, Br, Ba, Rb, Cs, Sr, Hf, Ta, Sc, Tb, Sm, Eu, La, Ce, Yb, Lu, U, Th, Au, Ag). The total number of samples - 30.

Unlike most analytical techniques INAA requires no chemical processing of the samples, therefore, it is described as Instrumental NAA rather than radiochemical NAA. This characteristic has several advantages:

1. Rapid, i.e., less labor required to prepare samples.
2. Precludes the possibility of contaminating the samples.

INAA is based on registration of the radioactive radionuclides which are forming at radiation of studied tests by a stream of neutrons. Radiation carried out thermal neutrons with an integrated dose $(2-8) \times 10^{17} \text{ n/cm}^2$ on the IRT-T research reactor of research institute of nuclear physics at Tomsk polytechnic.

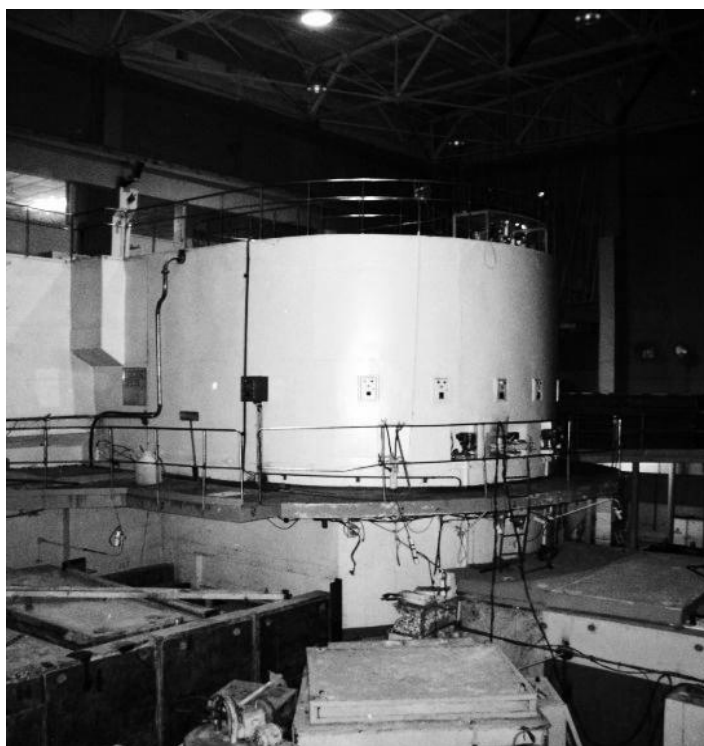


Fig. 3.2.1 - The IRT-T research reactor of scientific research institute of nuclear physics at Tomsk Polytechnic University

INAA has some advantages:

- This procedure provides possibility of the analysis of small shot (100-400 mg).
- For the analysis of aerosols 100 mg are enough.
- It provides quantitative definitions of many elements from one shot;
- It practically excludes dependence of results of definitions on chemical properties of elements.
- It allows analyzing many elements simultaneously.
- Accuracy is controlled by use of standard materials; i.e. the intensity of signal from unknown material is compared to that of a sample with known concentrations.

But at the same time there is a disadvantage of the method:

- there is a need for a rooms to cool the irradiated sample and for performance of radiochemical and measuring operations.
- there is a need to access to nuclear reactor and gamma ray detectors.
- the operations should be only with low level radioactivity.
- it is good for some specific elements, but probably not all that may be of interest.

Analytical laboratory - Chemical Analytical Center "Plasma" Tomsk

Accreditation certificate ROSS RU № 0001.516895 on 21 May 2008, valid until March 25, 2016 (Research Engineer Filipas TA)

The content of the chemical elements 65 (Li, Be, B, Na, Mg, Al, Si, P, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, As, Se, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, In, Sn, Sb, Te, I, Cs, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Hf, Ta, W, Re, Au, Tl, Pb, Bi, Th, U) in the solid sediment samples snow (5 samples) and snow water (5 samples) were identified by mass spectrometry with inductively coupled plasma (MS-ICP). Total number of samples - 10.

