

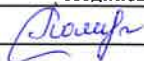
Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки «Экология и природопользование»
 Кафедра Геоэкологии и геохимии


МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Эколого-геохимическая обстановка в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярка по данным изучения снегового покрова
УДК <u>669.15.013:504:550.4</u>

Студент


Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Поликанова Софья Александровна		06.06.16г.

Руководитель


Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ГЭГХ	Таловская А. В.	Кандидат геолого- минералогических наук		06.06.16г.

КОНСУЛЬТАНТЫ:


По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭПР	Цибулькинова М. Р.	Кандидат географических наук		25.05.2016г.

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:


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

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

 26.02.2016г. Языков 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	Поликановой Софье Александровне

Тема работы:

Эколого-геохимическая обстановка в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярска по данным изучения снегового покрова

Утверждена приказом директора (дата, номер)

08.04.2016, №2738/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Материалы научно-исследовательской работы
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1. Производство алюминия как антропогенный источник загрязнения окружающей среды2. Общая и геоэкологическая характеристика г. Красноярска3. Методика исследования4. Уровень пылевой нагрузки и вещественный состав твёрдого осадка снега в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярска5. Оценка загрязнения снегового покрова как индикатора качества атмосферного воздуха6. Биотестирование твёрдого осадка снега на дрозофилах <i>Drosophila melanogaster</i>

Перечень графического материала	1. Карта отбора проб снега
	2. Схема пространственного распределения величины пылевой нагрузки

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Оценка загрязнения снегового 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 Матвеевко Ирина Алексеевна, доцент кафедры ИЯ, доктор филологических наук

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

На английском – Общие сведения о фторе и его свойства

На русском:

1. Производство алюминия как антропогенный источник загрязнения окружающей среды
2. Общая и геоэкологическая характеристика г. Красноярск
3. Методика исследования
4. Уровень пылевой нагрузки и вещественный состав твёрдого осадка снега в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярск
5. Оценка загрязнения снегового покрова как индикатора качества атмосферного воздуха
6. Биотестирование твёрдого осадка снега на дрозофилах *Drosophila melanogaster*

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику

26.02.2016 г.

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ГЭГХ	Таловская Анна Валерьевна	Кандидат геолого-минералогических наук, доцент		26.02.2016 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Поликанова Софья Александровна		26.02.2016 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ41	Поликанова Софья Александровна

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	Геозкологии 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, дополнение к выпуску 2
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

24.03.2016г.

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Поликанова Софья Александровна		24.03.2016г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ ПО ИЗУЧЕНИЮ СНЕГОВОГО ПОКРОВА В
ОКРЕСТНОСТЯХ АЛЮМИНИЕВОГО ЗАВОДА Г. КРАСНОЯРСКА»**

Студенту:

Группа	ФИО
2ГМ41	Поликанова Софья Александровна

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)	<p><i>Исследование включает полевой, камеральный и лабораторные этапы.</i></p> <p>Полевой этап Отбор проб снежного покрова - г. Красноярск, зона воздействия алюминиевого завода г. Красноярск,</p> <p>Лабораторный этап Пробоподготовка твердого осадка снега и снеготалой воды к аналитическим исследованиям - Учебно-научная лаборатория микроэлементного анализа МИНОЦ «Урановая геология» (на кафедре геоэкологии и геохимии НИ ТПУ)</p> <p>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).</p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:


1. Производственная безопасность	<p>1.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению:</p> <p>Полевой этап: 1. Отклонение параметров климата при полевых работах. 2. Тяжесть и напряженность физического труда</p> <p>Лабораторный и камеральный этапы: 1. Отклонение показателей микроклимата в помещении 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны 3. Степень нервно-эмоционального напряжения</p> <p>1.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению</p> <p>Полевой этап: 1. Механические травмы при пересечении местности.</p> <p>Лабораторный и полевой этапы: 1. Поражение электрическим током</p>
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	27.03.2016г.
--	--------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Крепша Нина Владимировна	Кандидат геолого-минералогических наук		27.03.2016г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Поликанова Софья Александровна		27.03.2016г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 102 с., 36 рис., 28 табл., 85 источников, 1 прил.

Ключевые слова: снег, фтор, алюминиевый завод, снеготалая вода, твёрдый осадок снега

Объектом исследования являются окрестности алюминиевого завода г. Красноярска.

Цель работы – оценка эколого-геохимического состояния территории в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярска по данным изучения снегового покрова.

В процессе исследования проводился обзор литературных источников, осуществлялся отбор и подготовка проб снега из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярска, также была прослежена динамика пылевой нагрузки, выявлены основные типы минеральных и техногенных образований в твёрдом осадке снега, проведена оценка пространственно-временного изменения величин поступления фтора на снеговой покров, установлены уровни накопления элементов и формы их нахождения в твёрдом осадке снега и снеготалой воде, определена величина пылевой нагрузки и оценена степень токсичности твёрдого осадка снега на *Drosophila melanogaster*.

В результате исследования было выявлено, что величина пылевой нагрузки изменяется от высокой и средней степени загрязнения до низкой по мере удаления от алюминиевого завода г. Красноярска. В пробах твёрдого осадка снега наибольший процент приходится на техногенные образования. Анализ проб твёрдого осадка снега показал, что наиболее высокие значения содержания элементов характерны для проб, отобранных в 2 км от предприятия. По данным электронной микроскопии было выявлено, что в пробе содержатся серосодержащие частицы бария и свинца, фтор-алюминий содержащие частицы, а также оксиды железа и алюминия. По соотношению содержания элементов в твёрдом осадке снега и снеготалой воде было выявлено, что большинство элементов концентрируются в твёрдой фазе снегового покрова. Содержание фтора в снеготалой воде на протяжении всех лет исследования превышают фоновые значения.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: нет

Степень внедрения: доклады на 11 международных и всероссийских конференциях (гг. Томск, Новосибирск, Абакан). Общее количество научных публикаций – 13.

Область применения: результаты работы могут использоваться природоохранными органами для оценки качества атмосферного воздуха, а также принятия мер по его улучшению; также результаты могут быть использованы в учебном процессе по экологическим дисциплинам.

Экономическая эффективность/значимость работы экономическая целесообразность и выгода не являются прямой целью работы. Значимость работы заключается в определении экологически неблагоприятных для проживания районов, и выявление индикаторов выбросов алюминиевых заводов.

В будущем планируется продолжение изучения снегового покрова в окрестностях Красноярского алюминиевого завода, а также других алюминиевых заводов Сибири.

Оглавление

Введение.....	4
1. Производство алюминия как антропогенный источник загрязнения окружающей среды	7
2. Общая и геоэкологическая характеристика г. Красноярска.....	16
2.1. Общая характеристика г. Красноярска.....	16
2.2. Геоэкологическая характеристика г. Красноярска.....	20
2.3. Красноярский алюминиевый завод как главный источник загрязнения окружающей среды города	23
3. Методика исследования.....	31
3.1. Отбор и подготовка проб снега	31
3.2. Аналитическое обеспечение исследований	34
3.3. Методика обработки данных	39
4. Уровень пылевой нагрузки и вещественный состав твёрдого осадка снега в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярска	42
4.1. Уровень пылевой нагрузки	42
4.2. Вещественный состав твёрдого осадка снега	44
5. Оценка загрязнения снегового покрова как индикатора качества атмосферного воздуха.....	50
5.1. Пространственно-временное распределение фтора в снеготалой воде	50
5.2. Геохимическая характеристика твёрдого осадка снега	59
6. Биотестирование твёрдого осадка снега на дрозофилах <i>Drosophila melanogaster</i>	65
7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	69
7.1. Планирование, организация и менеджмент при проведении работ	69
7.2. Бюджет научного исследования.....	72
7.3. Расчет затрат времени и труда по видам работ	72
7.4. Расчет производительности труда, расчет продолжительности выполнения объема проектируемых работ	74
7.5. Нормы расходов материалов	75

7.6. Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ (СМ 1).....	75
7.7.Общий расчет сметной стоимости проектируемых работ.....	78
8. Социальная ответственность при проведении геоэкологических работ по изучению снегового покрова в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярск.....	79
8.1. Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	80
8.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению	87
8.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	88
8.4. Законодательное регулирование проектных решений.....	90
Заключение	92
Список используемых источников.....	94
Приложение А. General information about fluoride and its properties	102

Введение

Предприятия цветной металлургии ежегодно выбрасывают около 18% всех выбросов от стационарных источников в атмосферу [42], а алюминиевые заводы являются источниками загрязнения атмосферы, входя в наиболее токсичную группу промышленных предприятий и представляя серьезную опасность для окружающей среды [54]. Также алюминиевые заводы являются одними из основных источников поступления фтора в окружающую среду [7, 73,79], а его избыток приводит к различным заболеваниям человека – флюороз, сбои в нервной системе, дисфункция мозга, иммунные заболевания, болезни щитовидной железы и др.

Алюминиевый завод г. Красноярска вносит значительный вклад в суммарные выбросы в окружающую среду как фторсодержащих соединений, так и других загрязнителей.

Цель работы: оценка эколого-геохимического состояния территории в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярска по данным изучения снегового покрова.

В задачи исследования входит:

1. Проведение литературного обзора об общих сведениях производства алюминия и воздействия алюминиевых заводов на окружающую среду;
2. Осуществить отбор и подготовку проб снега из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярска;
3. Проследить динамику пылевой нагрузки в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярска и определить факторы ее формирующие.
4. Выявление основные типы минеральных и техногенных образований в твердом осадке снега.
5. Оценить пространственно-временное изменение величин поступления фтора на снеговой покров в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярска.

6. Установить уровни накопления тяжелых металлов, редких, редкоземельных, радиоактивных элементов и формы нахождения этих элементов в твердом осадке снега и снеготалой воде.

7. Определить величину нагрузки, создаваемую поступлением изучаемых химических элементов из атмосферы на снеговой покров.

8. Оценить степень токсичности твердого осадка снега на *Drosophila melanogaster*.

Объектом исследования являются окрестности алюминиевого завода г. Красноярска. Предметом исследования выступает снеготалая вода и твёрдый осадок снега.

В основу работы положены результаты научно-исследовательской работы, проводившейся автором совместно с сотрудниками кафедры геоэкологии и геохимии НИ ТПУ с 2012 года.

Научная новизна. В работе впервые были определены пространственно-временные закономерности поступления фтора из атмосферы на снежный покров, пылевых частиц с комплексом тяжелых металлов, редких, редкоземельных, радиоактивных элементов, определены формы нахождения фтора и изучаемых элементов снеговом покрове из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярска.

Практическая значимость. Полученные автором результаты могут быть использованы природоохранными органами для улучшения экологической обстановки, а также в качестве материала для учебной деятельности и лабораторных работ по экологической тематике.

Основные результаты магистерской диссертации были представлены на 11 конференциях: Международный научный симпозиум имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых "Проблемы геологии и освоения недр", г. Томск 2013-2016 гг. (*Диплом II степени*); Всероссийская научная студенческая конференция с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина "Творчество юных - шаг в будущее", г. Томск 2015 г.; Всероссийская конференция с международным участием Роговские чтения "Проблемы

инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии урбанизированных территорий", г. Томск 2015 (*Диплом I степени*); Международная научная школа-конференция студентов и молодых учёных "Экология Южной Сибири и сопредельных территорий", г. Абакан 2014 г.; Международная экологическая студенческая конференция "Экология России и сопредельных территорий", г. Новосибирск 2012-2014 гг. (*Дипломы II и III степени*). Основное содержание и научные результаты магистерской диссертации опубликованы в 13 тезисах докладов и статьях, в том числе 1 статья в зарубежных научных журналах и изданиях, включенных в библиографическую базу Scopus.

Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю доценту каф. ГЭГХ, к.г.-м.н. Таловской А.В. за наставничество, ценные советы и поддержку при выполнении работы. Огромную признательность автор выражает доценту каф. ГЭГХ, к.х.н. Осиповой Н.А. за помощь и внимание при выполнении исследований и за помощь в освоении методики измерения фтора. Искреннюю благодарность автор выражает профессору каф. ГЭГХ, д.г.-м.н. Язикову Е.Г., профессору, д.г.-м.н. Рихванову Л.П. за внимание и ценные советы при выполнении работы. За всестороннюю помощь и поддержку автор выражает искреннюю благодарность ассистенту каф. ГЭГХ Филимоненко Е.А. За консультации и помощь в проведении биотестирования автор выражает признание доценту каф. ГЭГХ, к.г.-м.н. Азаровой С.В. За помощь в проведении электронно-микроскопических исследований автор выражает благодарность ассистенту каф. ГЭГХ Ильенку С.С., ассистенту Зайченко А.П. Автор благодарен исполнителям аналитических исследований: Судыко А.Ф., Богутской Л.В., Шушариной В.А., Шердаковой Н.И., Камбалиной М.Г., Филипас Т.А., Федюниной Н.В. Автор выражает признательность магистранту гр. 2ГМ41 каф. ГЭГХ Самохиной Н.П. за помощь в лабораторных исследованиях по изучению фтора в пробах. Отдельную благодарность автор выражает родным и близким за терпение и поддержку во время проведения исследований.

1. Производство алюминия как антропогенный источник загрязнения окружающей среды

Россия является производителем большого количества алюминия и его выпуск в стране постоянно растёт [56]. В производстве первичного алюминия доминирует Сибирский регион [42, 50], богатый дешёвой электроэнергией – одной из главных составляющих в затратах на производство металла. В 2013 г. шесть сибирских заводов: Братский, Красноярский, Иркутский, Саяногорский, Хакасский и Новокузнецкий – выпустили более 90% российского алюминия; по сравнению с 2012 г. производство металла на них сократилось на 3% [50].



Рисунок 1.1.1 – Производство первичного алюминия в субъектах Российской Федерации в 2013 г., тыс. т [50]

Крупная вертикально-интегрированная группа «Объединённая компания «Российский алюминий»» (РУСАЛ), являясь крупнейшим производителем первичного алюминия в мире, контролирует практически всю российскую алюминиевую промышленность [50]. Заводы по производству алюминия компании РУСАЛ расположены не только на территории России (рис. 1.1.2), но и за её пределами (Швеция, Африка).



Рисунок 1.1.2 – Карта-схема расположения алюминиевых заводов компании РУСАЛ на территории России [сайт РУСАЛа]

Выбросы предприятий цветной металлургии ежегодно составляют около 18% всех выбросов от промышленных стационарных источников в России в атмосферу [42]. Алюминиевые заводы входят в наиболее токсичную группу среди промышленных предприятий [54], являясь источниками в атмосферу ряда загрязняющих веществ: фтористых соединений (фтористый водород и плохо растворимые неорганические фториды); диоксида серы; техногенной пыли, обогащенной алюминием, кремнием и фтором; бенз(а)пирена и других соединений. Кроме соединений фтора, специфическим для предприятий алюминиевой промышленности является выброс в атмосферу оксида алюминия [24, 42, 35, 51, 54]. Алюминий - основной компонент твердого вещества выбросов алюминиевого завода, которое на 60-70 % состоит из оксида алюминия [24].

В 2003 г. крупными предприятиями цветной металлургии Иркутской области, в том числе Братским и Иркутским алюминиевыми заводами, было выброшено в атмосферу 4 тыс. т загрязняющих веществ, что составляет 16% от общего объема выбросов стационарных источников области. Увеличился выброс в атмосферу следующих загрязняющих веществ: диоксид серы, оксид

углерода, диоксид азота, неорганическая пыль, твёрдые фториды, фтористый водород, взвешенные вещества и соляная кислота [42].

Выбросы алюминиевых заводов поступают в атмосферу преимущественно в газообразном состоянии, а также в виде пылевых частиц размером около 0,1-10 мкм [34]. При производстве алюминия на 1 т произведённого металла в атмосферу выбрасывается 20-40 кг в форме HF, NaF, пыли [54, 56].

Серьёзную опасность для окружающей среды представляют сибирские заводы по выпуску алюминия, в числе которых такие, как Красноярский, Саяногорский, Братский, Иркутский. Красноярский алюминиевый завод ежегодно выбрасывает в атмосферу около 2,6 тыс. т фтористого водорода и около 3,6 тыс. т твёрдых фторидов [40, 56]. Для зоны влияния Саяногорского алюминиевого завода характерно повышенное содержание водорастворимого фтора [56, 81]. Наиболее повышенные концентрации фторидов могут наблюдаться на расстоянии 0,5-1,5 км от промплощадок алюминиевых заводов, твёрдые частицы с содержанием фтора оседают на расстоянии 5 км, а газообразные соединения можно обнаружить в 30 км от источника [10, 58, 63]. Согласно [73] радиус воздействия выбросов крупных алюминиевых может превышать 50 км. В г. Красноярске загрязнение фтором имеет форму регионального поля, вытянутого по розе ветров с юго-запада на северо-восток на 26 км [54, 73].

Согласно [23] в твердых аэрозолях проб снегового покрова из зоны воздействия Саяногорского и Хакасского алюминиевых заводов были обнаружены следующие элементы – Ni, Al, V, Zn, Cu, Sr, превышающие фоновые содержания от 1,6 до 29 раз, а в растворимой части аэрозолей в повышенном количестве находились F, Al, Na, Ni, Mn, Ca, Mg, Sr, Fe, Si, V, Zn, Ba, Cu, Ti и K. В группу приоритетных загрязнителей по [23] были выделены F, Na, Al и Ni. Стронций, согласно [52], может являться типичным элементом, содержащимся в углях. Кроме того, согласно [34] в составе твёрдых аэрозолей пылегазовых эмиссий Саяногорского и Хакасского алюминиевых заводов

ведущее положение занимают Al, Si, Fe, Na и F, а среди микроэлементов по содержанию выделяются Ni, Zn, Mn и V. Также [58] выделяет характерными поллютантами Ni, V, Cr и Cu, т.к. для данных элементов выявлены заметные накопления в подстилке и живых корнях. Согласно [34] в пробах снеготалой воды из зон влияния Саяногорского и Хакасского заводов были выделены пять элементов, содержание которых превышает ПДК: F, Al, Mn, Zn, V.

Фтор является главным загрязнителем из всего набора элементов, характерных для выбросов с алюминиевых заводов [23, 73, 79]. На разном удалении от Саяногорского и Хакасского алюминиевых заводов содержание фтора в снеговой воде по данным [23] составляет: 2 км – 15 мг/дм³, 5 – 10 мг/дм³, 17 – 2,0 мг/дм³, 30 км – 0,5 мг/дм³ (рис. 1.1.3)

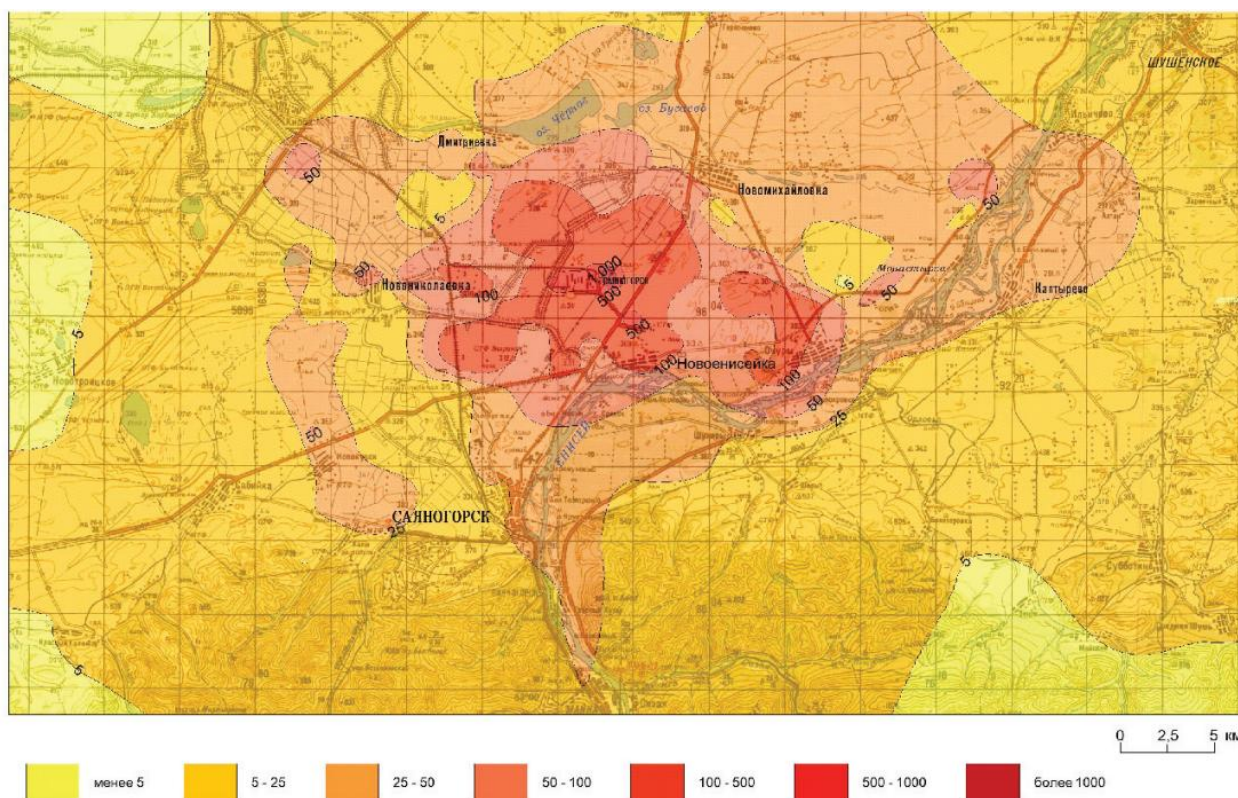


Рисунок 1.1.3 – Поступление фтора за зимний период (мг/дм³) на территорию, прилегающую к предприятиям ОАО РУСАЛ (Саяногорский и Хакасский алюминиевые заводы) [23]

Натрий является специфическим элементом выбросов алюминиевых заводов [22, 58], также натрий входит в состав криолита (Na₃AlF₆), который

является основным компонентом электролизного расплава [85]. Кальций также может быть характерным элементом выбросов алюминиевого завода, т.к. фториды кальция могут применяться как добавки в криолито-глиноземный расплав для получения первичного алюминия, а в дальнейшем происходит их трансформация [79]. Помимо этого кальций характерен для выбросов заводских тепловых электростанций [22, 58].

В снеговом покрове из окрестностей Иркутского алюминиевого завода содержания Al и Mn превышают фоновые содержания более чем в 100 раз [6]. Согласно [52] в снеговом покрове г. Иркутска были обнаружены Ni, Mn и Sr, концентрации которых увеличились в два раза в период за 2001-2009 гг., а также Cu, Cr и Zn, концентрации которых за этот период в снеговом покрове практически не изменились. По данным [38] основными загрязнителями почвенных растворов и водных объектов в зоне влияния Иркутского алюминиевого завода являются F и Na, тогда как Al загрязняет твёрдую субстанцию почв. Также в зоне воздействия Иркутского алюминиевого завода наблюдается упрощение организации травяного яруса, что выражается в выпадении целых групп и популяций из состава сообщества, нарушение соотношения между видами [8].

В настоящее время Братский алюминиевый завод вносит наиболее значимый вклад в суммарные выбросы от стационарных источников в г. Братске [35]. В районе г. Братска повреждено свыше 80 тыс. га зелёных насаждений [54]. По данным [85] на расстоянии 29 км от Братского алюминиевого завода содержание F в снеговом покрове превышает фоновое в 36 раз, Ca – в 21, Cd – в 15, Mg – в 11, Al – в 7, Co – в 5, Na – в 4, K – в 2, Li – в 1,4, Si – в 1,3 (рис. 1.1.4).

Наибольшие концентрации Cd, Co, Li, Mg, Al и F в снеговом покрове наблюдаются на границе санитарно-защитной зоны Братского алюминиевого завода (3 км), а концентрации таких элементов, как Na, Si, K, Ca, немного выше на расстоянии 10-11 км от завода [85].

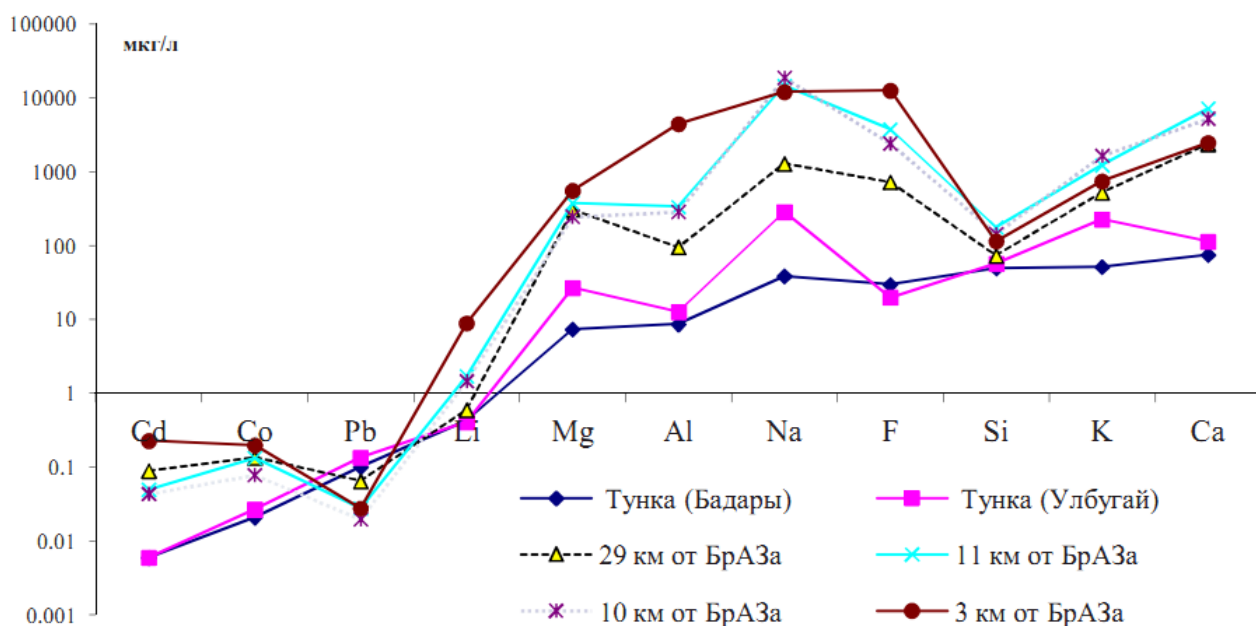


Рисунок 1.1.4 - Изменение концентраций элементов в фильтрате снеговой воды на расстоянии 3, 10, 11, 29 км от БрАЗа и в фильтрате снеговой воды Тункинской долины [85]

По данным [35] плотность выпадения водорастворимого фтора за зимний период в центральной части г. Братска превышает фоновое значение в 15,4-35,6 раз (рис. 1.1.5).

Согласно данным [35] в снеговой покров селитебной территории г. Братска поступают значительные количества гидрокарбонат-ионов, сульфат-ионов; ионов натрия, кальция, фтора, алюминия. При этом максимальные значения плотности выпадения этих загрязнителей, а также нерастворимого осадка, характерны для микрорайонов, расположенных в зоне воздействия крупных предприятий города, в том числе Братского алюминиевого завода.



Рисунок 1.1.5 – Карта-схема распределения водорастворимых фторидов в снеговом покрове на территории Центрального округа г. Братска [35]

Избыток фтора в организме человека может привести к некоторым нарушениям. В первую очередь характерным заболеванием является флюороз, также у детей может возникать ранняя дифференцировка скелета, а у взрослых сочетание остеосклероза с остеопорозом и остеомаляцией; остеохондроз и спондилез, кифоз, обызвествление связок, желчекаменная и мочекаменная болезни [80].

В провинциях Китая были проведены исследования, показавшие связь между высоким содержанием фтора в питьевой воде и снижением интеллекта. Как было установлено, группа детей, потребляющая меньшее количество фтора с питьевой водой, имеет более высокие антропометрические показатели (рост, объём грудной клетки) [29]. Результаты исследований [1] подтвердили возможность того, что высокие концентрации фтора в питьевой воде могут негативно влиять на развитие нервной системы у детей.

Токсическое воздействие фторидов ведёт к развитию хронических профессиональных патологий у рабочих на алюминиевых производствах, вызывая болезни органов дыхания [29, 49]. У женщин возможны олигоменорея,

снижения лактационной способности, накопление фтора в биосредах матери и плода. Также у женщин, проживающих вблизи алюминиевых производств, были отмечены следующие патологии: гестоз у беременных, анемия, угроза прерывания беременности и др. У мужчин фиксируются снижение либидо, нарушение метаболизма гормонов [31, 41].

Загрязнение фтором атмосферного воздуха и почвы представляет собой существенную угрозу для здоровья населения, т.к. в подобных условиях особому негативному воздействию подвергается щитовидная железа [80, 82]. Согласно [82] валовые выбросы от Братского алюминиевого в атмосферный воздух г. Братска с 2000 по 2012 гг. увеличились на 4,1%. Воздействие фтора на население в этот период времени подтверждается данными биомониторинга (табл. 1.1.1).

Таблица 1.1.1 – Содержание фтора в биосубстратах детей г. Братска [82]

Район	Моча (мг/дм ³)		Сравнение по годам, <i>p</i>
	2002 г.	2012 г.	
Центральный	0,18	0,8	<i>p</i> < 0,001
Энергетик	0,14	0,51	<i>p</i> < 0,001

Среднее содержание фтора в моче детей дошкольного возраста за период 2002-2012 гг. увеличилось в 3,2-4,5%. В то же время общая заболеваемость щитовидной железой у детей г. Братска в период с 2007 по 2012 гг. имеет устойчивую тенденцию к росту (рис. 1.1.6) [82].

Согласно результатам анализов [82] повышение содержания фтора в организме приводит к увеличению выделения йода с мочой даже в условиях йоддефицитного состояния, т.е. избыточное поступление фтора в организм препятствует усвоению йода и его метаболизму.

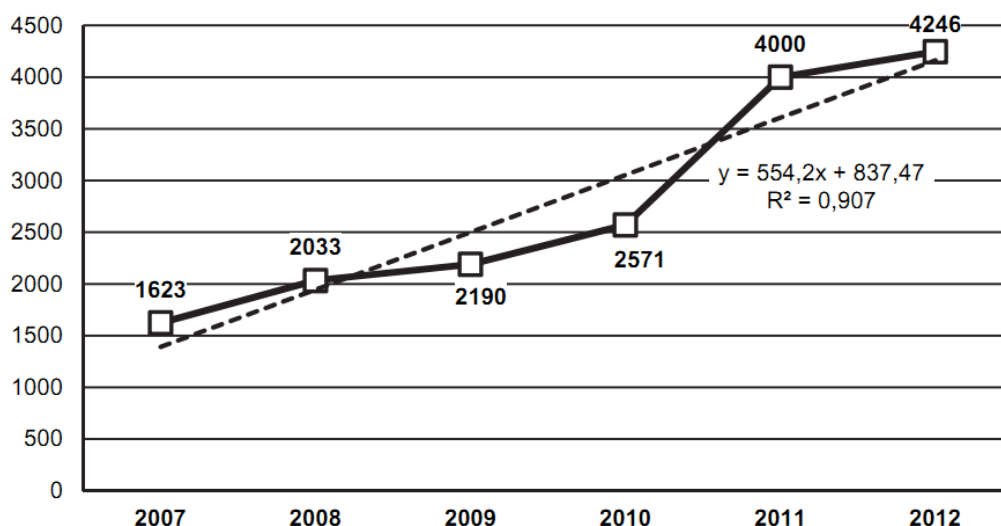


Рисунок 1.1.6 – Многолетняя динамика общей заболеваемости щитовидной железы в г. Братске за период 2007-2012 гг. (на 100 тыс. детского населения)

[82]

Таким образом, как показал обзор литературных материалов, выбросы алюминиевых заводов оказывают значительное воздействие на окружающую среду и представляют серьёзную опасность для человека, вызывая ряд заболеваний и ухудшений организма.

2. Общая и геоэкологическая характеристика г. Красноярска

2.1. Общая характеристика г. Красноярска

Красноярск – город; крупнейший культурный, экономический, промышленный и образовательный центр Центральной и Восточной Сибири; административный центр Красноярского края (второго по площади субъекта России), а также центр Восточно-Сибирского экономического района.

Город расположен на обоих берегах Енисея на стыке Западносибирской равнины, Среднесибирского плоскогорья и Саянских гор; в котловине, образованной самыми северными отрогами Восточного Саяна.

Население 1 066 934 человек (2016). В Красноярской агломерации проживает более 1,2 млн жителей.

С постройкой в конце 19 века Транссибирской железнодорожной магистрали – крупный транспортный узел (перевалка грузов с железной дороги на речной транспорт).

Красноярск – крупнейший промышленный центр Восточной Сибири. Основная отрасль экономики – машиностроение, также развиты химическая промышленность, цветная металлургия, отрасли лесного комплекса [25, 39].

Река Енисей делит весь Красноярск на левобережную и правобережную части. Левобережная часть состоит из четырёх районов: Центрального, Октябрьского, Железнодорожного и Советского. Правобережная часть состоит из трёх районов: Свердловского, Кировского, Ленинского. Преимущественно вся деловая жизнь города сосредоточена на левом берегу, во всех четырёх районах Левобережья. Правый берег — это районы размещения промышленных предприятий и проживания (в основном) их работников [25].



Рисунок 2.1.1 – Красноярский край на карте России [3]

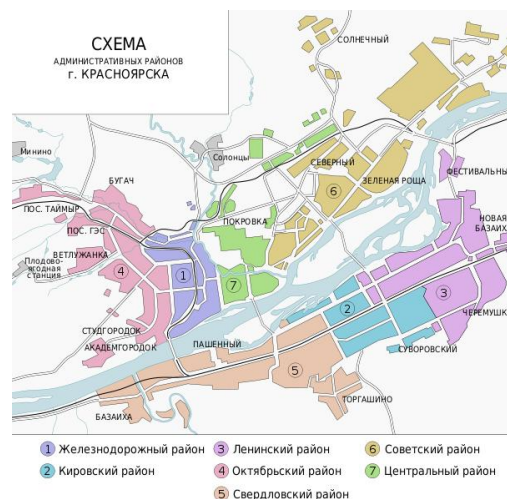


Рисунок 2.1.2 – Схема административных районов г. Красноярск [3]

Климат Красноярского края резко континентальный, характерны большие колебания температур воздуха в течение года. Хорошо выражены зональные черты. В северных районах климат близок арктическому с продолжительной зимой, длительными полярными ночами, сильными морозами и ветрами, высокой влажностью, коротким и холодным летом. Для центральных и южных районов, где проживает основная часть населения, характерен континентальный климат с продолжительной зимой и коротким жарким летом. Осень часто сухая, с ранними заморозками. В среднем в год выпадает свыше 300 мм осадков, основная часть – летом. Наименьшее количество осадков выпадает на побережье океана и в межгорных котловинах (в юго-западной части Минусинской котловины – 240 мм в год). В горах количество осадков увеличивается (в Саянах местами до 1000 мм). Средняя температура на Севере: января -36°C , минимум до -60°C ; на Юге: -18°C (Минусинская котловина), в июле $+10^{\circ}\text{C}$ на Севере и $+20^{\circ}\text{C}$ на Юге [25].

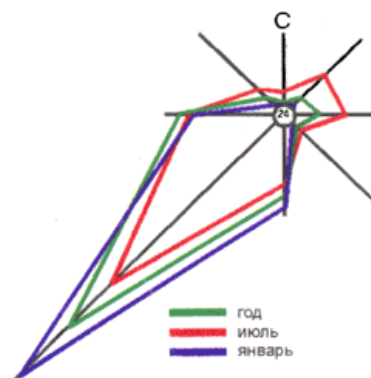


Рисунок 2.1.3 - Роза ветров г. Красноярск

Ландшафтные особенности. Енисей, пересекающий большую часть территории Красноярского края, служит важнейшей меридиональной природной границей, отделяющей низменную Западную Сибирь от плоскогорий и гор Восточной Сибири. В центре, по левому берегу Енисея располагается Западно-Сибирская равнина, а на правом берегу Енисея – обширное Среднесибирское плоскогорье (средняя высота 500–700 м над уровнем моря); горы Путорана достигают высоты 1700 м.

Вдоль Енисея на 900 км протягивается Енисейский кряж, достигающий высоты 1125 м (г. Енашимский Полкан) с мягкими очертаниями вершин и гребней. На юге территории наиболее крупные орографические единицы – Восточный Саян (высота до 2922 м – пик Грандиозный, имеются небольшие ледники) и Западный Саян (высота до 2735 м). Отроги Восточного Саяна доходят до Красноярск, образуя живописные скалы – Красноярские Столбы.

Почвы Красноярского края имеют сравнительно небольшую мощность. На севере края – примитивные тундровые почвы, лежащие на многолетней мерзлоте, для центрального и южного районов характерны в основном подзолистые и торфяно-подзолистые почвы. Только в Минусинской котловине встречаются высокопродуктивные чернозёмы [25].

Гидрологическое строение района. Речная сеть края представлена системой Енисея с его притоками, а также системами рек Пясина, Таймыра, Хатанга. На юго-западе – реки Чулым и Кеть, относящиеся к бассейну Оби.

Енисей протекает по территории Красноярского края с юга на север, начало берёт в Саянских горах от слияния двух рек: Большого и Малого Енисея. Навигация в нижнем течении Енисея возможна только в летнее время, при сопровождении ледоколов – круглый год. В порты Красноярска и Лесосибирска, расположенные в среднем течении Енисея, возможен заход судов класса река-море грузоподъемностью до 5000 т. Речной сток достигает 700 км³ в год (свыше 20% стока рек России).

Наибольшим гидроэнергетическим потенциалом обладают Енисей и Ангара. На Енисее построены две ГЭС, на Ангаре – Богучанская ГЭС в стадии строительства. Самые большие водопады России на реках Курейка и Ядун.

Общее число озёр – 323 тыс., однако 99% из них имеют площадь водной поверхности менее 1 км². Самые большие и глубокие озёра – Таймыр, Пясино, Хантайское [25].

Геологическое строение. На крайнем севере Красноярского края расположен архипелаг Северная Земля. Над платообразной поверхностью островов поднимаются ледниковые купола, покрывающие до ¼ территории. Северную часть полуострова Таймыр занимают горы Бырранга (высшая точка 1125 м), обрывающиеся к Северо-Сибирской низменности. Горы сложены нижнепалеозойскими и отчасти докембрийскими породами. К югу от северо-Сибирской низменности резким уступом (высота от 200 до 600 м) возвышается Среднесибирское плоскогорье, сложенное осадочными породами нижнего палеозоя, угленосными и туфогенными толщами верхнего палеозоя – нижнего мезозоя, прорванными траппами.

На юго-западе Среднесибирского плоскогорья расположена система низкогорных массивов – Енисейский кряж, сложенный гнейсами, кристаллическими сланцами и известняками, прорванный интрузиями гранитов. Он отделён от горных систем юга Красноярского края тектоническим прогибом. Современный облик гор южной части территории обусловлен молодыми тектоническими движениями, интенсивной эрозией и четвертичными оледенениями.

Между горными системами и внутри них расположены глубокие тектонические депрессии – котловины: Минусинская, Чулымо-Енисейская и др. Днища котловин характеризуются слабо холмистым рельефом (абсолютные высоты 300–500 м) [25].

Полезные ископаемые. Красноярский край имеет более 95% российских запасов никеля и платиноидов, более 20% золота, значительные запасы кобальта, нефелиновых руд, магнезитов, исландского шпата, тонких кварцевых песков, тугоплавких глин, графита, 63 вида промышленных металлов и других полезных ископаемых.

Красноярский край богат запасами угля, добыча которого ведётся в Канско-Ачинском бассейне, также имеется значительный Тунгусский каменноугольный бассейн. Кроме того в крае открыто около 25 нефтегазовых месторождений, среди которых месторождения Юрубченского блока и крупное Ванкорское нефтегазовое месторождение.

В Красноярском крае имеется одно из крупнейших в мире месторождений свинца – Горевское, в котором сосредоточено около 42% российских запасов. Разрабатываются Абагасское железорудное месторождение и Курейское месторождение графита. В Маймеча-Котуйской апатитовой провинции сосредоточен 21% апатитового сырья страны. Также имеются перспективное Чуктуконское месторождение редких земель, Пороженское марганцевых руд, алюминиевых (Чадобедская группа месторождений бокситов) и урановых руд (Курагинское и Каратузское месторождения), при Енисейском заливе месторождения газа и газоконденсата Ванкорского блока [25].

2.2. Геоэкологическая характеристика г. Красноярска

Острейшая проблема региона – самый высокий в России уровень загрязнения окружающей среды. С 1980 Красноярский край устойчиво держит первое место в стране по объёму выбросов в атмосферу [30].

Согласно данным Государственного доклада Министерства природных ресурсов Российской Федерации о состоянии окружающей среды за 2014 год, Красноярский край выделяется на федеральном уровне как регион с наиболее высоким уровнем антропогенной нагрузки на воздушную среду. В 2014 г., как и в последние 5 лет, уровень загрязнения г. Красноярска характеризовался как «очень высокий». Однако, в г. Красноярске ИЗА₅, оставаясь «очень высоким», снизился с 23,75 в 2011 г. до 17,04 и 17,48 в 2013 и 2014 гг. соответственно [20].

За 2007 г. выбросы загрязняющих веществ от стационарных источников составили 2517,9 тыс. тонн, что приходится на 43% от объема выбросов по Сибирскому Федеральному округу и 12% от объема выбросов предприятий всей страны.

Анализ динамики выбросов показал, что после 2002 года наметилась общая тенденция к увеличению объема выбросов, что вызывает опасения по дальнейшему ухудшению экологической обстановки в регионе.

На Красноярск приходится 6,8% выбросов от стационарных источников (от общекраевого объема выбросов) [71].

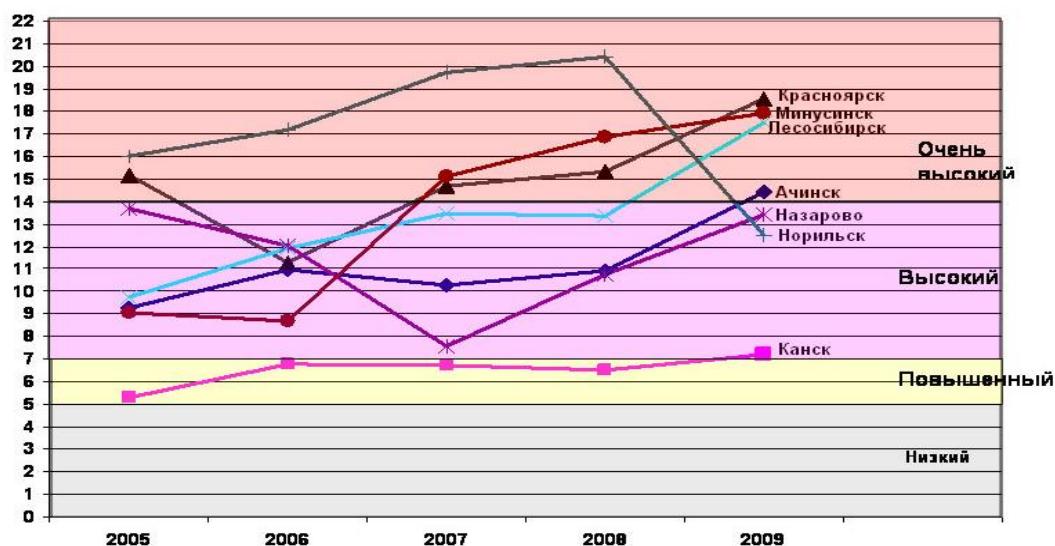


Рисунок 2.2.1 - Изменения уровня загрязнения атмосферного воздуха по индексу загрязнения атмосферы в промышленных городах Красноярского края

[30]

В южной части города на климат влияет деятельность ГЭС, а ниже по Енисею на севере, в 50 километрах от города существует еще одна угроза для экологии - город Железногорск, который долгое время имел статус закрытого, т.к. город был построен специально для работников Горно-Химического Комбината. Железногорский Горно-Химический комбинат – занимается ядерным производством [30].

Таблица 2.2.1 - Характеристика крупнейших предприятий-источников загрязнения атмосферного воздуха г. Красноярска за 2007 г. [71]

Название предприятия	Муниципальное образование (доля от выбросов МО)	Объем выбросов, тыс. тонн	Характерные загрязняющие вещества
ОАО «Красноярский алюминиевый завод»	Красноярск (44%)	75,2	фтористые соединения, пыль неорганическая, диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода
Красноярская ТЭЦ-1	Красноярск (16%)	26,5	диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода, взвешенные вещества, зола
Красноярская ТЭЦ-2	Красноярск (11%)	19,4	диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода, взвешенные вещества, зола
Красноярская ТЭЦ-3	Красноярск (4%)	7,1	диоксид серы, диоксид азота, оксид углерода, взвешенные вещества, зола

Автотранспорт является одним из основных источников загрязнения г. Красноярска. По данным Красноярскстата в Красноярском крае на окончание 2009 г. количество зарегистрированных легковых автомобилей насчитывало 668,5 тыс. За пятилетний период число автомобилей выросло на 27,6% [19].

В Советском районе г. Красноярска расположены следующие предприятия - Красноярский металлургический завод, Завод ДФЗ-2 Мекран и Красноярская ТЭЦ-3, а также один из крупнейших в стране алюминиевый завод (рисунок 2.2.2).

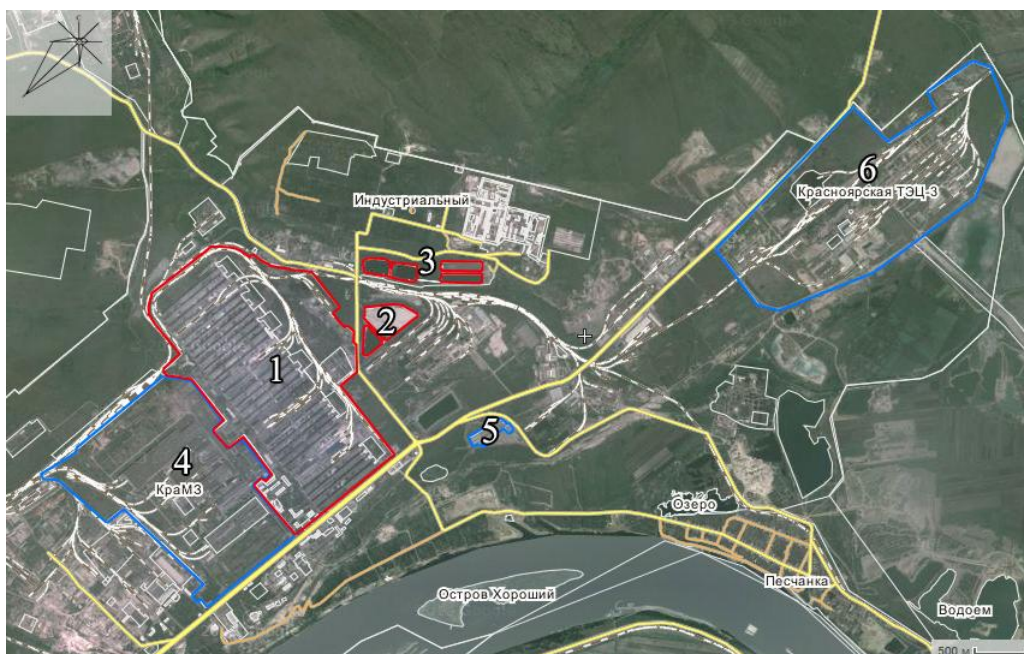


Рисунок 2.2.2 - Промышленные предприятия Советского района г. Красноярск [3] (с дополнениями автора)

1 – Красноярский алюминиевый завод, 2 – Шлаохранилище Красноярского алюминиевого завода, 3 – Пруды бессточной системы водооборота Красноярского алюминиевого завода; 4 – Красноярский металлургический завод, 5 – Завод ДОЗ-2 Мекран, 6 – Красноярская ТЭЦ-3

2.3. Красноярский алюминиевый завод как главный источник загрязнения окружающей среды города

Красноярский алюминиевый завод — второй по величине алюминиевый завод в мире, на его долю приходится 27% всего производимого в России алюминия и 3% мирового производства. Входит в состав крупнейшей в мире алюминиевой компании «РУСАЛ».