Inductively coupled plasma-mass spectrometry (ICP-MS) is a powerful tool for analyzing [10]

An inductively coupled plasma (ICP) is a type of plasma source in which the energy is supplied by electric currents which are produced by electromagnetic induction, that is, by time-varying magnetic fields [4].

Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry was commercially introduced in 1983 and has gained general acceptance in many types of laboratories. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry is an analytical technique used for elemental determinations¹. The resulting instrument is capable of identifying trace multielement analysis, often at the part per trillion levels. ICP-MS has been used widely over the years, finding applications in a number of different fields including drinking water, wastewater, natural water systems/hydrogeology, geology and soil science, mining/metallurgy, food sciences [5].

Research and Education Center Nanotechnology of Engineering school FEFU Vladivostok, consultants - Golokhvast K.S., Chaika V.V., Zakharenko A.M.

Granulometric composition of snow samples was measured with a laser particle analyzer Fritsch Analysette Nanotec 22 plus, Malvern Morphologi G3-ID (Fig. 3.2.2).



Fig. 3.2.2 – Devices for determination of granulometric composition the samples: a) laser particle size analyzer Fritsch Analysette Nanotec 22 plus, b) size and particle shape analyzer Malvern Morphologi G3-ID

Laser granulometry offers rapid and accurate sizing of particles in the range 0.04–2000 μm for a variety of sample types, including soils, unconsolidated sediments, dusts, powders and other particulate materials [3].

Particle size and shape measurement using image analysis

What is particle size? Describing a 3D particle is often a more complex matter than it first appears. For practicality or ‘management purposes’ it is convenient to describe particle size as one single number. However, unless the particle is a perfect sphere (which is rare in ‘real-world’ samples), there are many ways to describe the size of a particle. This is the basic challenge of particle size analysis – how do we describe a 3-dimensional object with one number only?

Image analysis captures a 2-dimensional image of the 3D particle and calculates various size and shape parameters from this 2D image. One of the principle diameters calculated is CE diameter (Circle Equivalent diameter) which is the diameter of a circle with the same area as the 2D image of the particle. Of course different shaped particles will have an influence on this CE diameter but, importantly, it is a single number that gets larger or smaller as the particle does and it is objective and repeatable.

CE diameter The 3D image of the particle is captured as a 2D image and converted to a circle of equivalent area to the 2D image. The diameter of this circle is then reported as the CE diameter of that particle (Fig.3.2.3).

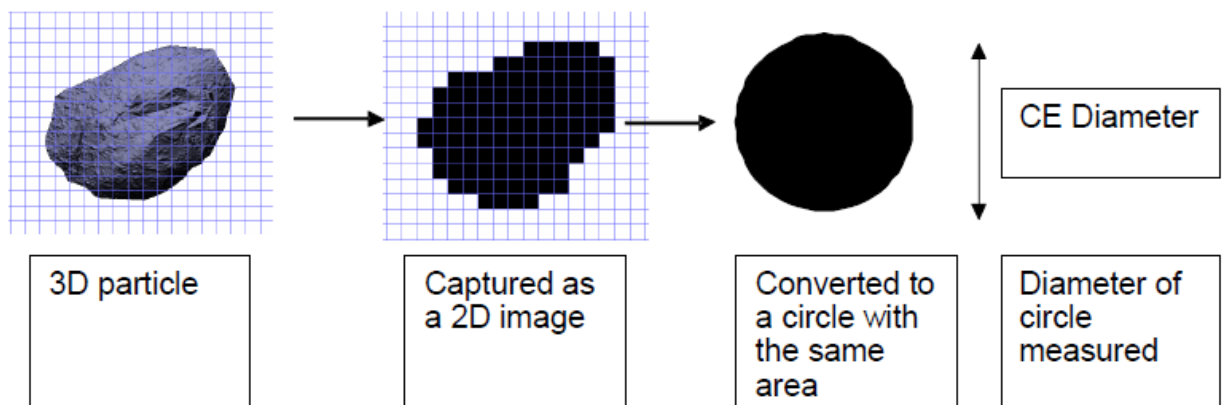


Fig. 3.2.3 – Calculation of CE diameter [7]

Of course a single value from one particle is unlikely to be the much sought-after “single number for management purposes”. It is unlikely to be statistically significant as the single value depends upon which individual particle is chosen. A number of particles which are representative of your sample as a whole have to be measured and statistical parameters generated.