Промышленная площадка Красноярского алюминиевого завода расположена в в 5 км к северо-востоку г. Красноярск на левом берегу р. Енисей. Общая площадь застройки 1,0*2,5 км [7].

В 2007 году на Красноярском алюминиевом заводе произведено 989 тыс. тонн алюминия. В 2008 был зафиксирован рекордный показатель в 1 млн. т.

Красноярский алюминиевый завод потребляет около 70% электроэнергии, производимой Красноярской ГЭС. Сырьё на предприятие поставляет Ачинский глинозёмный комбинат.

В 2004 г. Красноярский алюминиевый завод был сертифицирован в соответствии с международными стандартами системы экологического менеджмента ISO 14001, а в 2006 г. завод подтвердил соответствие новой версии международного стандарта ISO 14001:2004. Красноярский алюминиевый завод также имеет сертификаты на соответствие международным стандартам системы управления качеством ISO:9001, ISO/TS 16949 и OHSAS:18001 [30].

Основным видом деятельности предприятия является производство и реализация алюминия первичного и на его основе сплавов, лигатур, полуфабрикатов из металлов и сплавов, а также анодной массы, подовой массы, фтористых солей [30].

В состав предприятия входят следующие производства: электролизное, анодное, литейное; цех транспортировки глинозема и фторсолей; цех производства фторсолей; энергоцех; ремонтно-механический цех; автотранспортный цех; центральная заводская лаборатория; железнодорожный цех; цех складского хозяйства.

Основными источниками загрязнения атмосферы являются электролизное и анодное производство [51].

Криолит ($\text{Na}_3[\text{AlF}_6]$) и анодная масса служат исходным сырьём для получения алюминия. Данные материалы в процессе эксплуатации загружаются в электролизер. Далее полученный алюминий направляется в литейное отделение, где происходит выплавка металла и приготовление сплавов. Литейное отделение выдает потребителю готовую продукцию. В процессе электролиза выделяются загрязняющие вещества: пыль неорганическая, диоксид серы, оксид углерода, фтористые газообразные соединения, фториды неорганические, плохо растворимые смолистые вещества. В качестве основного углеродистого сырья для производства анодной массы используется сырой прокаленный кокс, а также в качестве связующего каменноугольный пек.

Производство анодной массы осуществляется в следующем порядке. Кокс предварительно подвергают дроблению и прокаливанию при температуре от 1200 до 1350⁰С, чтобы удалить влагу, повысить плотность, электропроводность и снизить реакционную способность. Прокаленный кокс дробят, размалывают и рассеивают на классы различной крупности. Далее кокс дозируют, подогревают и перемешивают со связующим. Полученная масса формируется в брикеты, охлаждается в воде и направляется на склад. Готовую анодную массу направляют в электролизные корпуса. Процесс производства анодной массы сопровождается выделением следующих загрязняющих веществ: коксовой пыли, диоксида серы, оксидов азота, окиси углерода, бензапирена и смолистых веществ.

Литейное производство предназначено для переработки алюминия – сырья на различные виды продукции из алюминия, его сплавов и алюминия высокой частоты (АВЧ). В атмосферный воздух от литейного производства поступают: алюминия оксид, углерода оксид, азота диоксид, серы диоксид, мазутная зола, азота оксид, фтористые газообразные соединения, плохо растворимые фториды, масло минеральное, сажа и др. Остальные подразделения являются вспомогательными.

Получение алюминия электролитическим способом является процессом, оказывающим значительное воздействие на окружающую среду. Именно поэтому необходимо строго соответствовать действующей технологической инструкции, чтобы минимизировать ущерб для окружающей среды [7].

Красноярский алюминиевый завод согласно инвентаризации имеет 372 стационарных источников выбросов загрязняющих веществ, из которых 144, оснащены газоочистными установками [44].

В 2011 году была утверждена Экологическая политика ОК РУСАЛ. Её действие распространяется на все подразделения Компании, включая ОАО «РУСАЛ Красноярск». В соответствии с указанным корпоративным документов природоохранная деятельность ОАО «РУСАЛ Красноярск»

нацелена на последовательное улучшение экологических показателей с учётом практических возможностей и социально-экономических факторов.

ОАО «РУСАЛ Красноярск» последовательно реализует мероприятия по снижению выбросов загрязняющих веществ не только в рамках отдельно взятой программы (2004 – 2010), но и в течении уже нескольких десятилетий, планомерно снижая негативную нагрузку на атмосферный воздух г. Красноярска:

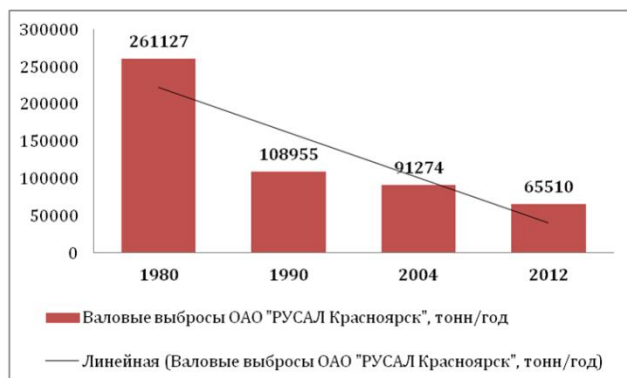


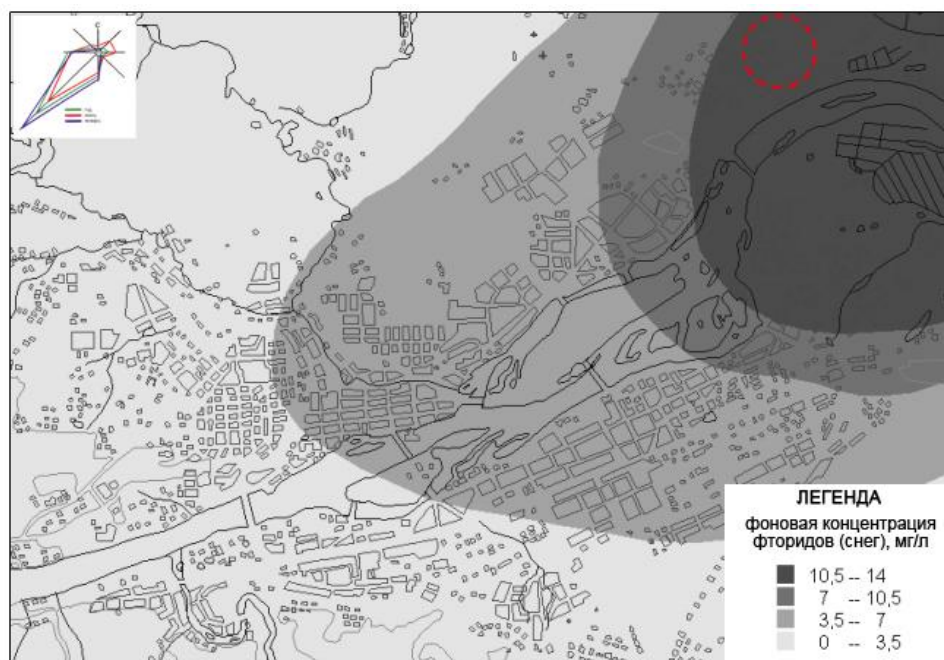
Рисунок 2.3.1 – Валовые выбросы ОАО «РУСАЛ Красноярск», тонн/год



Рисунок 2.3.2 – Выбросы фтористого водорода, тонн/год [Ошибка! Источник

Одним из существенных эффектов, связанным с природоохранной деятельностью ОАО «РУСАЛ Красноярск» на 1-м этапе модернизации является климатический эффект, достигнутый за счёт снижения выбросов парниковых газов [59].

Согласно ранее проведённым исследованиям [79] Красноярский алюминиевый завод является основным загрязнителем территории города фторидами. По данным снеговой съёмки за 1987 год значения концентрации фторидов увеличиваются с запада на восток по территории города более чем в десять раз (рисунок 2.3.3).



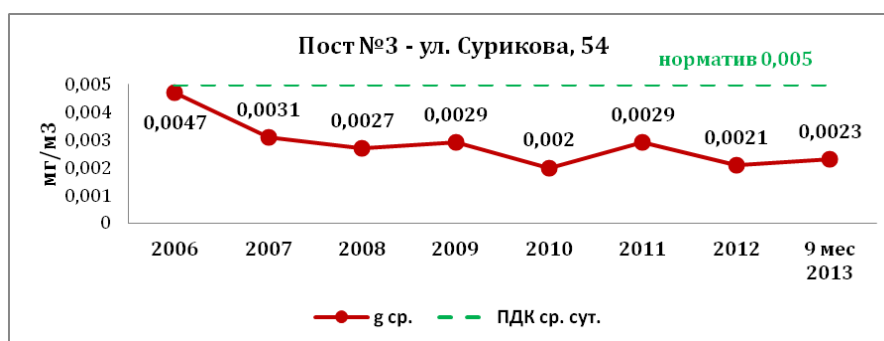
Изолинии ареалов средней концентрации фторидов по данным снеговой съёмки 1987 г.

--- местоположение Красноярского алюминиевого завода

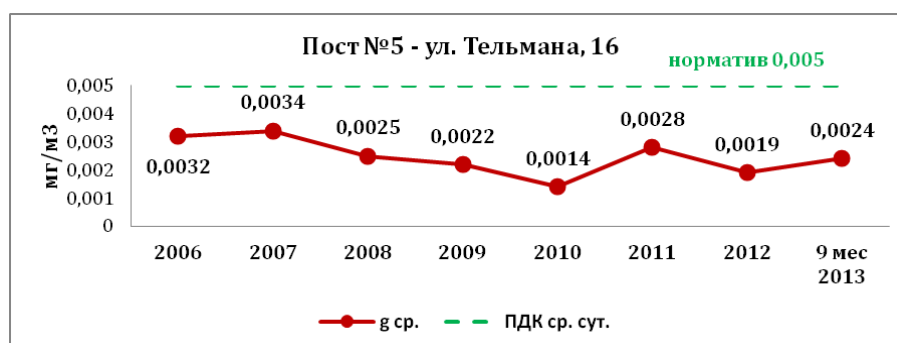
Рисунок 2.3.3 - Изолинии ареалов средней концентрации фторидов по данным снеговой съёмки 1987 г. [79]

Официальные данные государственного мониторинга свидетельствуют о не превышении среднесуточных концентраций фтористого водорода по основным постам действующей сети мониторинга:

а)



б)



в)

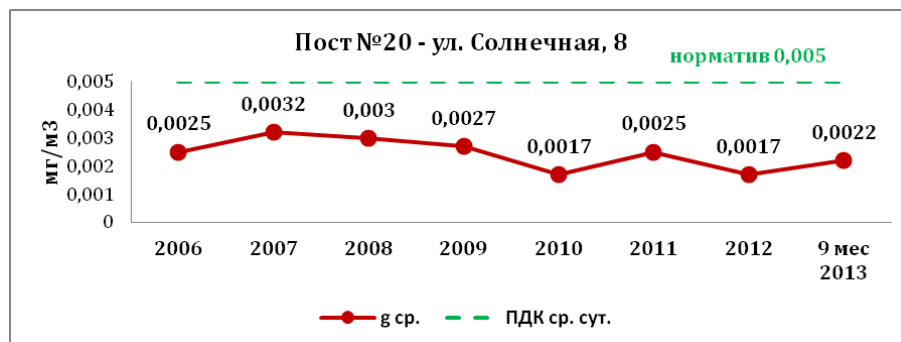


Рисунок 2.3.4 – Среднесуточные концентрации фтористого водорода по основным постам действующей сети мониторинга а) Пост №3 – ул. Сурикова, 54; б) Пост №5 – ул. Тельмана, 16; в) Пост №20 – ул. Солнечная, 8 [59]

В почвах, находящихся в непосредственной близости (3 км) от Красноярского алюминиевого завода, на глубине 40–60 см содержание водорастворимого фтора в 1,7 раза выше ПДК (10 мг/кг). Следовательно, хотя основная масса элемента концентрируется в слое 0–20 – 0–40 см, загрязнение прослеживается и в более глубоких горизонтах, особенно на участках, где скапливается большое содержание фтора в пахотном горизонте. Из вышеизложенного следует, что проникновение водорастворимого фтора в более глубокие горизонты реально, поэтому не исключено загрязнение грунтовых вод.

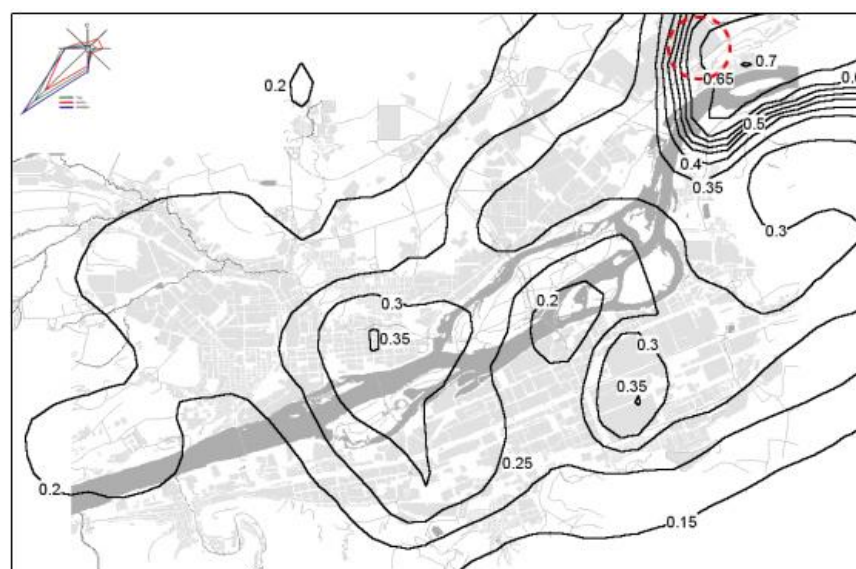
Результаты исследований локального мониторинга, проводимого с 1996 по 2011 г. сотрудниками ГЦАС «Красноярский» под руководством Ю.П. Танделов, показали, что уровень загрязнения снеговой воды фтором в основном связан с расстоянием от источника загрязнения (табл. 2.3.1). На участках, расположенных в непосредственной близости от Красноярского алюминиевого завода, содержание фтора достигает чрезвычайно опасной концентрации (от 2,5 до 8,0 ПДК), по мере удаления от источника оно снижается до менее 1 ПДК.

Таблица 2.3.1 - Содержание фтора в снеговой воде в зависимости от удаления от Красноярского алюминиевого завода, мг/л [73]

Расстояние от источника загрязнения, км	Содержание фтора по годам				
	2006	2007	2008	2009	2010
10,5	2,0	2,1	1,5	1,8	1,2
4,0	5,7	4,4	4,0	3,3	4,2
1,5	10,3	16,6	18,5	14,4	15,8
6,0	2,9	5,7	2,9	2,9	2,3
10,0	4,0	8,3	6,3	4,6	3,2
1,5	13,8	15,1	7,9	8,7	8,7
3,0	7,2	10,2	6,9	6,6	4,0
2,0	15,8	21,9	10,9	12,6	10,0
30	1,6	0,6	0,8	0,7	0,8

Примечание. В районах, удаленных от промышленных предприятий, содержание фтора в снеговой воде менее 0,19 мг/л.

Для создания карты суммарного техногенного загрязнения почвы и снегового покрова г. Красноярска (рис. 2.3.5) использовали: суммарное содержание в почве веществ с канцерогенными свойствами As, Be, Cr, Pb, Ni; нормированное содержание Hg в пыли и водорастворимой формы в снеговом покрове; локальные ореолы концентрации бенз(а)пирена в снеговом покрове; фоновые концентрации фторидов в снеговом покрове [79]



Карта суммарного техногенного загрязнения почвы и снежного покрова г. Красноярска (условные единицы)

--- местоположение Красноярского алюминиевого завода

Рисунок 2.3.5 - Карта суммарного техногенного загрязнения почвы и снегового покрова г. Красноярска, 1987 (условные единицы) [79]

На карте суммарного техногенного загрязнения почвы и снегового покрова наблюдается быстрое нарастание суммарного количества загрязнения в северо-восточном направлении, которое связано не только с розой ветров города, но и с наличием крупнейшего металлургического алюминиевого завода в этом районе. Он основной источник загрязнения фторидами и бенз(а)пиреном территории города и пригорода [79]

Жители г. Красноярска испытывают большое влияние на здоровье, обусловленное распространением экологически зависимых заболеваний. Согласно литературным данным [27] заболеваемость жителей г. Красноярска болезнями эндокринной системы имеет тенденцию к росту за период 2008-2013 гг. (рис. 2.3.6).

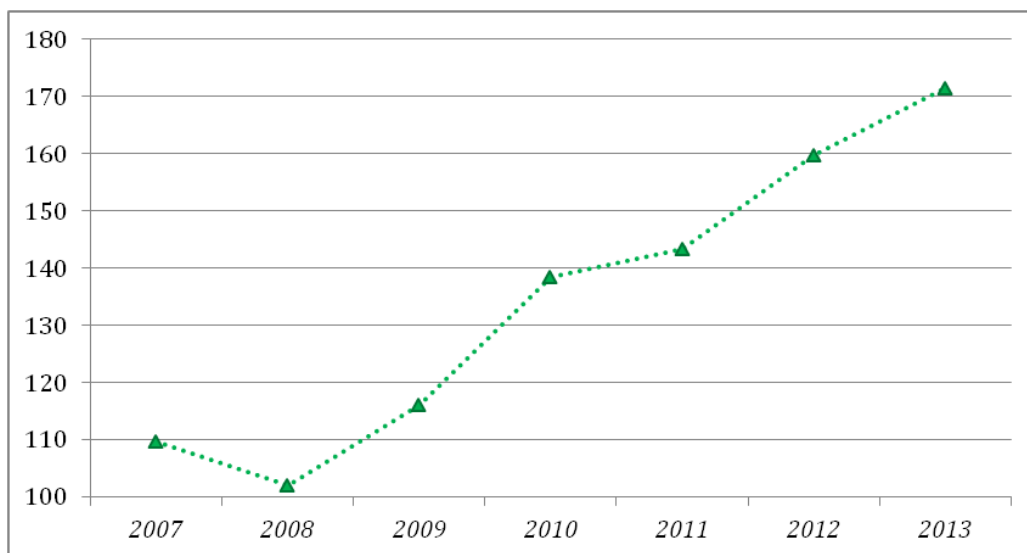


Рисунок 2.3.6 – Заболеваемость жителей г. Красноярска, тыс. чел. по годам (болезни эндокринной системы) по данным Г.А. Демиденко [27]

Красноярский алюминиевый завод является основным загрязнителем территории г. Красноярска, что подтверждается ранее проведенными исследованиями [70, 73, 79]. Это может быть одной из причин заболеваемости населения, особенно проживающих в окрестностях предприятия и работников завода.

3. Методика исследования

3.1. Отбор и подготовка проб снега

Химический состав снегового покрова отражает его техногенное загрязнение, а также техногенное загрязнение атмосферы. Используемый метод исследования - атмогеохимический (или снегогеохимический). Он предназначен для изучения газового и пылевого состава атмосферы, а также фоновой нагрузки и особенностей вещественного состава пылеаэрозольных выпадений района.

В 2013, 2014 и 2016 гг. отбор проб осуществлялся автором в окрестностях ОАО «РУСАЛ Красноярский алюминиевый завод» (рисунок 3.1.1).

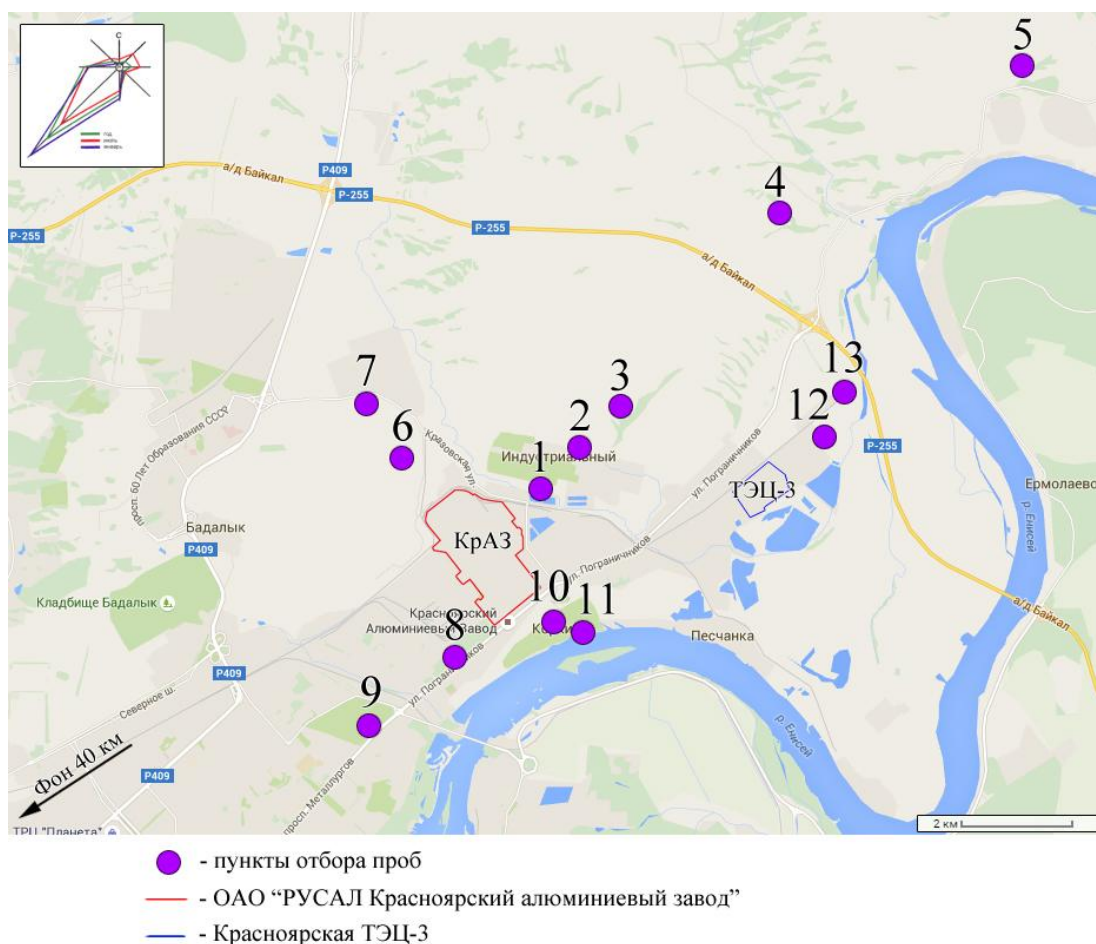


Рисунок 3.1.1 - Карта отбора проб снега в окрестностях Красноярского алюминиевого завода [3] (с дополнениями автора)

Таблица 3.1.1 – Описание точек отбора проб снега в окрестностях Красноярского алюминиевого завода

<i>№ точки на карте</i>	<i>Шифр</i>	<i>Описание точки</i>
2013 год		
1	КрА3-113	точка расположена в северо-восточном направлении на расстоянии 1 км от алюминиевого завода г. Красноярск
2	КрА3-213	точка расположена в северо-восточном направлении на расстоянии 2 км от алюминиевого завода г. Красноярск
3	КрА3-313	точка расположена в северо-восточном направлении на расстоянии 3 км от алюминиевого завода г. Красноярск
2014 год		
1	КрА3-114	точки расположены в северо-восточном направлении на расстоянии 1, 2 и 3 км от алюминиевого завода г. Красноярск соответственно
2	КрА3-214	
3	КрА3-314	
4	КрА3-414	точка расположена в северо-восточном направлении на расстоянии 8 км от алюминиевого завода г. Красноярск
5	КрА3-514	точка расположена в северо-восточном направлении на расстоянии 13 км от алюминиевого завода г. Красноярск
2016 год		
1	КрА3-116	точки расположены в северо-восточном направлении на расстоянии 1, 2 и 3 км от алюминиевого завода г. Красноярск соответственно
2	КрА3-216	
3	КрА3-316	
4	КрА3-416	точка расположена в северо-восточном направлении на расстоянии 8 км от алюминиевого завода г. Красноярск
5	КрА3-516	точка расположена в северо-восточном направлении на расстоянии 13 км от алюминиевого завода г. Красноярск
6	КрА3-616	точка расположена в северо-западном направлении на расстоянии 1 км от алюминиевого завода г. Красноярск
7	КрА3-716	точка расположена в северо-западном направлении на расстоянии 2 км от алюминиевого завода г. Красноярск
8	КрА3-816	точка расположена в юго-западном направлении на расстоянии 1 км от алюминиевого завода г. Красноярск
9	КрА3-916	точка расположена в юго-западном направлении на расстоянии 3 км от алюминиевого завода г. Красноярск
10	КрА3-1016	точка расположена в юго-восточном направлении на расстоянии 0,5 км от алюминиевого завода г. Красноярск
11	КрА3-1116	точка расположена в юго-восточном направлении на расстоянии 1 км от алюминиевого завода г. Красноярск
12	ТЭЦ-116	точка расположена в северо-восточном направлении на расстоянии 1 км от Красноярской ТЭЦ-3
13	ТЭЦ-216	точка расположена в северо-восточном направлении на расстоянии 2 км от Красноярской ТЭЦ-3
	Фон	пять точек методом конверта были опробованы в 40 км на юго-запад от алюминиевого завода г. Красноярск (близ пос. Манский)

Все работы по отбору и подготовке проб снега выполнялись с учетом методических рекомендаций приводимых в работах В.Н. Василенко и др. [9], И.М. Назарова и др., методических рекомендациях ИМГРЭ [45] и руководстве по контролю загрязнения атмосферы (РД 52.04.186-89).

Снеговое опробование производят методом шурфа на всю мощность снегового покрова за исключением 5 см слоя над почвой, чтобы загрязнение проб литогенной составляющей. При этом замеряются стороны и глубина шурфа, фиксируется время (в сутках) от начала снегостава. Вес пробы – около 10 кг, что позволяет получить при оттаивании 8-10 л воды.

При опробовании снега предполагается отдельный анализ снеготалой воды и твердого осадка, который состоит из атмосферной пыли, осаждаемой на поверхность снегового покрова. Нерастворимая фаза выделяется путем фильтрации на беззольном фильтре; далее просушивается, просеивается для освобождения от посторонних примесей и взвешивается. Схема обработки проб снегового покрова представлена на рисунке 3.1.2.

Процесс пробоподготовки начинается с таяния снега при комнатной температуре, что занимает около суток по времени. Из талой снеговой воды удаляются крупные включения пинцетом, затем с помощью полиэтиленовой трубочки вода сливается. Необходимо не касаться трубочкой дна и стенок тары. В чистую пластмассовую бутылку отбирается 1,5 литра снеготалой воды, а затем проводится фильтрация и отбирается также 1,5 литра фильтрованной снеготалой воды в чистую пластмассовую бутылку. 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 вода фильтруется 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 [11].

Предмет исследования: твердый осадок снега и снеготалая вода.

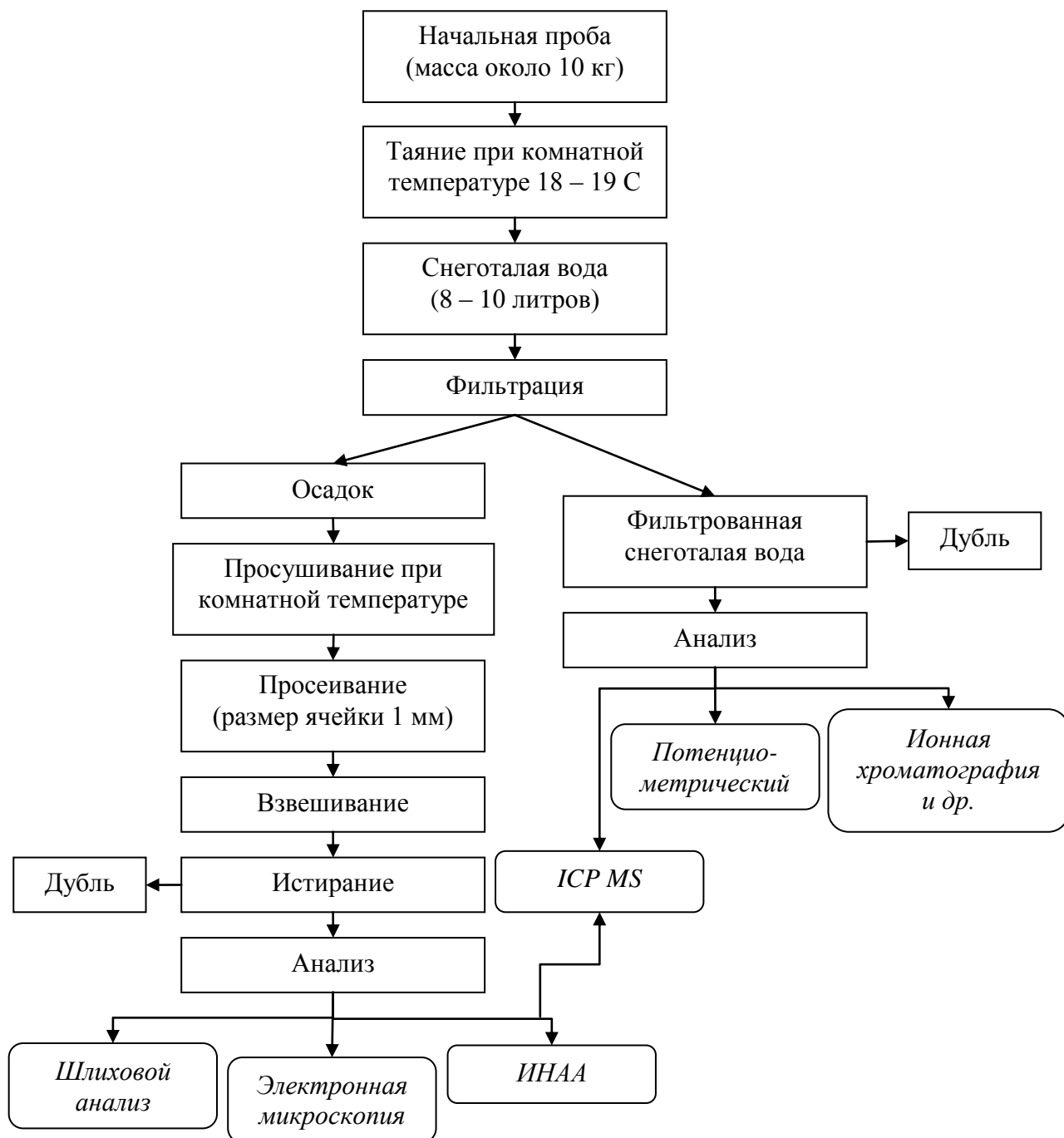


Рисунок 3.1.2 - Схема обработки и подготовки проб снегового покрова к анализу

3.2. Аналитическое обеспечение исследований

Анализы выполнялись в следующих аналитических лабораториях МИНОЦ «Урановая геология»:

*1. Учебно-научная лаборатория микроэлементного анализа
Консультанты: к.х.н., доцент каф. ГЭГХ Н.А. Осипова, ассистент Е.А.
Филимоненко.*

Определение водорастворимого фтора и его соединений в отобранных пробах снеготалой воды осуществлялось потенциометрическим методом на приборе Анион 4100 с фтор селективным электродом.

Метод позволяет определять суммарную концентрацию фторидов (всех его форм: иона фтора, его комплексных соединений) [18]. Основой метода является использование ионоселективного твердофазного электрода. Фторидный электрод – один из самых важных электродов с кристаллической мембраной, поскольку существует всего несколько методов, пригодных для простого и селективного определения ионов фтора. Электродная мембрана состоит из пластинки из монокристалла LaF_3 с добавками $\text{Eu}(\text{II})$ для повышения электропроводности мембраны. Электродная функция основана на селективной адсорбции фторид-ионов на поверхности электрода, приводящей к разделению зарядов; электропроводность мембраны обусловлена только подвижностью фторид-ионов.

Определению фторид-ионов мешают высоковалентные катионы, дающие комплексы с фторидами, такие как Al^{3+} , Fe^{3+} , Ce^{3+} , Th^{4+} , Cr^{3+} и др. Единственный мешающий анион – это OH^- , поскольку он может участвовать в реакции обмена на поверхности мембраны (при высоких рН образуется слой $\text{La}(\text{OH})_3$). Рабочий диапазон рН фторидного электрода лежит в интервале рН 5,5 – 6,5, создаваемом ацетатным или цитратным буфером [32].

В работе используется термин «фтор», под которым подразумевается водорастворимый фтор и его соединения.

Для измерений использовались сверхчистые реактивы и лабораторная посуда, предел обнаружения – $0,05 \text{ мг/дм}^3$. Всего изучено 26 проб снеготалой воды.

*2. Лаборатория электронно-оптической диагностики (кафедра
геоэкологии и геохимии ТПУ).*

2.1. Шлиховой анализ проб твердого осадка снега из зоны влияния Красноярского алюминиевого завода осуществлялся автором на бинокулярном стереоскопическом микроскопе Leica EZ4D с видеоприставкой. В результате был изучен минерально-вещественный состав пылеаэрозолей и установлены процентные соотношения различных природных и техногенных составляющих методом сравнения с эталонными палетками.

Изучение вещественного состава проб твердого осадка снега было проведено согласно запатентованной разработке (Патент на изобретение № 2229737 от 17 октября 2002 г. Авторы: Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю., Таловская А.В. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами) [55]. Данный метод позволяет определить области с высокими концентрациями техногенных частиц и их источники.

В каждом образце необходимо определить процентное соотношение всех типов минеральных, природных и антропогенных частиц методом сравнения со стандартными шаблонами С.А. Вахромеева (рисунок 3.2.1), и, таким образом, содержание всех частиц должно быть 100%. Автором исследовано 5 проб твердого осадка снега.

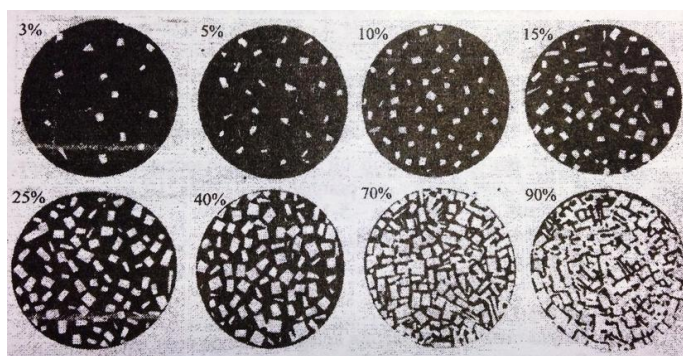


Рисунок 3.2.1 - Сравнительный метод определения (от С.А. Вахромеева)

Сущность этого метода состоит в сравнении количества частиц в образце, наблюдаемом под микроскопом в некотором поле зрения со стандартными кругами на черном фоне с белыми частицами. При сравнении не так сложно найти сходство со стандартным образцом и таким образом определить процент каждого типа частиц в образце.

Пробы твердого осадка снега содержат как минеральные частицы, так и техногенные образования.

2.2. Детальные исследования вещественного состава проб твердого осадка снега осуществлялись на сканирующем электронном микроскопе S-3400N фирмы Hitachi с приставкой для микроанализа Bruker. *Консультант: ассистенты кафедры ГЭГХ ТПУ С.С. Ильенок и А.П. Зайченко.*

Разрешающая способность микроскопа составляет 3 нм, что позволяет получать высококачественные изображения исследуемых образцов атмосферных пылеаэрозолей. Были изучены различные типы минеральных и техногенных частиц. Каждую частицу фотографировали и получали энергодисперсионный спектр. Детально изучена 1 проба твердого осадка снега, количество частиц - 8.

3. *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) позволяет определять содержание (концентрация, мг/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 изучены пробы за 2013 г., т.к. с 2015 г. реактор находился на реконструкции, не было возможности изучить пробы за последующие года. Общее количество изученных проб – 3.

4. 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.)

В пробах твёрдого осадка снега (1 проба за 2014 г.) и снеготалой воды (1 проба за 2014 г. и 12 проб за 2016 г.) было определено 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) методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP MS). Общее количество проб – 14. Также 12 проб твёрдого осадка снега за 2016 г. находятся на данный момент в лаборатории на изучении.

5. Научно-образовательный центр «Вода», аккредитованная проблемная научно-исследовательская лаборатория гидрогеохимии, зарегистрирована в Реестре Системы № РОСС RU. 0001.511901 от 12.07.2011 г. (Аналитики В.А. Шушарина, Н.И. Шердакова, М.Г. Камбалина).

Аналитическое изучение общего химического состава проб фильтрата снеготалой воды проводилось методом ионной хроматографии (SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}); потенциметрическим (F^- , pH), титриметрическим (CO_2 , CO_3 , HCO_3^- , перманганатная окисляемость), кондуктометрическим (электропроводность) и фотоколориметрическим ($\text{Fe}^{\text{общ}}$) методами. Общая жесткость проб снеготалой воды определялась расчетным методом. Всего было изучено 12 проб снеготалой воды.

Достоверность измерений содержания фтора в пробах снеготалой воды, проведённых автором потенциметрическим анализом, была проверена внешним аналитическим контролем в научно-образовательном центре «Вода». График (рис. 3.2.2) характеризует сходимость результатов анализов. Согласно

непараметрическим критериям Колмогорова-Смирнова и Манна – Уитни, значимых различий по содержанию фтора, определенного в разных лабораториях не наблюдается.

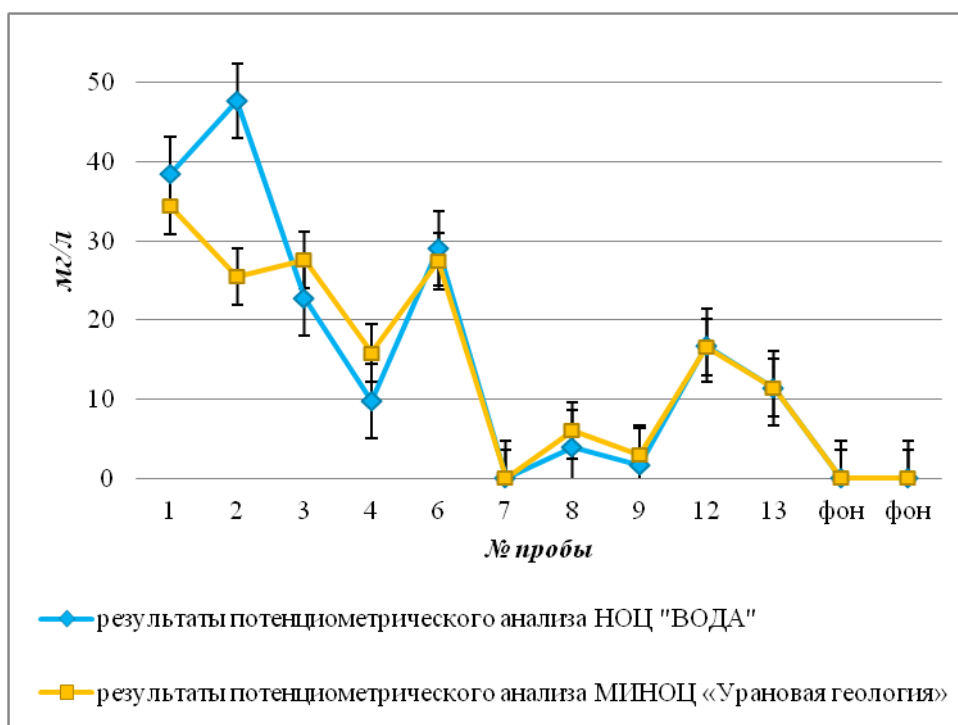


Рисунок 3.2.2 – Сравнительный анализ содержания фтора в пробах снеготалой воды из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярск по результатам проведения измерений в разных лабораториях

3.3. Методика обработки данных

Обработка аналитических данных изучения проб твёрдого осадка снега и снеготалой проводилась с использованием программ «Excel» и «Statistica 8.0». Построение карт-схем и других графических способов представления информации проводили с помощью программ «Surfer 10» (kriging method) и Adobe Photoshop.

По полученным данным были рассчитаны эколого-геохимические показатели для твердого осадка снега и снеготалой воды. С использованием программы Microsoft Office Excel был проведён расчёт *пылевой нагрузки* в каждой точке.

Пылевая нагрузка рассчитывается по формуле [11]:

$$P_n = \frac{P_o}{S \times t},$$

где P_n – величина пылевой нагрузки, мг/м²*сут или кг/км²*сут;

P_o – вес твердого осадка снега, мг (кг);

S – площадь снегового шурфа, м² (км²);

t – количество суток от начала снегостава до дня отбора проб.

В практике используется следующая градация по среднесуточной пылевой нагрузке [11]:

- 0-250 мг/м²*сут – низкая степень загрязнения, неопасный уровень заболеваемости;
- 251-450 мг/м²*сут – средняя степень загрязнения, умеренно уровень заболеваемости;
- 451-850 мг/м²*сут – высокая степень загрязнения, опасный уровень заболеваемости;
- >850 мг/м²*сут – очень высокая степень загрязнения, чрезвычайно опасный уровень заболеваемости.

Также была рассчитана общая нагрузка, создаваемая поступлением каждого из химических элементов в окружающую среду (среднесуточное выпадения химического элемента) [11]:

$$P_{\text{общ}} = C \times P_n,$$

где $P_{\text{общ}}$ – общая нагрузка, мг/ (км² * сут),

C - содержания элемента в природной среде (мг/кг, мг/дм³),

где P_n – величина пылевой нагрузки, мг/м²*сут или кг/км²*сут [11].

Расчёт коэффициент аэрозольной аккумуляции K_a производили по формуле [28]:

$$K_a = A/K,$$

где A - содержание элемента в твёрдом осадке снега;

Интенсивность обогащения аэрозоля элементом по классификации, предложенной Добровольским [28]:

>100 - очень сильная;

50-100 - сильная;

10-50 - средняя;

1-10 - умеренная;

<1 - отрицательная.

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

Расчет фактора обогащения проб твёрдого осадка снега химическими элементами производили по формулам [28]:

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

где $C_{X \text{ тос}}$ – концентрация химического элементов в нерастворимой фазе снега, мг/кг,

$C_{Sc \text{ тос}}$ – концентрация скандия в твёрдом осадке снега, мг/кг,

$C_{X \text{ земн. кора}}$ – кларк химического элемента для земной коры, мг/кг [21],

$C_{Sc \text{ земн. кора}}$ – кларк скандия для земной коры, мг/кг [21].

Значения фактора обогащения более 10 свидетельствует о преобладании антропогенного поступления химического элемента из атмосферы [37].

Интенсивность нагрузки водорастворимого иона на территорию, мг/м²*мес. [35]:

$$H^{3B} = \frac{C \cdot V}{S \cdot n}, \text{ мг/м}^2 \cdot \text{мес.},$$

где H^{3B} – интенсивность нагрузки иона на территорию, мг/м²·мес;

C – концентрация иона в фильтрате снеговой воды, мг/дм³;

V – общий объем пробы снеговой воды, дм³;

S – площадь отбора проб снега, м²;

n – число месяцев от даты образования устойчивого снегового покрова до даты отбора проб.

4. Уровень пылевой нагрузки и вещественный состав твёрдого осадка снега в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярск

4.1. Уровень пылевой нагрузки

Результаты расчета величины пылевой нагрузки в окрестностях Красноярского алюминиевого завода представлены в таблице 4.1.1.

Таблица 4.1.1 - Величина пылевой нагрузки в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярск за 2013, 2014 и 2016 гг.

Расстояние от Красноярского алюминиевого завода до точки отбора	Вес твердого снегового осадка (P ₀)	Площадь снегового шурфа (S)	Величина пылевой нагрузки (P _n)
	мг	м ²	мг/м ² *сут
<i>2013 год: дата снегостава - 5 ноября, дата отбора проб - 18 марта</i>			
<i>в северо-восточном направлении</i>			
1 км	21000	0,19	816
2 км	15000	0,14	800
3 км	17000	0,30	420
<i>2014 год: дата снегостава - 15 ноября, дата отбора проб - 22 февраля</i>			
<i>в северо-восточном направлении</i>			
1 км	13610	0,30	342
2 км	10550	0,53	149
3 км	7440	0,17	330
8 км	2070	0,19	82
13 км	810	0,37	16
<i>2016 год: дата снегостава - 19 ноября, дата отбора проб - 23 февраля</i>			
<i>в северо-восточном направлении</i>			
1 км	16180	0,22	552
2 км	17970	0,30	452
3 км	8880	0,20	342
8 км	6890	0,16	321
13 км	1530	0,21	54
<i>в юго-восточном направлении</i>			
0,5 км	4650	0,28	129
1 км	4970	0,31	123
<i>в юго-западном направлении</i>			
1 км	2390	0,21	88
3 км	2670	0,26	78
<i>в северо-западном направлении</i>			
1 км	13220	0,22	450

2 км	7460	0,19	294
<i>в северо-восточном направлении от ТЭЦ-3</i>			
1 км	6920	0,34	155
2 км	3780	0,33	87

*Примечание: фоновая величина пылевой нагрузки составляет 5 мг/м²*сут.*

Согласно нормативной градации величина пылевой нагрузки в 2013 г. в пределах 1-2 км соответствует высокой степени загрязнения, далее по мере удаления от завода изменяется до средней степени загрязнения. В 2014 г. величина пылевой нагрузки в пределах 1-3 км изменяется и соответствует средней и низкой степени загрязнения, а в пределах 8-13 км наблюдается низкая степень загрязнения. Для 2016 г. характерна высокая степень загрязнения в пределах 1-2 км в северо-восточном направлении, далее по мере удаления от завода степень загрязнения изменяется до средней и низкой.