A more appropriate single characterization number would be the mean of all the CE diameters for example. Once a distribution is generated, all statistical parameters such as mean, median, mode, standard deviation, D10, D90 percentiles etc can be easily calculated.

Many real-world samples are broadly shaped like a “Normal” or “Gaussian” distribution. This allows us to apply statistical methods in order to evaluate confidence parameters and make recommendations on the minimum number of particles to analyze to achieve a reasonable level of statistical significance.

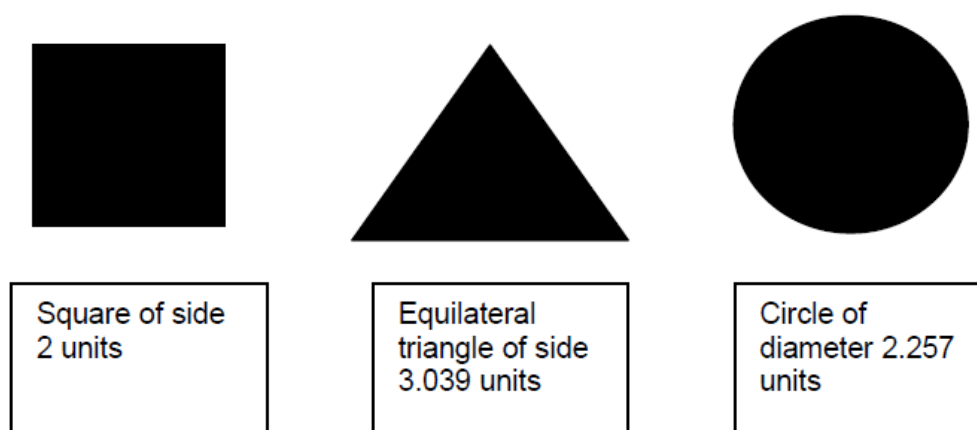


Fig. 3.2.4 – Different shapes of identical CE diameter [7]

What is particle shape and why is it important? If describing a 3D particle size is complex then quantifying shape is even more complicated! There are an almost infinite number of ways to describe a complex shape and in doing so we seem to be deviating from our stated objective of reducing a sample to one quantifiable number.

Measuring size alone is sometimes insufficiently sensitive to identify important but subtle differences between samples. Some batches of samples may differ by such a small amount that this difference is lost during the translation to a circle equivalent or spherical-equivalent diameter. For example consider the 3 shapes below.

All these 3 shapes have the same area = 4 square units. When they are converted to a circle equivalent diameter they give the same result – a circle equivalent diameter of 2.257 units.

This highlights the main disadvantage of measuring size only – very different shaped samples could be characterized as identical simply because they have similar

projected 2D areas. Particle shape often has a significant influence on final product performance parameters such as flow ability, abrasive efficiency, bioavailability etc so some way of characterizing shape is required.

Three shape factors commonly used to measure a shape – circularity, convexity and elongation. One measure of shape is to quantify the ‘closeness’ to a perfect circle. For this we use the parameter Circularity which is defined as follows:

$$\text{Circularity} = 4\pi A / P^2,$$

where A is the particle area and P is its perimeter.

Circularity is a ratio of the perimeter of a circle with the same area as the particle divided by the perimeter of the actual particle image. There are alternative definitions of Circularity but the definition shown above has a squared term in the numerator and denominator in order to sensitize the parameter to even the most subtle variations in the area-perimeter relationship. For this we refer to this parameter more accurately as HS Circularity (for High Sensitivity).