В 2016 году также были отобраны пробы по векторам в крест основному направлению ветра. По результатам можно отметить, что в северо-западном направлении наблюдается средняя степень загрязнения, причем на расстоянии 2 км значение пылевой нагрузки в 1,5 раза меньше чем в километре от завода. В остальных направлениях наблюдается низкая степень загрязнения (рис. 4.1.1). Все значения превышают фоновое (5 мг/м²*сут.).

Одним из факторов, влияющих на величину пылевого загрязнения снегового покрова, является количество осадков, выпавших в зимний период (табл. 4.1.2).

Таблица 4.1.2 – Параметры осадков на территории г. Красноярска в зимние периоды 2013, 2014 и 2016 гг.

<i>Период</i>	<i>Количество осадков, мм</i>	<i>Высота снежного покрова, см</i>
<i>2012-2013 гг.</i>	71	28
<i>2013-2014 гг.</i>	98	39
<i>2015-2016 гг.</i>	48	32

В зимний период 2013 – 2014 года наблюдалось наибольшее количество осадков, наименьшее количество осадков характерно для зимнего периода 2015 – 2016 г. Однако, закономерностей величины выпадения пылевых частиц с данными параметрами не обнаружено. Вероятно, величина пылевой нагрузки

изменяется под влиянием других факторов. Изменение величины пылевой нагрузки может быть связано с объёмами выбросов алюминиевого завода и соседних предприятий промзоны.

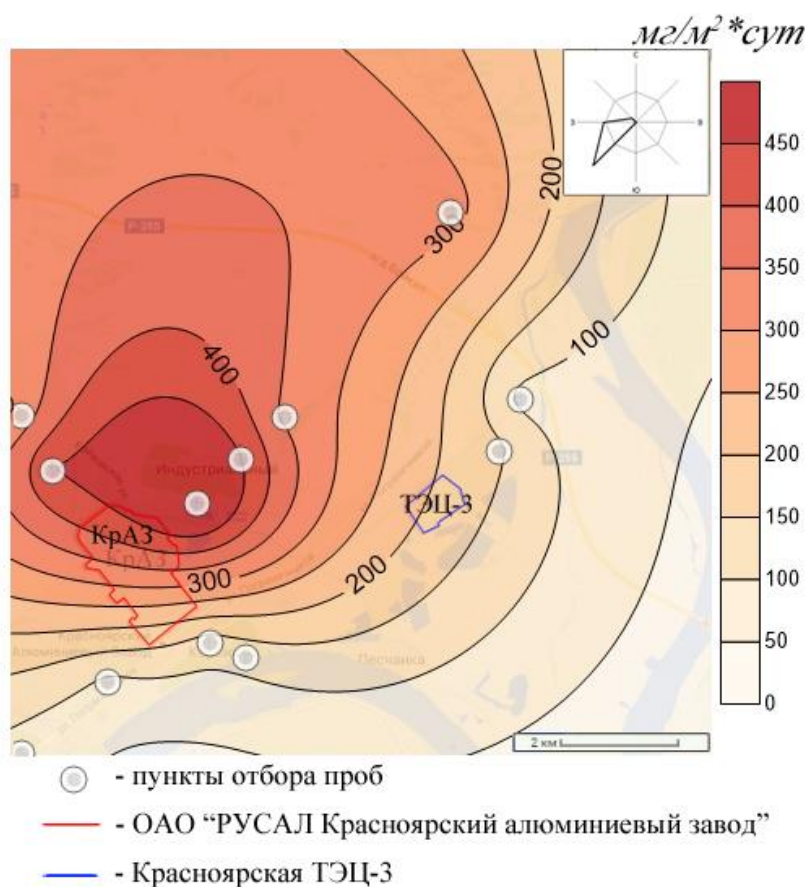


Рисунок 4.1.1 - Схема пространственного распределения величины пылевой нагрузки в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярск по результатам снегового опробования в 2016 г.

Примечание: в практике используется следующая градация по пылевой нагрузке [11]:

- 0-250 мг/м²*сут – низкая степень загрязнения, неопасный уровень заболеваемости;
- 251-450 мг/м²*сут – средняя степень загрязнения, умеренно уровень заболеваемости;
- 451-850 мг/м²*сут – высокая степень загрязнения, опасный уровень заболеваемости;
- >850 мг/м²*сут – очень высокая степень загрязнения, чрезвычайно опасный уровень заболеваемости.

4.2. Вещественный состав твёрдого осадка снега

По результатам микроскопического исследования проб твердого осадка снега на бинокулярном стереоскопическом микроскопе Leica EZ4D с

видеоприставкой в них были идентифицированы минеральные и техногенные частицы, а также определено их процентное соотношение (таблица 4.2.1).

Источниками минеральных частиц в урбанизированных районах являются выбросы промышленных предприятий, противогололёдные мероприятия, а также дальний перенос воздушными массами [53].

Минеральные частицы.

1. Полуокатанные частицы карбоната молочно-белого цвета.
2. Прозрачные бесцветные частицы кварца с острыми краями.
3. Чешуйки слюды различного цвета и оттенков: бесцветные, зеленые и золотистые. Частицы прозрачные.

4. Мелкие частицы розового цвета представлены полевым шпатом (рис. 4.2.1).

Техногенные частицы.

1. Частицы черного цвета, уплощённой формы – частицы сажи и угля (рис. 5.2.2), характерные для отходов тепловых котельных и сжигания мусора. Содержат преимущественно углерод.

2. Бесформенные частицы с полуметаллическим блеском, черного или бурого цвета – частицы шлака (рис. 4.2.2), поступающие в окружающую среду с выбросами тепловых электростанций и котельных, использующих уголь.

3. Черные скорлуповатые частицы угольной пыли.

4. Микросферулы прозрачные, светло-серого и белого цветов со стеклянным блеском и полые внутри.

Распространенность данных частиц в твердом осадке снега указывает на то, что они являются выбросами тепловых котельных и электростанций, использующих уголь в своем технологическом процессе [53].



Рисунок 4.2.1 - Частица полевого шпата, увеличение 35х

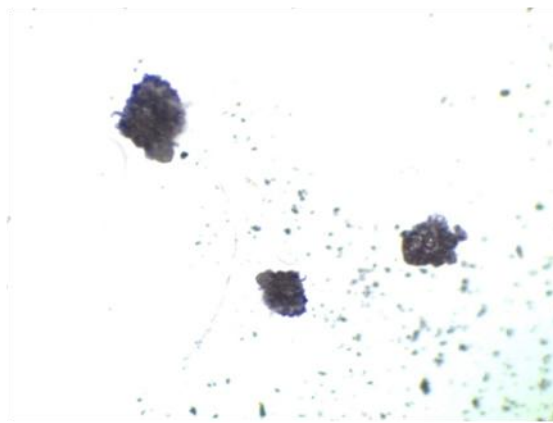


Рисунок 4.2.2 - Частицы сажи и шлака, увеличение 35х

5. Микросферулы черного цвета с металлическим блеском (металлические микросферулы). Для данных частиц характерны магнитные свойства.

Проведенные сотрудниками кафедры ГЭГХ ТПУ исследования показали, что металлические микросферулы являются отходами литейных цехов машиностроительных и металлообрабатывающих предприятий, выбросов предприятий ТЭК. Распространенность металлических сферул в пробах твердого осадка снега указывает на их техногенное происхождение [53].

По данным электронной микроскопии в пробе твёрдого осадка снега из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярска также встретились кальций-железистых микросферулы (рис. 5.2.2).

6. Частицы деревообработки, представляют собой мельчайшие опилки. В основном они поступают в атмосферный воздух с выбросами предприятий, занимающихся переработкой древесины (рис. 4.2.3).

Частицы деревообработки могут присутствовать в пробах предположительно из-за наличия на территории промзоны Завода ДОЗ-2 Мекран (деревообрабатывающий завод) (рис. 2.2.2).

7. Синтетические волокна. Волокнистые частицы различных цветов: красные, розоватые, синие, зеленые, черные, прозрачные (рис. 4.2.4).



Рисунок 4.2.3 - Частица
деревообработки, увеличение
35х



Рисунок 4.2.4 - Синтетические
волокна и частица
деревообработки, увеличение
35х

В изученных пробах твёрдого осадка снега из зоны влияния алюминиевого завода в целом наибольший процент приходится на техногенные образования (62-75 %). Техногенные частицы представлены преимущественно частицами угольной пыли (15-34 %), золой и сажой (10-30 %). Минеральные частицы представлены преимущественно карбонатами (10-30 %).

В зависимости от расстояния от Красноярского алюминиевого завода до точки отбора наблюдается уменьшение процентного содержания карбонатов, тогда как процентное содержание полевых шпатов, а также синтетических волокон заметно возрастает. Что касается опилок и частиц деревообработки, то наибольшее процентное содержание их замечено на расстоянии 3 км от алюминиевого завода, можно отметить, что данная точка наиболее приближена к Заводу ДОЗ-2 Мекран.

Таблица 4.2.1 - Вещественный состав твердого осадка снега в зоне воздействия Красноярского алюминиевого завода района в 2014 год, %

№ п\п	Расстояние от Красноярского алюминиевого завода до точки отбора	1 км	2 км	3 км	8 км	13 км
Минеральные частицы		32	31	25	38	33
1	Карбонаты	15	14	10	9	6
2	Кварц	14	10	5	5	2
3	Слюда	2	5	6	12	8
4	Полевые шпаты	-	1	3	10	15
Биогенные частицы		1	1	1	2	2
Техногенные образования		68	69	75	62	67
6	Зола, сажа, шлак	22	25	30	25	10
7	Угольная пыль	30	32	20	15	34
8	Al-Si микросферулы	10	7	14	5	3
9	Металлические микросферулы	3	2	3	2	2
10	Частицы деревообработки, опилки	1	1	5	2	3
11	Синтетические волокна	2	2	3	13	15

Примечание: «-» - частицы не обнаружены

Величина пылевой нагрузки в окрестностях Красноярского алюминиевого завода в пределах от 1 до 2 км соответствует высокой и средней степени загрязнения в 2013 и 2016 гг., однако в 2014 г. для этого расстояния характерны средняя и низкая степени загрязнения, что может быть связано с объёмами выбросов алюминиевого завода и соседних предприятий промзоны. Далее по мере удаления от завода величина пылевой нагрузки изменяется до средней и низкой степени загрязнения на протяжении всего исследуемого периода. Все значения пылевой нагрузки превышают фоновое ($5 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{сут.}$).

В изученных пробах твёрдого осадка снега из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярска в целом наибольший процент приходится на техногенные образования, представленные преимущественно частицами угольной пыли, золой и сажей.

5. Оценка загрязнения снегового покрова как индикатора качества атмосферного воздуха

5.1. Пространственно-временное распределение фтора в снеготалой воде

Содержание фтора в зоне воздействия Красноярского алюминиевого завода в 2013 г. изменялось от 13,13 до 15,38 мг/л, что в значительной мере превышает фон – 0,099 мг/л. Фоновое значение по фтору в снеговом покрове для г. Красноярска составляет 0,099 мг/л, фоновой является территория заповедника «Столбы» [79]. Также в 2016 г. методом конверта были отобраны фоновые пробы в 40 км в юго-западном направлении от Красноярского алюминиевого завода, содержание фтора составило меньше предела обнаружения (0,05 мг/л). В 2014 году содержание фтора в пробах также превышало фоновое значение (на расстоянии 1 км от завода в 140 раз, на расстоянии в 13 км – 16,5 раз) и изменялось от 1,64 до 13,83 мг/л. Значения содержаний фтора в окрестностях алюминиевого завода в 2016 г. изменяются от 5,94 до 34,45 мг/л, также значительно превышая фоновое.

В 2013 г. содержание фтора в снеготалой воде превышает фоновое (0,05 мг/л) в среднем в 282 раза, в 2014 г. – в 166 раз, а в 2016 г. превышение над фоновым значением в среднем составляет 437 раз. В 2013 и 2014 гг. наибольшее превышение содержания фтора над фоновым характерно для пробы, отобранной в 3 км от Красноярского алюминиевого завода, в 2016 г. наибольшее превышение над фоном характерно для точки, отобранной на расстоянии 1 км.

Таблица 5.1.1 - Содержание фтора в талой снеговой воде в окрестностях Красноярского алюминиевого завода за 2013, 2014 и 2016 гг. (северо-восточный вектор), мг/л

Год отбора проб	Расстояние от завода до пункта отбора проб				
	1 км	2 км	3 км	8 км	13 км
2013	13,13	13,76	15,38	н.д.	н.д.
2014	13,83	10,64	11,62	3,88	1,64
2016	34,45	25,45	27,55	15,85	5,94

*Примечание: *фонное значение по фтору в снеговом покрове составляет 0,099 мг/л согласно литературным данным [79] (для г. Красноярска фоновой является территория заповедника «Столбы»); фоновое содержание за 2016 г. составляет меньше предела обнаружения (0.05 мг/л)*

Таблица 5.1.2 - Содержание фтора в талой снеговой воде в окрестностях Красноярского алюминиевого завода за 2016 гг. (в крест основному направлению ветра)

Расстояние от алюминиевого завода до пункта отбора проб	Содержание фтора, мг/л
<i>северо-западное направление</i>	
1 км	27,39
2 км	20,26
<i>юго-западное направление</i>	
1 км	6,03
3 км	3,02
<i>юго-восточное направление</i>	
0,5 км	17,21
1 км	7,42
<i>северо-восточное направление от ТЭЦ-3</i>	
0,5 км	16,61
1 км	11,44

По результатам исследований в 2013 г. содержание фтора в зоне воздействия Красноярского алюминиевого завода возрастало с расстоянием, однако в 2014 и 2016 гг. подобной закономерности не наблюдается. В 2014 и 2016 гг. по мере удаления от завода в пределах 3-13 км содержание фтора постепенно уменьшается. Также по результатам потенциометрического анализа, проведённого в Научно-образовательном центре «Вода», содержание фтора в пробе, отобранной на расстоянии 2 км от предприятия в северо-восточном направлении в 2016 г., является максимальным.

В 2016 году были отобраны пробы по векторам в крест основному направлению ветра. Согласно проведённому анализу наиболее высокие значения содержания фтора в снеговом покрове характерны для северо-западного направления, а наиболее низкие для юго-западного (рис. 5.1.2).

Общая картина распределения фтора в снеговом покрове в окрестностях Красноярского алюминиевого завода за 2016 г. показана на рис. 5.1.1.

Высокое содержание фтора в пробах талой снеговой воды из окрестностей Красноярского алюминиевого завода связано со спецификой данного предприятия, т.к. является основным источником загрязнения территории г. Красноярска фторидами. Значения концентрации фтора увеличиваются с запада на восток по территории города [79], что сопоставимо с полученными данными (рис. 5.1.1). Согласно литературным данным [73], радиус воздействия выбросов крупных алюминиевых заводов весьма велик, а фтор переносится на значительные расстояния.

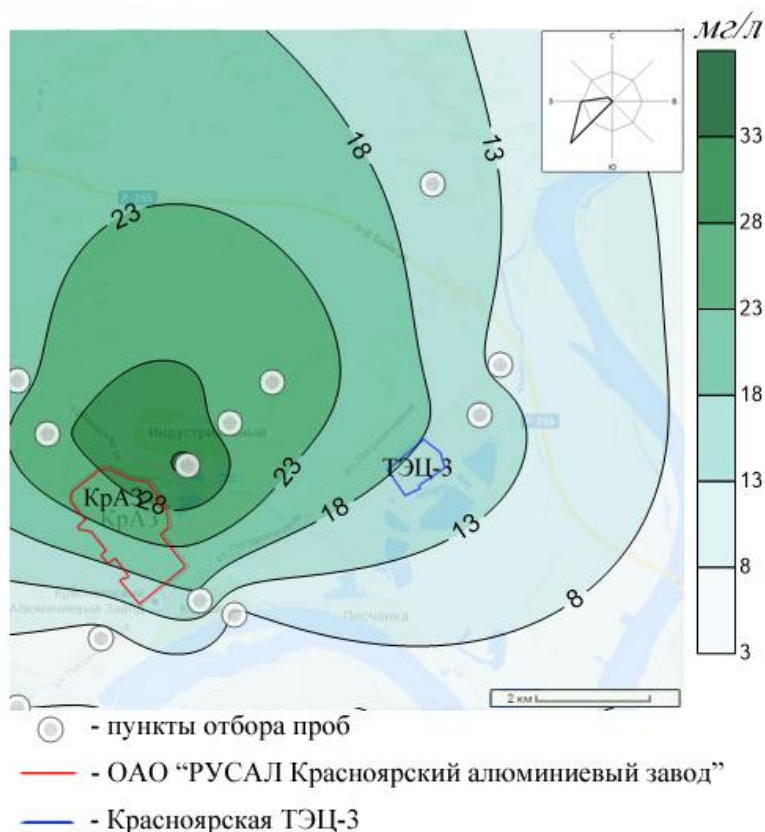


Рисунок 5.1.1 - Схема пространственного распределения содержания фтора в снеготалой воде из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярска за 2016 г.

По результатам расчёта интенсивности нагрузки водорастворимого фтора на изучаемую территорию (табл. 5.1.3) можно заметить, что значения превышают фоновое в каждой точке опробования. В 2014 г. наибольшая интенсивность нагрузки фтора характерна для точки, расположенной в 3 км от

Красноярского алюминиевого завода. В 2016 г. наибольшее значение интенсивности нагрузки наблюдается в 8 км от предприятия. Также значения интенсивности нагрузки водорастворимого фтора в пробах, отобранных в окрестностях Красноярской ТЭЦ-3, достаточно высоки. Можно предположить, что и данное предприятие вносит вклад в загрязнение окружающей среды фтором. Согласно [5] угли, использующиеся на Красноярской ТЭЦ-3, характеризуются повышенным содержанием фтора, превышающее угольный кларк.

Таблица 5.1.3 – Интенсивность нагрузки водорастворимого фтора на изучаемую территорию снегового опробования за 2014 и 2016 гг. (мг/м²*мес)

Расстояние от Красноярского алюминиевого завода до точки отбора	2014 год	2016 год
	Значение интенсивности нагрузки, мг/м ² *мес	
<i>северо-восточное направление</i>		
<i>1 км</i>	127	215
<i>2 км</i>	53	195
<i>3 км</i>	157	227
<i>8 км</i>	51	303
<i>13 км</i>	12	52
<i>северо-западное направление</i>		
<i>1 км</i>	н.д.	255
<i>2 км</i>	н.д.	1
<i>юго-западное направление</i>		
<i>1 км</i>	н.д.	51
<i>3 км</i>	н.д.	22
Расстояние от Красноярской ТЭЦ-3 до точки отбора		
<i>1 км</i>	н.д.	113
<i>2 км</i>	н.д.	76

*Фоновая интенсивность нагрузки по данным автора составляет 0,53 мг/м²*мес*

Примечание: н.д. – нет данных.

На основании литературных данных было проведено сравнение содержания фтора в фильтрате снеготалой воды в окрестностях алюминиевых производств на территории Восточной Сибири (рис. 5.1.2). Уровни содержания фтора в пределах первых 3 км от территории алюминиевых заводов в 3-7 раз выше по сравнению с содержанием фтора на удалении 5-10 км. Содержание

фтора в снеготалой воде при удалении на 29-30 км составляет от 0,5 до 1 мг/л, что ниже содержаний в пробах в непосредственной близости к заводу в 20-50 раз. Пространственная динамика содержания фтора в снеготалой воде зависит не только от расстояния от источника выброса и розы ветров, но также от ландшафтных особенностей местности.

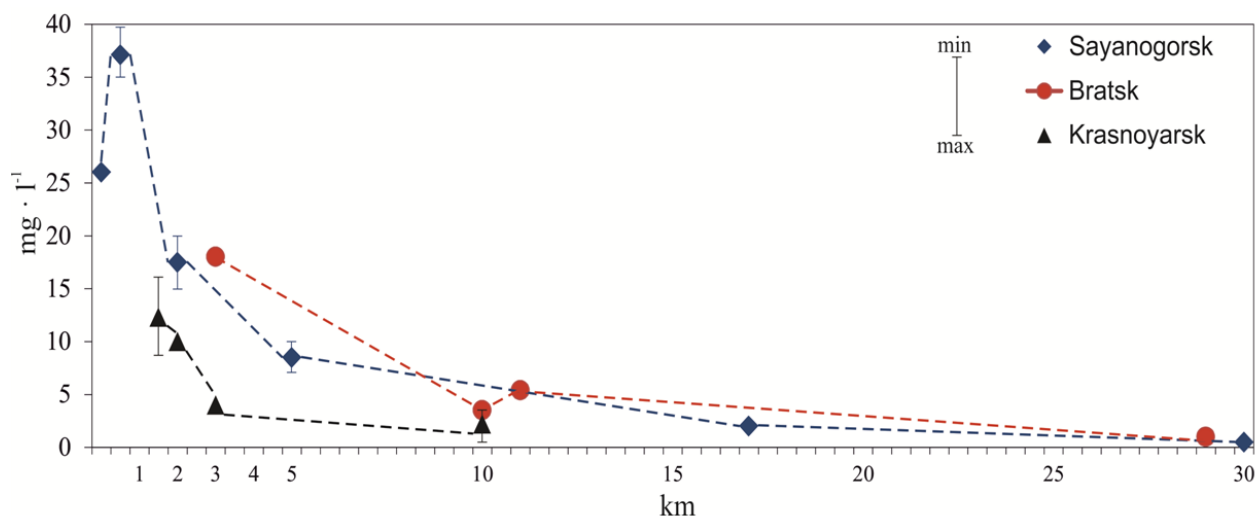


Рисунок 5.1.2 – Пространственная динамика содержания фтора в пробах снеготалой воды по мере удаления от промышленных площадок алюминиевых заводов Восточной Сибири. По данным Янченко Н.И., Николаевой Л.А., Хлебопрос Р.Г., Давыдовой Н.В., Знаменской Т.И., Танделова Ю.П. [23, 34, 49, 73, 79, 85]

Высокое содержание фтора может привести к ряду заболеваний (заболевания органов дыхания, нервной системы, щитовидной железы и др.) и отразиться на здоровье населения, проживающего в окрестностях Красноярского алюминиевого завода, а также рабочих, подверженных воздействию на предприятии. Согласно литературным данным [27] заболеваемость жителей г. Красноярска болезнями эндокринной системы имеет тенденцию к росту за период 2008-2013 гг. (рис. 2.3.6), одной из причин такой тенденции может являться фторидное загрязнение территории города.

По результатам ионной хроматографии за 2016 г. были выявлены содержания SO_4^{2-} , Cl^- , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} . Практически все

значения превышают фоновое. Содержание сульфатов в среднем превышает фон в 19 раз, нитритов – в 18 раз, ионов кальция и магния – в 14 и 12 раз соответственно, аммонийных соединений – в 11 раз, хлоридов – в 6 раз. Содержание аммонийных соединений превышает среднее по Советскому району г. Красноярска [26] в среднем в 4 раза. Содержание аммонийных соединений, нитратов, нитритов в снеговом покрове обусловлено выбросами промышленных предприятий цветной металлургии и автотранспорта [26]. Установлено, что наибольшие значения содержания сульфатов, хлоридов, ионов магния, аммонийных соединений, нитратов, нитритов и приходится на пробу, отобранную на расстоянии 2 км от Красноярского алюминиевого завода в северо-восточном направлении.

На рисунке 5.1.3 приведены графы ассоциации ионов в снеготалой воде из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярска, согласно которым можно выделить две группы элементов, одна из которых представлена Ca^{2+} , NO_2^- , HCO_3^- , $\text{Fe}^{\text{общ}}$, вторая – SO_4^{2-} , NO_2^- , NH_4^+ , F^- . Все ионы между собой связаны положительными связями, пороговое значение $\geq 0,80$.

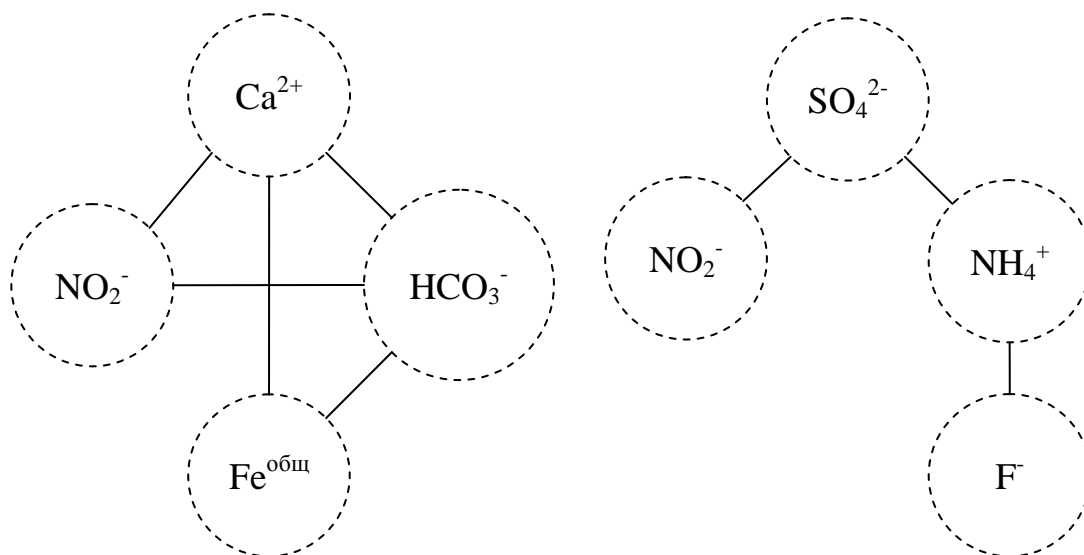


Рисунок 5.1.3 – Графы ассоциации ионов согласно непараметрическому корреляционному анализу Спирмена в снеготалой воде из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярска при пороговом значении $\geq 0,80$

Результаты исследования проб методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой за 2016 г. показали, что наибольшая величина интенсивности нагрузки на территорию характерна для Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Fe и Sr (табл. 5.1.4), что также подтверждается данными исследования [23]. Однако, Ca, Fe и Sr характерны для выбросов заводских и тепловых электростанций [22, 52, 58].

Максимальное значение интенсивности нагрузки Mg, Si, Ca, Fe и Sr характерно для 8 км в северо-восточном направлении от Красноярского алюминиевого завода. В то время как максимальное значение интенсивности нагрузки Na характерно для 2 км в северо-западном направлении от предприятия, алюминия – 2 км в северо-западном направлении от предприятия, калия – 2 км от предприятия в северо-восточном направлении. Значения интенсивности нагрузки по всем элементам превышают фоновые.

Таблица 5.1.4 – Интенсивность нагрузки водорастворимых ионов на изучаемую территорию за 2014 и 2016 гг. (мг/м²*мес)

Элемент	Расстояние от Красноярского алюминиевого завода до точки отбора								Расстояние от Красноярской ТЭЦ-3 до точки отбора в северо-восточном направлении		Фоновое значение
	Северо-восточный вектор				Юго-западный вектор		Северо-западный вектор				
	1 км	2 км	3 км	8 км	1 км	3 км	1 км	2 км	1 км	2 км	
Li	0,18	0,14	0,12	0,08	0,01	0,01	0,22	0,18	0,03	0,03	0,01
B	0,12	0,38	0,14	0,18	0,12	0,14	0,10	0,14	0,08	0,07	0
Na	125,52	116,99	82,83	61,75	13,30	21,16	151,51	114,57	37,48	27,26	1,10
Mg	11,47	25,23	14,81	29,29	12,38	14,97	10,98	16,15	8,69	10,25	0,92
Al	137,37	63,27	76,29	65,39	17,51	16,82	143,48	247,72	11,45	23,96	0,50
Si	11,62	6,52	13,38	44,35	14,57	15,10	8,46	19,80	5,56	12,33	0,34
P	0,55	0,62	0,56	0,82	0,39	0,56	0,45	0,52	0,26	0,22	0,02
K	22,18	45,62	19,12	14,67	3,53	7,48	28,43	20,32	4,61	4,80	0,92
Ca	105,23	133,38	142,73	282,35	143,68	151,11	101,09	120,47	127,13	99,00	9,48
Ti	0,46	0,27	0,43	1,09	0,48	0,57	0,30	0,75	0,16	0,43	0,01
V	0,58	0,60	0,52	0,38	0,07	0,05	0,46	0,58	0,09	0,14	0
Mn	0,52	0,79	0,50	0,89	0,46	0,57	0,42	0,44	0,33	0,28	0,04
Fe	9,96	6,15	9,38	24,53	13,31	16,01	7,09	17,77	4,23	9,43	0,27
Ni	0,62	0,42	0,49	0,37	0,08	0,05	0,54	1,06	0,08	0,14	0
Cu	0,14	0,22	0,09	0,07	0,07	0,10	0,07	0,08	0,03	0,04	0
Zn	0,31	0,48	0,26	0,31	0,24	0,41	0,18	0,39	0,12	0,16	0,05
Sr	1,77	2,64	3,22	5,01	2,73	4,08	1,71	2,83	2,01	2,30	0,13

Pb	0,24	0,43	0,15	0,23	0,15	0,14	0,16	0,21	0,06	0,09	0,01
-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Согласно исследованиям [83] в окрестностях Братского алюминиевого завода также были выделены такие элементы, как Na, Mg, Al, K, Ca и Sr, значительно превышающие региональный фон территории.

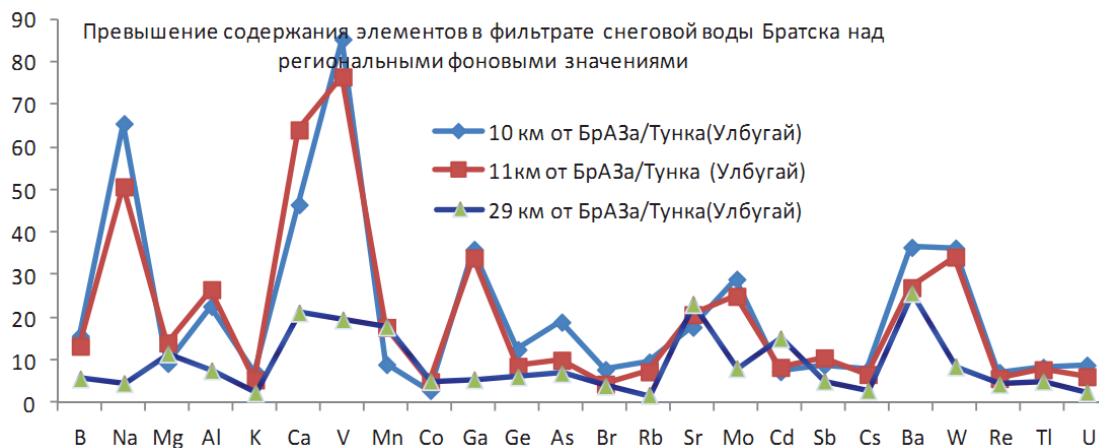


Рисунок 5.1.4 – Превышение концентраций элементов в фильтрате снеговой воды на расстоянии 10, 11, 26 км от Братского алюминиевого завода по сравнению с содержанием элементов в фильтрате снеговой воды Тункинской долины (улус Улбугай) [83]

На рисунке 5.1.5 приведены графы ассоциации химических элементов в снеготалой воде из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярск, согласно которым можно выделить две группы элементов, одна из которых представлена халькофильными Pb и Zn, вторая – литофильными Na, Al, K, V и сидерофильными Ni, Mo. Все элементы между собой связаны положительными связями, пороговое значение $\geq 0,90$.

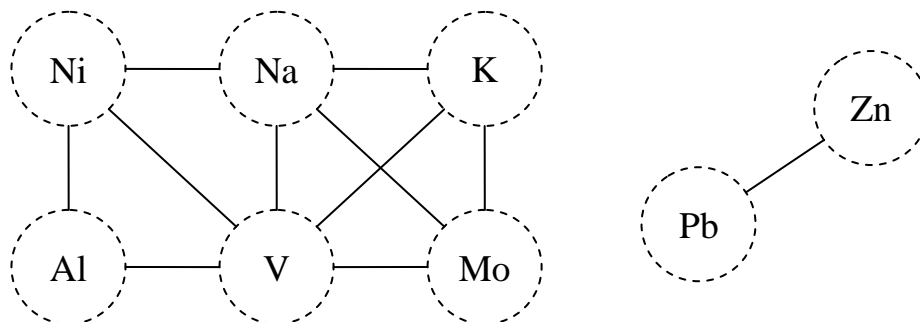


Рисунок 5.1.5 – Графы ассоциации химических элементов согласно непараметрическому корреляционному анализу Спирмена в снеготалой воде из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярск при пороговом значении \geq

0,90 (по результатам масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой за 2016 г.)

По результатам исследований проб методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой за 2014 г. по соотношению содержания элементов в твёрдом осадке снега и снеготалой воде было выявлено, что большинство элементов концентрируются в твердой фазе снегового покрова (рис. 5.1.6). Однако, такие индикаторные элементы как Na и K содержатся в основном в растворенной форме, а Ca, Sr, Mg, Al, Fe и Si во взвешенном состоянии, Ca и Sr способны переходить в раствор снеготалой воды.

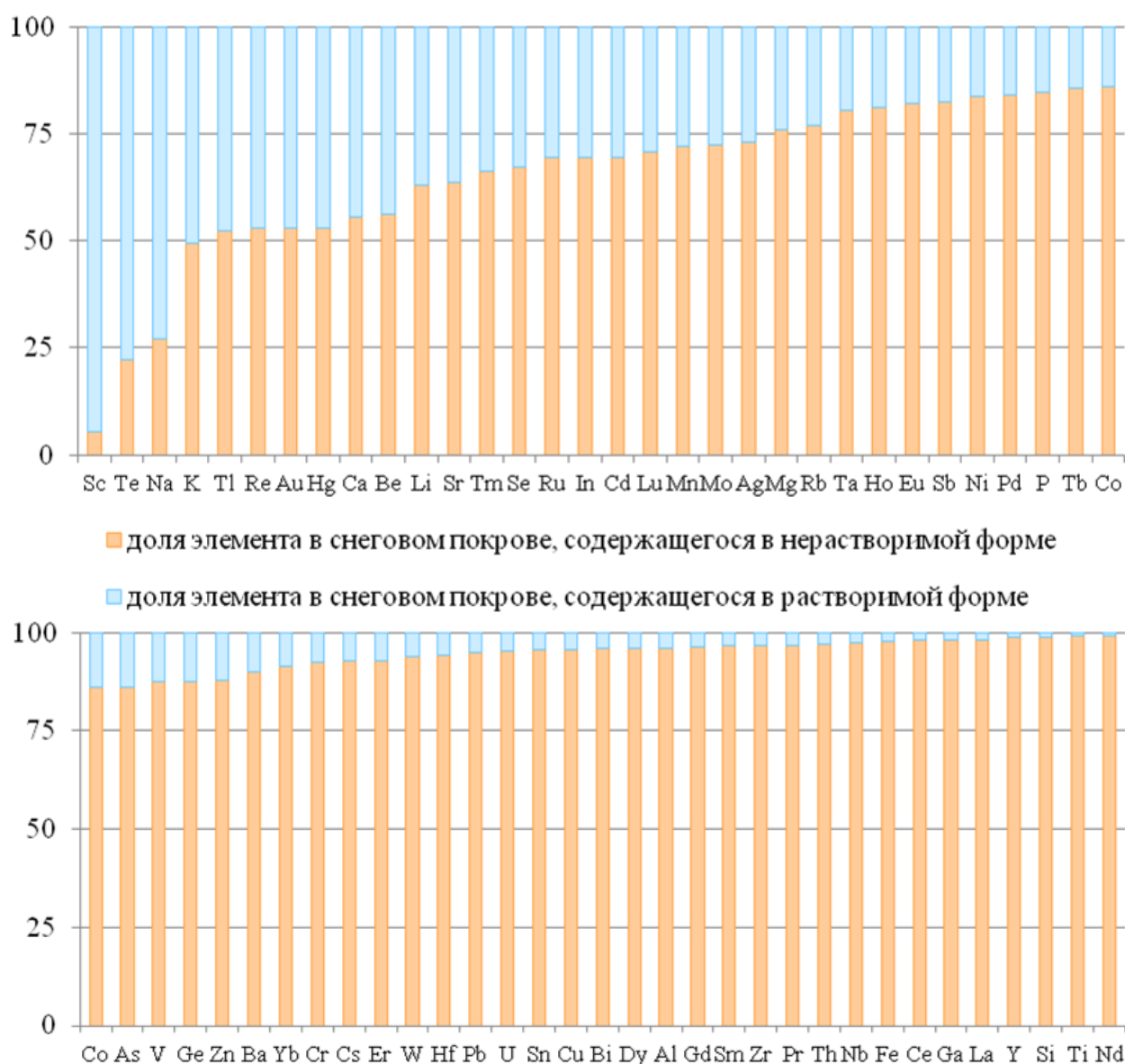


Рисунок 5.1.6 – Балансовое соотношение химических элементов между снеготалой водой и твёрдым осадком снега в составе проб из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярска

Полученные данные сопоставимы с результатами Янченко Н.И. [83] по алюминиевому заводу г. Братска (рис. 5.1.6).

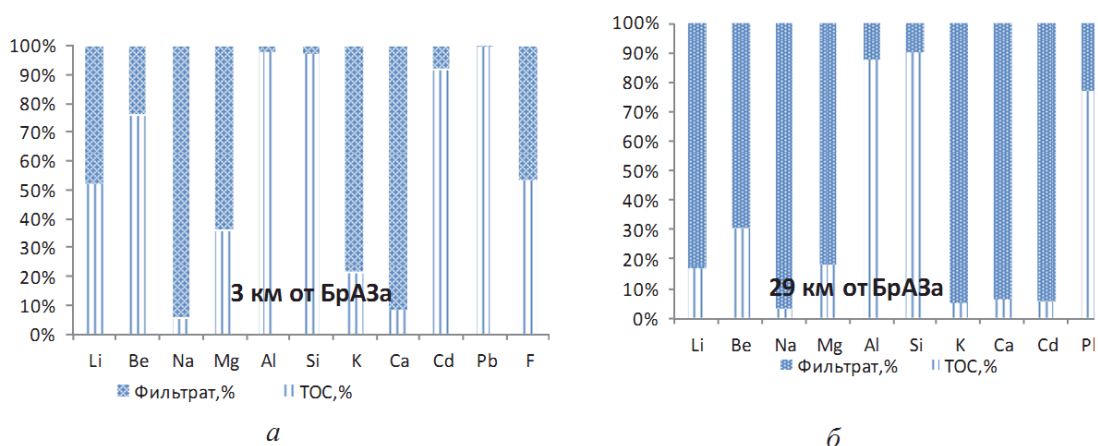


Рисунок 5.1.6 – Соотношение элементов (%) в ТОС и фильтрате снежного покрова: а) 3 км от БрАЗа; б) 26 км от БрАЗа [84]

5.2. Геохимическая характеристика твёрдого осадка снега

Согласно данным нейтронно-активационного анализа проб твёрдого осадка снега за 2013 г. все 28 рассматриваемых химических элементов концентрируются преимущественно в пробах на расстоянии от 1 до 2 км по мере удаления от предприятия.

Представлены данные по содержаниям Na, Ca, Fe, Zn, Sr и Ba (табл. 5.2.1) в связи с тем, что, согласно литературному обзору [22, 23, 58, 79, 85], эти элементы могут поступать с выбросами алюминиевых заводов, а также для данного перечня элементов характерны наибольшие значения величин среднесуточного выпадения. Максимальная величина общей нагрузки для Na и Zn наблюдается на расстоянии 1 км, для Ca, Fe, Sr, Ba – на расстоянии 2 км от границ алюминиевого завода.

Анализ данных показал, что наиболее высокие значения содержаний элементов характерны для Na на расстоянии 3 км от границ предприятия, для

Ca, Fe, Sr, Ba – на расстоянии 2 км, для Zn – 1 км от завода. Однако среднее содержание данных элементов в пробах не превышает среднего содержания в пробах с территории г. Красноярска согласно литературным данным [70].

Максимальная величина общей нагрузки (табл. 5.2.1) характерна для Na, Ca, железа, Sr, Ba и Zn, и для Na и Zn наблюдается на расстоянии 1 км, для остальных элементов – на расстоянии 2 км от границ предприятия. Источником поступления данных элементов в окружающую среду могут являться как Красноярский алюминиевый завод, так и Красноярская ТЭЦ-3.

Таблица 5.2.1 – Общая нагрузка элементов в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярска, 2013 г.

Элемент	Расстояние от Красноярского алюминиевого завода до точки отбора			Элемент	Расстояние от Красноярского алюминиевого завода до точки отбора		
	1 км	2 км	3 км		1 км	2 км	3 км
	<i>Общая нагрузка, мг/ (км²*сут)</i>				<i>Общая нагрузка, мг/ (км²*сут)</i>		
<i>Na</i>	3206073	2848612	2764102	<i>Ba</i>	233484	460602	106243
<i>Ca</i>	11922104	21311354	5321373	<i>La</i>	4568	7948	1782
<i>Sc</i>	2221	4843	838	<i>Ce</i>	10880	19210	4124
<i>Cr</i>	21724	29222	8665	<i>Nd</i>	4175	11116	1995
<i>Fe</i>	9484855	15616680	4257802	<i>Sm</i>	925	1531	335
<i>Co</i>	5746	8459	3085	<i>Eu</i>	137	337	83
<i>Zn</i>	129469	104656	55796	<i>Tb</i>	111	263	53
<i>As</i>	5168	3743	3527	<i>Yb</i>	565	1314	253
<i>Br</i>	2462	2431	1070	<i>Lu</i>	85	176	33
<i>Rb</i>	5416	7888	2118	<i>Hf</i>	762	1345	305
<i>Sr</i>	501118	760489	164896	<i>Ta</i>	46	80	38
<i>Ag</i>	204	200	105	<i>Au</i>	3	3	2
<i>Sb</i>	1780	3404	1112	<i>Th</i>	1970	2012	399
<i>Cs</i>	258	369	91	<i>U</i>	865	1006	309

Коэффициент аэрозольной аккумуляции для Na, Ca, Fe и Ba равен менее 1, для Zn – 3, а для Sr изменяется от 2 до 4, что свидетельствует об обогащенности пылевого аэрозоля данным элементом.

Расчёты фактора обогащения велись по отношению к скандию. Значения фактора обогащения для Na, Ca, Fe и Ba в большей степени близки к единице, для Zn равно 8, а значение для Sr составляет более 10, что свидетельствует о

преобладании антропогенного поступления химического элемента из атмосферы [37].

По данным электронной микроскопии в пробе нерастворимой фазы снега из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярка были обнаружены Ba и Pb в форме серосодержащих фаз (размер частиц около 2 мкм), а также серосодержащие фазы Fe (размер частиц около 9 мкм) и Zn (размер частиц около 8 мкм), Ca и Fe – в форме кальций-железистых микросферул (размер частиц около 13 мкм) (рис. 5.2.2 - 5.2.3).

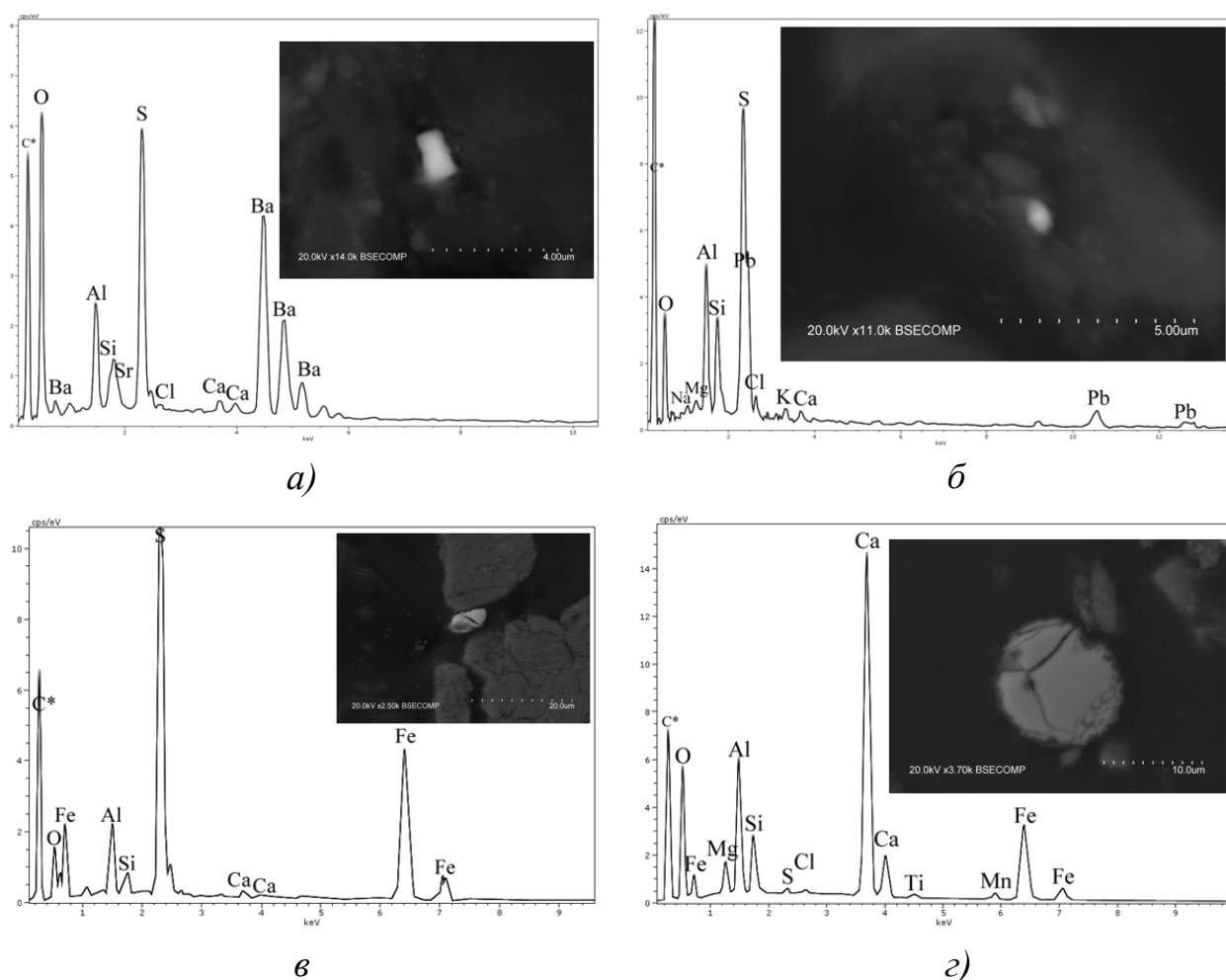


Рисунок 5.2.2 - Минеральные частицы в пробах твёрдого осадка снега из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярка (а – серосодержащая фаза Ba, б – серосодержащая фаза Pb, в – серосодержащая фаза Fe, г – Ca-Fe микросферула)

Были идентифицированы оксиды железа (размер частиц от 7 до 50 мкм) и оксиды алюминия (размер частиц от 8 до 62 мкм), а также найдены частицы, содержащие Na, Al, F (размер частиц около 90 – 100 мкм) (рис. 5.2.3).