Circularity has values in the range 0- 1. A perfect circle has a circularity of 1 while a very ‘spiky’ or irregular object has a circularity value closer to 0. Circularity is sensitive to both overall form and surface roughness. Study the shapes below – notice how circularity is affected by both overall form and symmetry, and surface roughness. Circularity is a good measure of what, in human terms, we could describe as “deviation from a perfect circle”. However it is important to remember that it is unlikely that one single shape descriptor will perfectly discriminate and characterize all applications and different combinations of shapes.

Notice that the long ellipse shape (Fig. 3.2.5, top right) has exactly the same circularity as the compact, spiky shape (Fig. 3.2.5, bottom left).

Hence, a variety of shape parameters have been developed to be used as a ‘toolkit’ – different applications will require different tools. For example an application concerned with perfectly spherical particles and measuring, perhaps for QC purposes, the deviation from perfectly spherical would use circularity as the discriminating parameter. However, circularity would not be appropriate for an application with both ‘spiky’ and elliptical particles present.



Fig. 3.2.5 – Illustration of circularity shape description [7]

Two other commonly used shape parameters are convexity and elongation.

Convexity is a measure of the surface roughness of a particle and is calculated by dividing the “convex hull perimeter” by the actual particle perimeter. The easiest way to visualize the “convex hull perimeter” is to imagine an elastic band placed around the particle. Convexity also has values in the range 0-1. A smooth shape has a convexity of 1 as the convex hull perimeter is exactly the same as the actual perimeter. A very ‘spiky’ or irregular object has a convexity closer to 0 as the actual perimeter is greater than the convex hull perimeter due to the fine surface features. Study the shapes in Figure 3.2.6 – notice how convexity is unaffected by overall form – a smooth needle has the same convexity as a smooth circle.

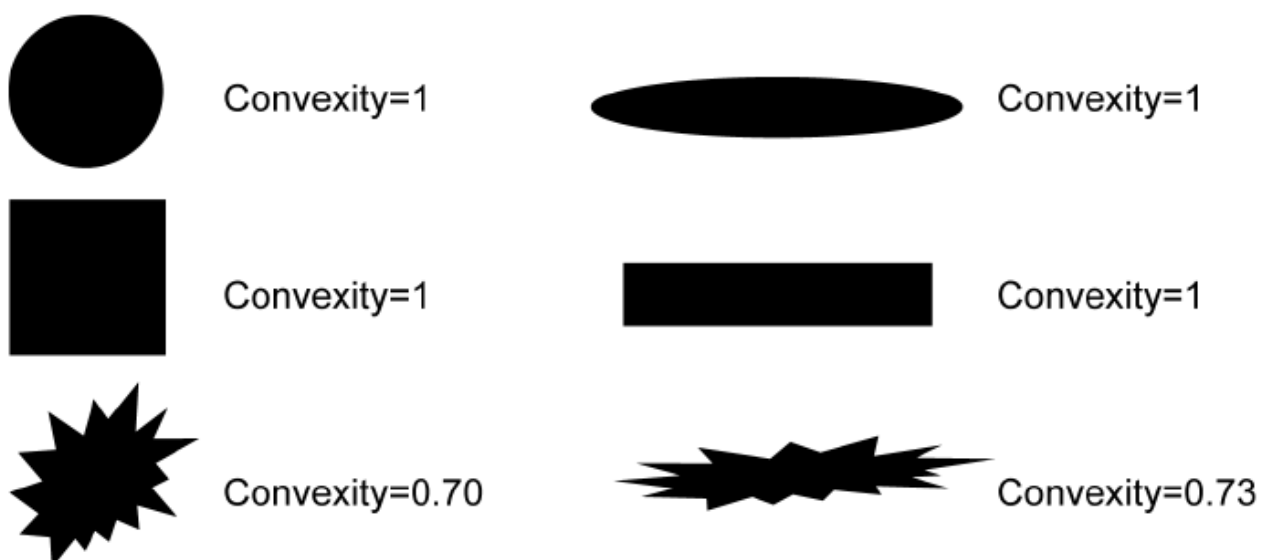


Fig. 3.2.6 - Illustration of convexity shape description [7]

Elongation is defined as $[1 - \text{aspect ratio}]$ or $[1 - \text{width/length}]$. As the name suggests it is a measure of elongation and again has values in the range 0-1. A shape symmetrical in all axes such as a circle or square will have an elongation value of 0 whereas shapes with large aspect ratios will have an elongation closer to 1. Study the shapes in Figure 5 – notice how elongation is unaffected by surface roughness - a smooth ellipse has a similar elongation as a spiky ellipse of similar aspect ratio.