В исследуемой пробе преобладают: серосодержащие фазы Ba и Pb, а также оксиды Fe и Al.

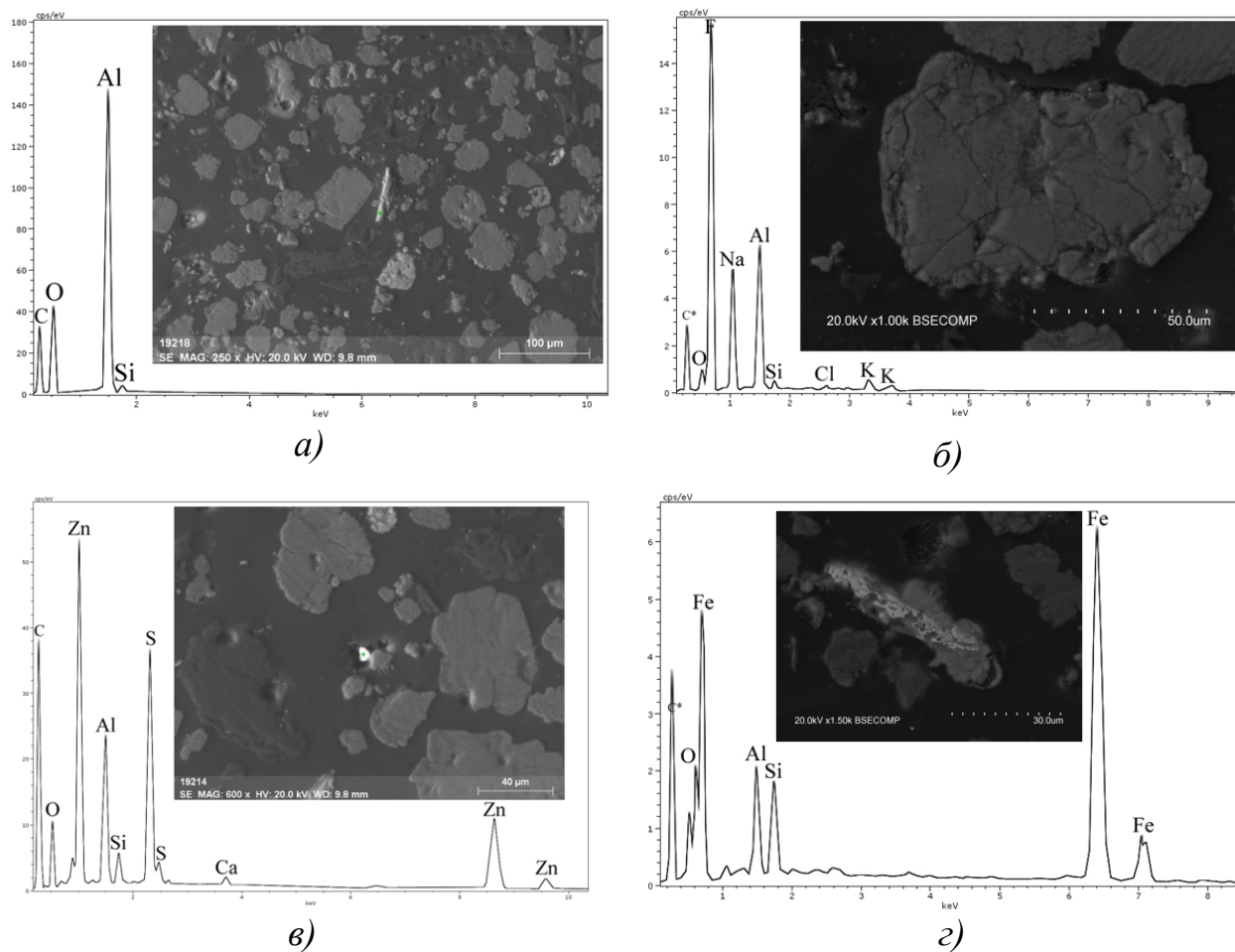


Рисунок 5.2.3 - Минеральные частицы в пробах нерастворимой фазы снега из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярск (а – оксид алюминия, б – частица, содержащая Na, Al, F; в – серосодержащая фаза Zn, г – оксид железа)

Согласно [84] в окрестностях Братского алюминиевого завода также были найдены частицы, содержащие в себе кислород и алюминий, а также частица, содержащие алюминий, натрий и фтор (рис. 5.2.4).

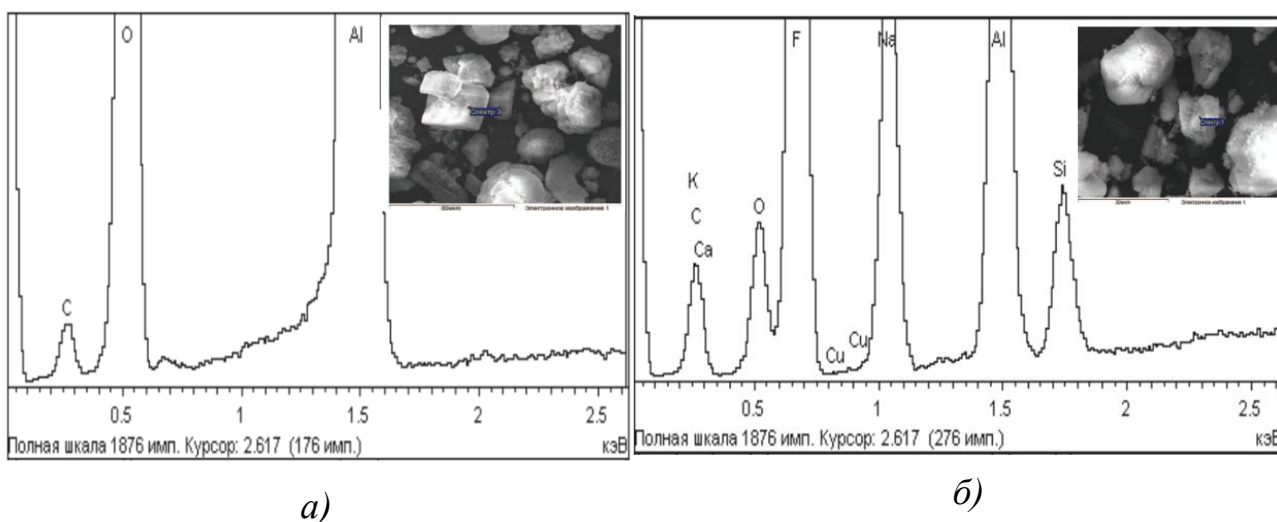


Рисунок 5.2.4 – Частица, имеющая в своём составе а) кислород и алюминий, б) алюминий, натрий, фтор по данным [84] (Братский алюминиевый завод)

По результатам исследований в 2013 г. содержание фтора в зоне воздействия Красноярского алюминиевого завода возрастало с расстоянием, однако в 2014 и 2016 гг. подобной закономерности не наблюдается. Значения содержания фтора на протяжении всех лет исследования превышают фоновое значение и ПДК.

По результатам расчёта интенсивности нагрузки водорастворимого фтора на изучаемую территорию можно заметить, что значения превышают фоновое в каждой точке опробования.

Результаты исследования проб снеготалой воды за 2016 г. показали, что наибольшая величина интенсивности нагрузки на территорию характерна для Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Fe и Sr, что также подтверждается литературными данными по другим алюминиевым заводам.

Анализ проб твёрдого осадка снега методом нейтронно-активационного анализа показал, что наиболее высокие значения содержаний элементов характерны для Na на расстоянии 3 км от границ предприятия, для Ca, Fe, Sr, Ba – на расстоянии 2 км, для Zn – 1 км от завода.

По соотношению содержания элементов в твёрдом осадке снега и снеготалой воде было выявлено, что большинство элементов

концентрируются в твердой фазе снегового покрова, что сопоставимо с литературными данными.

Согласно данным электронной микроскопии в исследуемой пробе Ва встречается в форме барита, Pb в форме галенита, Fe в форме пирита и оксидов железа, а также Ca и Fe в форме кальций-железистых микросферул, Zn – сфалерита; Na, Al, F в форме криолита и Al в форме оксида алюминия.

6. Биотестирование твёрдого осадка снега на дрозофилах *Drosophila melanogaster*

Биотестирование основано на регистрации изменений биологически значимых показателей исследуемых тест-объектов. В качестве тест-объекта для биотестирования твёрдого осадка снега применялись мушки *Drosophila melanogaster*. Были изучены две пробы твёрдого осадка снега из зоны воздействия алюминиевого завода г. Красноярска и Кирпичного завода г. Томска. Для сравнения пробы из окрестностей Красноярского алюминиевого завода было решено выбрать пробу с Кирпичного завода г. Томска, так как данные предприятия являются источниками поступления фтора в атмосферу.

***Drosophila melanogaster* в качестве тест-объекта**

На сегодняшний день широко применяются методы тестирования при помощи живых организмов, а именно мух *Drosophila melanogaster*, которые являются наиболее изученными объектами в генетическом отношении среди многоклеточных организмов [67, 74]. *Drosophila melanogaster* эффективно используется для оценки токсических, мутагенных, канцерогенных и протекторных свойств широкого спектра химических соединений и физических факторов, при скрининге лекарственных средств и установлении молекулярных механизмов их действия [33]. Длительное её использование в генетических исследованиях также объясняется наличием у *Drosophila melanogaster* большого количества наследственных рас, которые позволяют широко моделировать в генетических экспериментах, и метаболических систем, очень близких к млекопитающим, расшифрованным геномом [67]. Также моделирование заболеваний человека на *Drosophila melanogaster* связано с высокой степенью сходства консервативных генов, физиологических процессов и общностью путей реализаций развития признаков [33].

Результаты почти векового изучения *Drosophila melanogaster* позволяют проанализировать все возможные мутации и прогнозировать генетические ситуации, с которыми можно встретиться у других высших организмов. Полезность дрозофилы как тест-объекта общепризнанна, она входит в батареи

тестов для определения реальной и потенциальной мутагенной активности различных факторов [67].

Также данная методика была апробирована [72], исследование твёрдого осадка снега на мушках *Drosophila melanogaster* показало хорошие результаты, вследствие чего было принято решение провести эксперимент.

Методика эксперимента

В нашем эксперименте, в результате скрещивания самок 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 [4]. Получали гибриды поколения F₁ (самки – *y*^{+/+}*sn*, самцы *y*^{+/Y}). Во время эксперимента зафиксировали количество самок и самцов поколения F₁, а также проявлений у них морфоз и мозаиков.

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 твердого осадка снега и других территорий [72], в ходе которых выявлено что, наиболее оптимальная концентрация пробы в питательной среде изменяется от 0,1 % до 3 %.

Морфозы – это фенотипические изменения, напоминающие результат действия генных факторов, но не являющихся результатом мутации в соматических тканях и гонадах и, следовательно, не передающихся потомству. Морфозы у дрозофил проявлялись в виде неразвитых крыльев (смятые, скрученные). 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.

Результаты эксперимента

Эксперимент был проведен согласно методическим рекомендациям по оценке мутагенных свойств фармакологических средств [46].

В ходе эксперимента было изучено 2875 дрозофилы, из них 614 – самок и 517 – самцов в контроле, 1070 самок и 674 самцов в опыте. На две экспериментальные пробы контроль выполнялся один. В среднем, количество вылетевших на 1 флакончик дрозофил составило порядка 80-110. Максимум – 167, минимум – 43.

Таблица 6.1.1 – Соотношение количества самцов и самок, штук

Проба	Количество самцов		Количество самок	
	контроль	опыт	контроль	опыт
1 км от алюминиевого завода г. Красноярска	482	310	593	582
200 м от промплощадки Кирпичного завода г. Томска	450	364	553	488

Критерий соответствия χ^2 (Хи-квадрат) применялся для определения степени соответствия фактических данных к ожидаемым [43]. 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 также 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 из окрестностей Кирпичного завода г. Томска – незначимый ($> 0,1$), что свидетельствует об отсутствии влияния проб. В то время как уровень значимости по χ^2 для проб твердого осадка снега из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярска является высоко значимым ($< 0,005$), что говорит о токсическом воздействии данной пробы.

Оценкой степени токсичности каждой пробы также являлось соотношение между количеством дрозофил и количеством дрозофил с морфозами на стадии имаго в опытной группе и в соответствующем контроле. По результатам исследования проб (табл. 6.2) выявлено, что проба, отобранная в окрестностях Кирпичного завода, не оказала токсического воздействия

(незначимый уровень различий по χ^2), в отличие от пробы, отобранной в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярска.

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

Проба	Соотношение полов		Наличие морфоз	
	χ^2	Ур. знач	χ^2	Ур. знач
1 км от алюминиевого завода г. Красноярска	35,83	10^{-7}	0,05	0,8
200 м от промплощадки Кирпичного завода г. Томска	1,56	0,2	0,68	0,4

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.

Таким образом, по результатам биотестирования определено, что проба твердого осадка снега из окрестностей Кирпичного завода г. Томска не оказывает токсического и мутагенного воздействия, в то время как проба из окрестностей Красноярского алюминиевого завода оказывает токсическое воздействие, исходя из соотношения полов в данной пробе.

7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель данной выпускной квалификационной работы заключается в оценке эколого-геохимической обстановки в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярска по данным снегового опробования. Для этого необходимо произвести следующие виды работ, которые выполняются последовательно: полевые (атмогеохимический метод), 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 [68] 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 окрестностях Красноярского алюминиевого завода осуществляется в конце февраля в начале марта, по векторной сети в северо-восточном направлении на расстоянии 1, 2, 3, 8 и 13 км от завода.

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 фторид-иона в пробах потенциометрическим методом. Анализ выполняется в учебно-научной лаборатории микроэлементного состава МИНОЦ «Урановая геология» на базе кафедры геоэкологии и геохимии.

Также 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. Также 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	Геозолог	3		▨									
2	Эколого-геохимические работы по пылевым выпадениям из атмосферы путем изучения снежного покрова на отдельных площадках	Геозолог, рабочий	1		▨									
3	Пробоподготовка	Геозолог	8			▨								
4	Лабораторные работы	Геозолог	7				▨							
5	Камеральные работы	Геозолог	14					▨	▨					

Примечание: ▨ - Геозолог, ■ - Рабочий

Финансовый план позволяет планировать бюджет проекта. Финансирование геозологических 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 геозологических 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 пылевым выпадениям из атмосферы путем изучения снежного покрова на отдельных площадках (масса 15 кг)	проба	5	отбор проб снега на территории г. Томска	Лопата, полиэтиленовые мешки, веревки
2.	Полевая камеральная обработка материалов Обработка материалов эколого-геохимических работ (без использования ЭВМ)	проба	5	обработка данных, анализ материала	ПЭВМ
3.	Предварительное изучение результатов анализов проб и выявление элементов-загрязнителей	проба	5		
4.	Расчет суммарного показателя концентрации элементов-загрязнителей	проба	5		
5.	Расчет суммарной экологической нагрузки от совокупности элементов-загрязнителей	проба	5		
6.	Камеральная обработка материалов (с использ. ЭВМ)				
7.	Лабораторные работы Фтор, ионометрический ГОСТ 4389-81	проба	5	определение фтора потенциометрическим методом	Прибор АНИОН 4100

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», ССН-93 выпуск 2 «Геоэкологические работы» и дополнением к нему

[36, 68, 69]. 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 длительности, Н	Нормативный документ	t, чел./смена
		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	5	0,1249	ССН, вып. 2, пункт 107, с. 59	0,625
2	Полевая камеральная обработка материалов	проба	5	0,0041	ССН, вып. 2, табл. 54, стр.1, ст.3	0,021
3	Обработка материалов эколого-геохимических работ (без использования ЭВМ)	проба	5	0,0136	ССН, вып. 2, табл. 59, 3 стр., 3 ст.	0,068
4	Предварительное изучение результатов анализов проб и выявление элементов-загрязнителей	Элементо-определений	430	0,00034	ССН, вып. 2, табл. 60, 29 стр., 7 ст.	0,146
5	Расчет суммарного показателя концентрации элементов-загрязнителей		430	0,00031	ССН, вып. 2, табл. 60, 31 стр., 7 ст.	0,133
6	Расчет суммарной экологической нагрузки от совокупности элементов-загрязнителей		430	0,00336	ССН, вып. 2, табл. 60, 32 стр., 7 ст	1,445
7	Камеральная обработка материалов (с использ. ЭВМ)	проба	5	0,0337	ССН, вып. 2, табл. 61, 3 стр, 3 ст	0,169
8	Лабораторные работы Фтор, ионометрический ГОСТ 4389-81	проба	5	0,14	Дополнение к ССН, вып. 7, табл. 1, стр.115	0,7
Итого						3,307

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 выпадению из атмосферы путем изучения снежного покрова на отдельных площадках (масса пробы 15 кг)	1,250	0,625	0,625
2	Полевая камеральная обработка материалов	0,021	0,021	-
3	Обработка материалов эколого-геохимических работ (без использования ЭВМ)	0,068	0,068	-
4	Предварительное изучение результатов анализов проб и выявление элементов-загрязнителей	0,146	0,146	
5	Расчет суммарного показателя концентрации элементов-загрязнителей	0,133	0,133	
6	Расчет суммарной экологической нагрузки от совокупности элементов-загрязнителей	1,445	1,445	
7	Камеральная обработка материалов (с использ. ЭВМ)	0,337	0,337	
8	Лабораторные работы Фтор, ионометрический ГОСТ 4389-81	0,7	0,7	
Итого:		4,1	3,475	0,625

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	10	200
Рулетка	шт.	50	1	50
Пластмассовая лопатка	шт.	80	1	80
Лабораторные работы				
Газ пластмассовый	шт.	250	3	750
ПЭТ бутылки	шт.	8	10	80
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:				1700

Таблица 7.5.2 Транспортировка грузов (проб) и персонала

№	Наименование автотранспортного средства	Количество	Стоимость за 1 л. (руб)
1	Бензин, АИ-92	76 км	34,2
Итого			2586

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 1,5% от суммы расходов на полевые работы. Расходы на ликвидацию полевых работ - 0,8% от суммы полевых работ. Расходы на транспортировку грузов и персонала - 64% полевых работ. Накладные расходы составляют 15% основных расходов. Сумма плановых накоплений составляет 20% суммы основных и накладных расходов. Сумма доплат рабочим равняется 8% 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 (30% 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),

К – коэффициент районный.

$$ДЗП = ЗП * 7,9\%$$

где ДЗП – дополнительная заработная плата (%).

$$ФЗП = ЗП + ДЗП,$$

где ФЗП – фонд заработной платы (р).

$$СВ = ФЗП * 30\%$$

где СВ – страховые взносы.

$$ФОТ = ФЗП + СВ,$$

где ФОТ – фонд оплаты труда (р).

$$СПР = ФОТ + М + А + R,$$

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	3,48	544,26	1,022	1933
Специалист I кат.	1	0,63	331,51	1,022	212
Итого	2	4,10			2145
Дополнительная зарплата	7,9%				169
ФЗП					2314
ФЗП: с р.к.=	1,3				3008
Страховые взносы	30,0%				902
ФОТ:					3910
Материалы,	3,0%				69
Амортизация	2,0%	4,10			46
Итого основных расходов					4025

Таблица 7.6.2 – Расчет затрат на подрядные работы

№	Метод анализа	Кол-во проб	Стоимость, руб	Итого
1	Инструментальный нейтронно-активационный анализ	5	2000	10000
2	Масс спектрометрия с индуктивно связанной плазмой	5	2000	10000
Итого				20000

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	4025
1	Полевые работы:			4025
2	Организация полевых работ	% от ПР	1,5	60,375
3	Ликвидация полевых работ	% от ПР	0,8	32,200
4	Камеральные работы	% от ПР	100	4025
	Б Сопутствующие работы и затраты			
5	Транспортировка грузов и персонала			2586
Итого основных расходов (ОР):				14753,575
II	Накладные расходы	% от ОР	15	2211,536
Итого: основные и накладные расходы (ОР+НР)				16955,111
III	Плановые накопления	% от НР+ОР	20	3391,022
IV	Подрядные работы			
1	Лабораторные работы	руб.		20000
V	Резерв	% от ОР	3	442,307
Итого сметная стоимость				40788,441
	НДС	%	18	7341,919
Итого с учётом НДС				48140,360

Таким образом, затраты на реализацию научно-исследовательского геоэкологического проекта за один год составляет **48140** рублей с учетом НДС.

8. Социальная ответственность при проведении геоэкологических работ по изучению снегового покрова в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярска

Социальная ответственность или корпоративная социальная ответственность (как морально-этический принцип) - это ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров [2].

Данная выпускная квалификационная работа представлена научно-исследовательской работой на тему: «Эколого-геохимическая обстановка в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярска по данным изучения снегового покрова»

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

Красноярский алюминиевый завод расположен в 5 км к северо-востоку от г. Красноярска на левом берегу р. Енисей. В 2013, 2014 и 2015 гг. в окрестностях данного предприятия выполнялся маршрутный отбор снеговых проб по векторной сети. Пробы отбирались на расстоянии 1, 2, 3, 8 и 13 км в северо-восточном направлении от предприятия; а также в 40 км на юго-запад от Красноярского алюминиевого завода (близ пос. Манский).

Отбор осуществлялся в период максимального влагозапаса, что в климатических условиях Красноярского края соответствует концу февраля – началу марта. Пробы отбирались в полиэтиленовые мешки, вес пробы приблизительно 15 кг.

Таблица 8.1.1 - Основные элементы производственного процесса при геоэкологических работах по изучению снежного покрова

Этапы работ	Наименование запроектованных видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-99) [12]		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 12.1.005-88[14] ГОСТ 12.1.004-91[13] Р 2.2.2006-05 [61]
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. Степень нервно-эмоционального напряжения	СанПиН 2.2.4.548-96 [66] ГОСТ 12.1.005-88[14] СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278-03 [64] СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [65] ГОСТ 12.1.019-79 [15] ГОСТ 12.1.038-82 [17] ГОСТ 12.1.030-81 [16] ГОСТ 12.1.004-91 [13] ФЗ от 22.07.2008 N 123-ФЗ [78]

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

8.1. Анализ вредных производственных 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 [61].

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.

Для Красноярска характерен континентальный климат с продолжительной зимой и коротким жарким летом. Осень часто сухая, с ранними заморозками. В среднем в год выпадает свыше 300 мм осадков, основная часть – летом. Средняя температура воздуха составляет -6.5°C . Средняя температура для наиболее холодного месяца - января $-28,7^{\circ}\text{C}$, для наиболее тёплого – июля $+15.7^{\circ}\text{C}$ [25].

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 [47]. Таким образом, работающие на открытой территории в зимний период года в соответствии с ГОСТ 29335-92 и ГОСТ 29338-92 должны быть обеспечены спецодеждой.

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 [], 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 [47].

Таблица 8.1.2 – Допустимая продолжительность (ч) однократного за рабочую смену пребывания на открытой территории в зависимости от температуры воздуха и уровня энергозатрат* [47]

Температура воздуха, °С	Энергозатраты, Вт/м ² (категория работ)		
	88 (Iб)	113 (IIа)	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 [47].