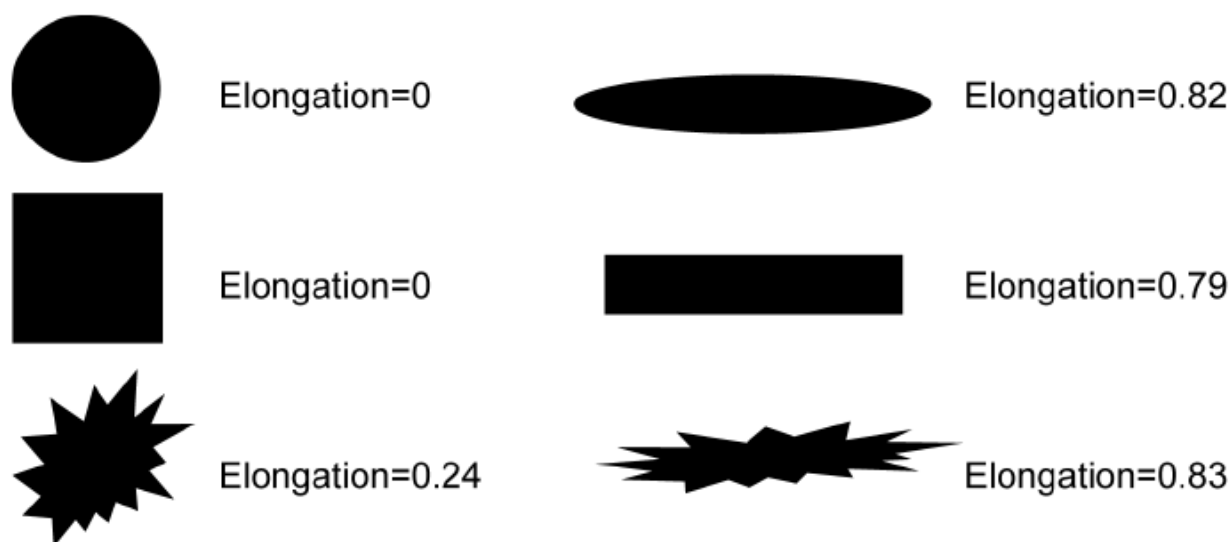


Fig. 3.2.6 - Illustration of elongation shape description [7]

Along with the sensitivity gained from the ability to measure shape, image analysis provides two other important benefits: number-based resolution and recording of images. Both these provide the user with additional information which contributes to a deeper understanding of the product or manufacturing process [7].

3.3 Procedure of geochemical data processing

Processing of analytical data was carried out with use of the applied program "Excel".

According to the obtained data counted quantitative characteristics of snow solid residue [1].

Weight of dust in snow sample allows for determination of dust burden (P_n) in terms of mg/m^2 per day or kg/km^2 per day which correlates with each other. Dust burden is a quantity of solid particles which are settled in a unit of time on a unit of square. Dust burden is calculated by the formula:

$$P_n = P_o / S \times t$$

where:

P_n – dust burden, mg/m² per day (kg/km² per day);

P_o – weight of the snow solid residue, mg (kg);

S – square of the pit, m² (km²);

t – number of days from snow-up day (the day when snow falls out and does not melt) to sampling day.

Dust burden is characterized by the following contamination level and morbidity level:

less than 250 mg/m² per day – low contamination level; safety morbidity level;

250-450 mg/m² per day – middle contamination level; mildly unsafe morbidity level; increase in bronchial asthma and conjunctivitis;

450-850 mg/m² per day – high contamination level; unsafe morbidity level; increase in respiratory and sense organs morbidity;

more than 850 mg/m² per day – very high contamination level; immensely unsafe morbidity level; increase in morbidity more than 2 times.

Concentration factor is shown the anomalous of element concentration relatively the background value. It is calculated by the formula:

$$KK = C / C_b, \text{ where:}$$

KK – concentration factor;

C – element concentration, mg/kg;

C_b – background value of element concentration, mg/kg.

As a background levels of their accumulation in snow solid residue of the territories remote from urbanized areas – Central Vasyugan were used (480 km far from Tomsk, according A.Y. Schatiloff [9] as amended E.G. Yazikov [14, 15]).

According to concentration factor, the geochemical row of element association from the highest value to the lowest value are constructed.

Factor of pollutant (element) load on the environment is calculated by the snow sampling results. The factor is defined as a pollutant mass falling on a unit of square in a unit of time. Total pollutant mass (P_n , dust burden) and element concentrations (C) in the snow solid residue are used to calculate the factor.

Based on that the following factors are calculated:

Total load producing by the chemical element emissions in the environment (or average daily fallout of metals on the city territory) is calculated by the formula:

$$P_{total} = C \times P_n, \text{ mg/km}^2 \text{ per day}$$

As the anthropogenic abnormalities usually comprise many elements, total pollution factor (Z_c) and factor of total element load (Z_p) are calculated. It characterizes the impact of the group of elements. The factors are calculated by the formula:

$$Z_c = \sum K_k - (n-1)$$

$$Z_p = \sum K_p - (n-1)$$

where: n – a number of elements having K_k and K_p values more than 1.

There is the following gradation for values of total pollution factor:

- less than 64 – low contamination level; safely morbidity level;
- 64-128 – middle contamination level; mildly unsafe morbidity level;
- 128-256 – high contamination level; unsafe morbidity level;
- more than 256 – very high contamination level; very high level of morbidity.

There is the following gradation for factor of total element load:

- less than 1000 – low contamination level; safety morbidity level;
- 1000-5000 – middle contamination level; mildly unsafe morbidity level;
- 5000-10000 – high contamination level; unsafe morbidity level;
- more than 10000 – very high contamination level; very high level of morbidity.

According to the literature and methodical recommendations there is a correlation between a total indicator of pollution and an incidence (Fig. 3.3.1).

Interpretation and generalization of the received results was carried out with the use of published and reviewed information on the studied issue.

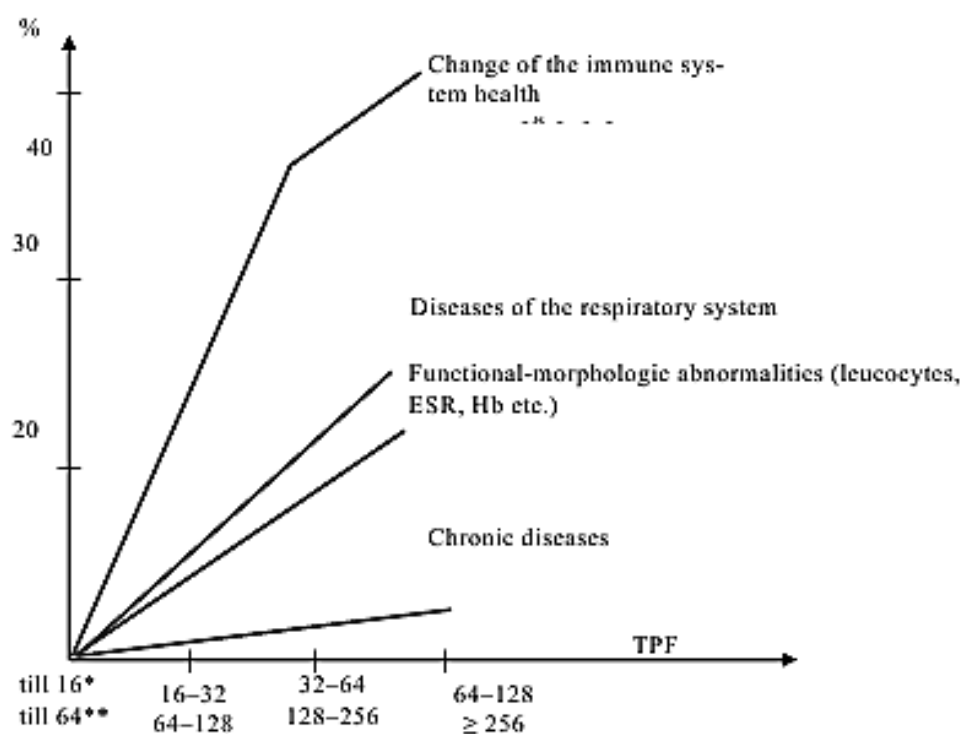


Fig. 3.3.1 – The rate disease according to total pollution factor

Coefficient of aerosol accumulation K_a :

$$K_a = A / K,$$

where A - element content in the solid aerosol;

K - clarke of the same element in the granite layer of the continental crust.

The calculation is made of solid aerosols.

The coefficient of mobility, characterizing their ability to move elements in solution:

$$K_{mob.} = Lg (C_{SRS} / C_{SW})$$

where C_{SRS} - element content in the solid residue of snow, C_{SW} - element content in the snow water.

References:

1. Environmental Geochemistry / Y.E. Saet , B.A. Revich , E.P. Yanin [et al.] - Moscow: Nedra , 1990 . - 335 p.
2. Hatch, W.R., and Ott, W.L., 1968, Determination of submicrogram quantities of mercury by atomic absorption spectrophotometry: Analytical Chemistry, v. 40, p. 2085-90Nazarov I.M. Using a network of snow surveys for the study of snow cover pollution / I.M.
3. Kenneth Pye, , Simon J Blott Particle size analysis of sediments, soils and related particulate materials for forensic purposes using laser granulometry // Forensic Science International 2004/ Vol. 144, Iss. 1, 11 P. 19–27
4. Mahesh B., Baburao C., Bhargavi S., Sreekanth N. Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry(ICP-MS) // International journal of research in pharmacy and chemistry (IJRPC), 2(3), 2012.
5. Montaser.A and Golightly DW. Inductively Coupled Plasmas in Analytical Atomic Spectrometry, VCH Publishers, Inc., New York, 1992
6. Nazarov, Sh.D. Friedman, O. Rennes / / Meteorology and Hydrology . - 1978 . - № 7. - S. 74-78 p.
7. Particle size and shape measurement using image analysis // Surfaceanalysis URL:http://www.surfaceanalysis.ru/surface/categories/1f/74/content_128015234686.pdf (дата обращения: 13.03.16).
8. Poluektov N. S., Vikun R. A., and Zelyukova Y. V., Zh.Anal.Khim., 18,33 (1963).
9. Shatiloff AY Material composition and geochemical characteristics of atmospheric precipitation on the territory of the Ob basin: Author. Dis. ... Cand. geol.-min. Sciences. - Tomsk, 2001. - 24 p.
- 10.Skoog, D. A., Holler, F. J., & Crouch, S. R. (2007). Principles of Instrumental Analysis. Thomson Higher Education.
- 11.Talovskaya A. Evaluation of environmental and geochemical status of areas of Tomsk according to the study of dust aerosols: dis. ... Cand. geol.-min. Sciences: 25.00.36 / Anna V. Talovskaya. - Tomsk, 2008. - 185 p.

12.US EPA, Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes, EPA-600/4-79-020 (1979).

13.Vasilenko V.N. Pollution monitoring snowpack / V.N. Vasilenko, I.M. Nazarov, Sh.D. Friedman. - Gidrometeoizdat , 1985 . - 185 p.

14.Yazikov EG Evaluation of ecological and geochemical state of the city of Tomsk, according to the study of soil and dust aerosols: monograph / EG Yazikov, AV Talovskaya, LV Zhornyak; Tomsk Polytechnic University, 2010. - 264 p.

15.Yazikov EG Ecogeochemistry urbanized areas of the south of Western Siberia: Dis. ... Doctor. geol.-mineral. Sciences: 25.00.36 / Yazikov Yegor G.; Tom. Polytechnic. Univ. - Tomsk, 2006. - 423 p.