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 [61]. 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. Следовательно, данные работы характеризуются как тяжелые (для женщин) и средней тяжести (для мужчин).

Лабораторный и камеральный этапы

1. Отклонение параметров микроклимата в помещении.

Под микроклиматом производственных помещений понимаются метеорологические условия внутренней среды помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения.

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 [14] и строительными нормами СанПиН 2.2.4.548-96 [66].

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 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений [66].

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

Объем помещений, в которых помещены работники вычислительных центров, не должен быть меньше 19,5 м³/чел, с учетом максимального числа одновременно работающих в смену.

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 [64].

Таблица 8.1.5 – Нормируемые параметры естественного и искусственного освещения в помещении лаборатории и помещении с ПЭВМ [64]

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО e_n , %		КЕО e_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

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.

3. Степень нервно-эмоционального напряжения

Длительная непрерывная работа с ПК вызывает усталость и перенапряжение зрения, внимания, нервно-эмоциональное и умственное напряжение. Все это может отрицательно повлиять на сроки выполнения работ, на производительность труда, качество труда, «эмоциональное здоровье» человека и окружающее его общество.

Во избежание последствий продолжительность непрерывной работы с ПК без перерыва не должна превышать 2 часов.

При работе на ПК для предупреждения развития переутомления необходимо осуществлять комплекс профилактических мероприятий:

- проводить упражнения для глаз через каждые 20-25 минут работы на ПК, а при появлении зрительного дискомфорта, выражающегося в быстром развитии усталости глаз, рези, мелькании точек перед глазами и т.п., упражнения для глаз проводятся индивидуально, самостоятельно и раньше указанного времени;

- для снятия локального утомления должны осуществляться физкультурные минутки целенаправленного назначения индивидуально;

- для снятия общего утомления, улучшения функционального состояния нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной систем, а также мышц плечевого пояса, рук, спины, шеи и ног, следует проводить физкультпаузы (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03) [65].

8.2. Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий 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 [61].

Полевой этап

1. Механические травмы при пересечении местности.

На открытой местности при проведении геоэкологических работ – в окрестностях алюминиевого завода г. Красноярска 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, альбуцид, ношпа и др.).

Лабораторный и камеральный этапы

1. Поражение электрическим током

Источником электрического тока при проведении анализов на оборудовании (микроскоп, ионметр и др.), 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 ССБТ [17]. 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 [17]

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 35⁰С; отсутствуют токопроводящие полы (полы деревянные) [60].

Защита от электрического тока подразделяется [15]:

- 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 [16].

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

Помещение лаборатории, в которой проводились исследования по пожароопасности относятся к категории В – пожароопасные помещения: горючие и трудно горючие жидкости, твердые вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), а также вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б [13].

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 должны быть только порошковые огнетушители типа ОП-03.

8.4. Законодательное регулирование проектных решений

Правовой основой законодательства в области обеспечения БЖД является Конституция – основной закон государства [62].

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 целый ряд федеральных законов о безопасности. Обеспечение экологической безопасности на территории РФ, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на действии с марта 1992 г. Федерального закона «Об охране окружающей природной среды» в комплексе с мерами организационного, правового, экономического и воспитательного воздействия [76]. Настоящий закон 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 [77].

Правовое обеспечение безопасности жизнедеятельности на производстве включает законодательство о труде и охране труда. Настоящий Федеральный закон 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 (далее также -

организации, эксплуатирующие опасные производственные объекты) к локализации и ликвидации последствий указанных аварий [77].

В федеральном законе о радиационной безопасности определяются правовые основы обеспечения радиационной безопасности населения в целях охраны его здоровья [75].

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

В результате работы можно сделать следующие выводы:

1) Обзор литературных материалов показал, что выбросы алюминиевых заводов оказывают значительное воздействие на окружающую среду и представляют серьёзную опасность для человека, вызывая ряд заболеваний и ухудшений организма.

2) Величина пылевой нагрузки в окрестностях Красноярского алюминиевого завода в пределах от 1 до 2 км соответствует высокой и средней степени загрязнения в 2013 и 2016 гг., однако в 2014 г. для этого расстояния характерны средняя и низкая степени загрязнения. Далее по мере удаления от завода величина пылевой нагрузки изменяется до средней и низкой степени загрязнения на протяжении всего исследуемого периода.

3) В изученных пробах твёрдого осадка снега из окрестностей алюминиевого завода г. Красноярска в целом наибольший процент приходится на техногенные образования.

4) По результатам исследований в 2013 г. содержание фтора в зоне воздействия Красноярского алюминиевого завода возрастало с расстоянием, однако в 2014 и 2016 гг. подобной закономерности не наблюдается. Значения содержания фтора на протяжении всех лет исследования превышают фоновое.

5) Результаты исследования проб снеготалой воды за 2016 г. показали, что наибольшая величина интенсивности нагрузки на территорию характерна для Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Fe и Sr, что также подтверждается литературными данными по другим алюминиевым заводом.

6) Анализ проб твёрдого осадка снега методом нейтронно-активационного анализа показал, что наиболее высокие значения содержаний элементов характерны для Na на расстоянии 3 км от границ предприятия, для Ca, Fe, Sr, Ba – на расстоянии 2 км, для Zn – 1 км от завода.

7) По соотношению содержания элементов в твёрдом осадке снега и снеготалой воде было выявлено, что большинство элементов концентрируются в твердой фазе снегового покрова, что сопоставимо с литературными данными.

8) Согласно данным электронной микроскопии в исследуемой пробе Ва встречается в форме барита, Pb в форме галенита, Fe в форме пирита и оксидов железа, а также Ca и Fe в форме кальций-железистых микросферул, Zn – сфалерита; Na, Al, F в форме криолита и Al в форме оксида алюминия.

9) По результатам биотестирования определено, что проба твердого осадка снега из окрестностей Кирпичного завода г. Томска не оказывает токсического и мутагенного воздействия, в то время как проба из окрестностей Красноярского алюминиевого завода оказывает токсическое воздействие, исходя из соотношения полов в данной пробе.

Список используемых источников

1. Chouhan S., Flora S.J., Effects of fluoride on the tissue oxidative stress and apoptosis in rats: biochemical assays supported by IR spectroscopy data // Toxicology. – 2008. – N 5, – P. 61–67.
2. ICCSR 26000:2011 «Социальная ответственность организации.
3. Wikimapia // Географическая он-лайн энциклопедия. URL: <http://wikimapia.org/> (дата обращения: 12.11.13)
4. Азарова С. В., Язиков Е. Г., Ильинских Н. Н. Оценка экологической опасности отходов горнодобывающих предприятий Республики Хакасия с применением метода биотестирования // Известия ТПУ. 2004. №4.
5. Арбузов С.И., Волостнов А.В., Ершов В.В., Рихванов Л.П., Миронов В.С., Машенькин В.С. Геохимия и металлоносность углей Красноярского края. – Томск: STT, 2008. – 300 с.
6. Белозерцева И.А., Хавина Л.А. Загрязнение окружающей среды в зоне воздействия ИркАЗа и здоровье населения г. Шелехов // Сибирский медицинский журнал. 2012, № 3. С. 122-125
7. Вайс А.А. Природоохранные мероприятия ОАО «Красноярский Алюминиевый Завод» // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) – Краснодар: КубГАУ, 2009. – №08(052). С. 30 – 36.
8. Вайцеховская Е.Р. Биоразнообразие травяного яруса лесных экосистем при воздействии промышленных эмиссий // Пробл. сохранения биол. разнообразия Юж. Сиб.: 1 Межрегион. науч. - практ. конф., Кемерово, 19 - 22 мая, 1997. - Кемерово, 1997. - С. 113-114
9. Василенко В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова / В.Н. Василенко, И.М. Назаров, Ш.Д. Фридман. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 185 с.
10. Волкова В.Г., Давыдова Н.Д. Техногенез и трансформация ландшафтов. Новосибирск: Наука, 1987. 188 с.

11. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др.. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
12. ГОСТ 12.0.003–99.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
13. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – Введ. 14.06.1991. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2002.
14. ГОСТ 12.1.005–88 (с изм. №1 от 2000 г.). ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (01. 01.89).
15. ГОСТ 12.1.019-79 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. - М.: Издательство стандартов, 2006.
16. ГОСТ 12.1.030-81 Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
17. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.
18. ГОСТ 4386-89. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации фторидов.
19. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды в Красноярском крае в 2014 году» – Красноярск, 2015
20. Государственный доклад «О состоянии и охране окружающей среды Российской Федерации в 2009 году». Красноярск, 2010.
21. Григорьев, Н. А. Среднее содержание химических элементов в горных породах, слагающих нижнюю часть континентальной коры / Н. А. Григорьев // Геохимия. – 2003. – № 7. – С. 785–792.
22. Давыдова Н.Д. Анализ состояния геосистем в зоне воздействия пылегазовых эмиссий / Н. Д. Давыдова // Тренды ландшафтно-геохимических процессов в геосистемах юга Сибири. – Новосибирск : Наука, 2004. – С. 91–104
23. Давыдова Н.Д. Проблемы загрязнения природной среды Сибири // Успехи современного естествознания. 2014. № 5-1. С 186-189
24. Давыдова Н.Д., Волкова В.Г. Ландшафтно-геохимический анализ состояния геосистем территории промышленного воздействия// География

почв и геохимия ландшафтов Сибири: сб ст. Иркутск: СО АН СССР, Ин-т географии, 1988. 136 с.

25. Данилов-Данильян В. И., Некипелов А. Д. Новая Российская Энциклопедия. В 12 томах. Том 1. Россия. - Инфра-М, Энциклопедия, 2003
26. Демиденко Г.А., Владимирова Д.С. Оценка антропогенного загрязнения снежного покрова левобережья г. Красноярска // Вестн. КрасГАУ. - 2014. - № 9.
27. Демиденко, Г. А. Эколого-медицинская оценка заболеваемости населения города Красноярска и прилегающих аграрных районов // Вестник КрасГАУ / Краснояр. гос. аграр. ун-та. - Красноярск, 2015. - № 6. - С. 18-21.
28. Добровольский В.В. Основы биогеохимии: Учебник для студ. высш. учеб. заведений. — М.: Издательский центр «Академия», 2003. — 400 с.
29. Донских И. В. Влияние фтора и его соединений на здоровье населения (обзор данных литературы) // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. 2013. №3-2 (91)
30. Дроздов Н. И., Боровец В. С. Енисейский энциклопедический словарь. КОО Ассоциация "Русская энциклопедия", 1998 – 735 с.
31. Ефимова Н.В., Никифорова В.А., Журба О.М. Рожанская А.В. Гигиеническая оценка загрязнения фтором снежного покрова в районе размещения производства алюминия // Здравоохранение Российской Федерации – 2006. – № 6. – С. 54–55.
32. Жерин И.И. Основы электрохимических методов анализа: учебное пособие. Часть 1 / И.И. Жерин, Г.Н. Амелина, А.Н. Страшко, Ф.А. Ворошилов; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 101 с.
33. Захаренко Л.П., Захаров И.К. Оценка мутагенности химических соединений, физических факторов и неидентифицированных компонентов загрязнения окружающей среды методом соматических мозаиков на

клетках крыла *D.melanogaster* // Вавиловский журнал генетики и селекции. 2016; 20 (1): 7277 .

34. Знаменская Т.И. Миграция и дифференциация поллютантов в степных ландшафтах юга Минусинской котловины: автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Т. И. Знаменская. - Иркутск, 2015. - 23 с.
35. Игнатенко О.В., Сенченко М.В., Мещерова Н.А. Зонирование селитебной территории г. Братска по уровню загрязнения снежного. – Системы. Методы. Технологии. - 2012. - № 3 (15). - p.138-149
36. Инструкция по составлению проектов и смет на геологоразведочные работы».
37. 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.
38. Козлова А.А. Фторидное загрязнение серых лесных почв, находящихся в зоне влияния Иркутского алюминиевого завода / А.А. Козлова [и др.] // Известия ИГУ. Серия: Биология. Экология, 2011. - № 1 - С. 87-94.
39. Красноярск // Большая энциклопедия: В 62 томах. — М.: Терра, 2006. — Т. 24. — С. 79-80. — 592 с. — ISBN 5-273-00432-2
40. Крупкин П.И. Пути рационального использования почв, загрязненных фтором /П.И. Крупкин //Агрохимия. – 2005. – № 3. – С. 79-87
41. Кузьмин Д.В. Сравнительный анализ показателей репродуктивного здоровья женщин, проживающих в районах расположения алюминиевого производства. Гигиена и санитария. – 2007. – № 3. – С. 13–15.
42. Матвеев А.Н., Самусенок В.П., Юрьев А.Л. Оценка воздействия на окружающую среду: учебное пособие. Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2007. - 179 с.
43. Медведев Н.Н. Практическая генетика. М.: Наука, 1968. – 136 с.
44. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ. Содержащихся в выбросах предприятий. ОНД – 86. – Ленинград: Госкомгтдромет, 1987. – 17 с.

45. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 111 с.
46. Методические рекомендации по оценке мутагенных свойств фармакологических средств. Министерство здравоохранения РФ. Российский государственный центр экспертизы лекарств. Фармакологический государственный комитет. – Москва, 1994.
47. МР 2.2.7.2129-06. Режимы труда и отдыха работающих в холодное время на открытой территории или в неотапливаемых помещениях.
48. МР 2.2.8.2127-06 Гигиенические требования к теплоизоляции комплекта средств индивидуальной защиты от холода в различных климатических регионах и методы ее оценки.
49. Николаева Л.А. Хроническая интоксикация фтором и его соединениями. Естествознание и гуманизм. – Т. VI. – 2010. – № 1.
50. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2013 году: Государственный доклад. – 2014 г.
51. ОАО «РУСАЛ Братский алюминиевый завод» Резюме нетехнического характера по материалам предварительного варианта «Оценка воздействия на окружающую среду проекта модернизации Братского алюминиевого завода» - Красноярск, 2007.
52. Онищук Н.А. Особенности современного режима снежного покрова и химический состав атмосферных осадков в южной части Иркутской области: автореф. дис. ... канд. географических наук. Казан. фед. университет, Казань, 2010.
53. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей и почв / Е.Г. Языков, А.В. Таловкая, Л.В. Жорняк, Томский политехнический университет. - Томск. Издательство Томского политехнического университета, 2010.
54. Павлов И.Н. Древесные растения в условиях техногенного загрязнения – Улан-Удэ: БНЦ СО РАН, 2005. – 370 с..

55. Пат. 2229737 Россия, МПК7 G 01 V 9/00. Способ определения загрязненности снегового покрова техногенными компонентами / Язиков Е.Г., Шатилов А.Ю., Таловская А.В.; заявитель и патентообладатель. Томский политехн. ун-т. – № 2002127851; заявл. 17.10.2002.
56. Полонский В. И., Полонская Д. Е. Фторидное загрязнение почвы и фиторемедиация (обзор) // С.-х. биол., Сельхозбиология, 2013. №1, с. 3-14.
57. 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".
58. Преловский В.А. Оценка состояния экосистемы в зоне воздействия Саяногорского промышленного комплекса // Вестник Томского муниципального института. - 2011. - № 347 (июнь). - С. 204-207.
59. Проект нормативов предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу ОАО «РУСАЛ Красноярский алюминиевый завод», Том 1, книга 1. Санкт-Петербург, 2014 г..
60. ПУЭ Правила устройства электроустановок. Раздел 1. Общие требования. 7-е изд. Утв. Приказом Минэнерго России От 08.07.2002 № 204.
61. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
62. 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..
63. Садовникова Л.К., Орлов Д.С., Лозановская И.Н. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении: Учеб. пособие. М.: Высш. шк., 2006. 334 с.

64. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
65. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организация работы. — Введен: 30.06.2003. М.: Издательство стандартов, 2002. - 14 с.
66. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Изд-во стандартов.
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. ССН-93 выпуск 2 «Геоэкологические работы».
69. ССН-93 дополнение к выпуску 2 «Геоэкологические работы».
70. Стримжа Т. П., Неустроева М. В., Перфилова О. Ю. и др. Оценка атмосферного воздуха города Красноярска по снеговому покрову // Вестник КГПУ им. В. П. Астафьева. — Красноярск, 2012. Вып. 3. С. 319–327.
71. Схема территориального планирования Красноярского края Том I, Потенциал комплексного развития территории, часть 2. Санкт-Петербург, 2008.
72. Таловская А.В. Оценка эколого-геохимического состояния районов г. Томска по данным изучения пылеаэрозолей: дис. ... к.г.-м.н.. ТПУ, Томск, 2008.
73. Танделов, Ю.П. Фтор в системе почва–растение. – 2-е изд., перераб. и доп. / Ю.П. Танделов; под ред. акад. РАСХН В.Г. Минеева. – Красноярск, 2012. – 146 с.
74. Тарасова К. А., Батлуцкая И. В. Изменение частоты доминантных мутаций у дрозофилы под воздействием некоторых продуктов биохимического производства // Вестник ОмГУ. 2013. №4 (70).

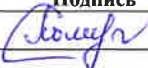
75. Федеральный закон от 09.01.1996 N 3-ФЗ (ред. от 19.07.2011) "О радиационной безопасности населения" (09 января 1996 г.).
76. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 24.11.2014, с изм. от 29.12.2014) "Об охране окружающей среды" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2015) (10 января 2002 г.).
77. 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.) .
78. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
79. Хлебопрос Р.Г., Тасейко О.В., Иванова Ю.Д., Михайлюта С.В. Красноярск. Экологические очерки: монография. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012. – 130 с.
80. Чертко Н.К. Геохимия и экология химических элементов: Справочное пособие / Н.К. Чертко, Э.Н. Чертко. - Мн.: Издательский центр БГУ, 2008. – 140 с.
81. Чупрова, В.В. Экологическое почвоведение /В.В. Чупрова. – Красноярск: КрасГАУ, 2007. – 172 с.
82. Шин Н.С. Оценка риска нарушений щитовидной железы при совместном действии дефицита йода и техногенного фтора [Текст] : автореф. дис. ... канд. мед. наук : 14.02.01 / Иркут. гос. мед. ун-т. - Иркутск, 2014. - 22 с..
83. Янченко Н. И. Особенности изменения величины рН и электропроводности снежного покрова в Братске // Известия ТПУ. 2014. №3.
84. Янченко Н. И., Яскина О. Л. Особенности химического состава снежного покрова и атмосферных осадков в городе Братске // Известия ТПУ. 2014. №3.
85. Янченко Н.И., Баранов А.Н., Чебыкин Е.П., Ершов В.А, Воднева Е.Н. Распределение некоторых элементов в снежном покрове в г. Братске. // Системы. Методы. Технологии, 2013; (4): 164-169

Приложение А


Раздел 1

General information about fluoride and its properties


Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2ГМ41	Поликанова Софья Александровна		04.06.2016

Консультант кафедры ГЭГХ :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ГЭГХ	Межибор Антонина Михайловна	Кандидат геолого-минералогических наук, доцент		04.06.2016

Консультант – лингвист кафедры ИЯ :

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

General information about fluoride and its properties

1.1. Fluoride as a chemical element

Fluorine (F) is the first element of the halogen family and the most reactive of all chemical elements. The term "fluoride" refers to its ionic form (F^-) and "fluorides" to fluoride-containing compounds, both organic and inorganic [20].

Fluoride is an inorganic anion of fluorine with the chemical formula F^- . It contributes no color to fluoride salts. Fluoride is the main component of fluorite (apart from calcium ions; fluorite is roughly 49% fluoride by mass), and contributes a distinctive bitter taste, but no odor to fluoride salts. Its salts are mainly mined as a precursor to hydrogen fluoride. As it is classified as a weak base, concentrated fluoride solutions will cause skin irritation.

Fluoride is the simplest unary fluorine anion, the other being the tentatively investigated trifluorate ($2 F-F$)(1-) anion. Its salts are important chemical reagents and industrial chemicals, mainly used in the production of hydrogen fluoride for fluorocarbons. Structurally, and to some extent chemically, the fluoride ion resembles the hydroxide ion. Fluoride ions occur on earth in several minerals, particularly fluorite, but are only present in trace quantities in water [17].

Fluorides are important industrial chemicals with a number of uses but the largest uses are for the production of aluminium and specialty chemicals used for refrigeration and air conditioning through fluorocarbons, for drinking-water fluoridation and for the manufacture of fluoridated dental preparations.

Fluorine is never found by itself in nature but fluorides are found everywhere: in soil, air, and water, as well as in plant and animal life [20].

1.2. Fluorine in environment

Fluorine (F_2) is a greenish diatomic gas. Fluorine is so highly reactive that it is never encountered in its elemental gaseous state except in some industrial processes. The fluoride occurs notably as Sellaite, fluorspar, CaF_2 ; Cryolite, Na_3AlF_6 ; Fluorapatite, $3Ca_3(PO_4)_2 Ca(F,Cl)_2$. Other minerals containing fluoride are given in the table 1.2.1.

Table1.2.1 - Fluoride bearing minerals

Mineral	Chemical formula	% fluorine
Sellaite	MgF ₂	61
Villianmite	NaF	55
Fluorite (Fluorspar)	CaF ₂	49
Cryolite	Na ₃ AlF ₆	45
Bastnaesite	(Ce,La) (CO ₃)F	9
Fluorapatite	Ca ₃ (PO ₄) ₃ F	3-4

As fluorspar it is found in sedimentary rocks and as Cryolite in igneous rocks. These fluoride minerals are nearly insoluble in water. Hence fluorides will be present in ground water only when conditions favour their solution [9]. It is also present in sea water (0.8-1.4 ppm), in mica and in many drinking water supplies [43].

Fluorides in the atmosphere may be in gaseous or particulate form. Atmospheric fluorides can be transported over large distances as a result of wind or atmospheric turbulence or can be removed from the atmosphere via wet and dry deposition or hydrolysis. Fluoride compounds, with the exception of sulfur hexafluoride, are not expected to remain in the troposphere for long periods or to migrate to the stratosphere. Sulfur hexafluoride has an atmospheric residence time ranging from 500 to several thousand years.

In water, when inorganic fluoride compounds dissolve they split up into ions although the speed at which they dissolve depends on the type of compound and on factors such as the acidity of the water. The transport and transformation of fluorides is influenced by pH, water hardness and the presence of materials such as clay, which exchange ions. In water with a neutral pH and low fluoride concentrations, fluoride is predominantly present in the form of fluoride ions (F⁻). As they travel through the water cycle fluorides usually combine with aluminium [19].

It is evident from the information available that a certain quantity of fluorine is essential for the formation of caries-resistant dental enamel and for the normal process of mineralisation in hard tissues. The element is metabolized from both

electrovalent and covalent compounds. Low fluoride concentrations stabilize the skeletal systems by increasing the size of the apatite crystals and reducing their solubility. About 95% of the fluoride in the body is deposited in hard tissues and it continues to be deposited in calcified structures even after other bone constituents (Ca, P, Mg, CO₃ and citrate) have reached a steady state. Age is an important factor in deciding to what extent fluorine is incorporated into the skeleton. The uptake almost ceases in dental enamel after the age of about 30 years [43].

1.3. Sources of fluoride

The natural sources of fluoride are fluorite, fluorapatite, and cryolite, whereas anthropogenic sources include coal burning, oil refining, steel production, brick-making industries, and phosphatic fertilizer plants, among others. Among the various sources of fluoride in the environment, those of anthropogenic origin have occasionally been considered to be major ones [23].

- **Dental Products:** Many dental products now contain fluoride, including over 95% of toothpaste. Studies show that a significant number of children swallow more fluoride from toothpaste alone than is recommended as a total daily ingestion.
- **Processed Beverages & Foods:** Even if you don't live in a community that adds fluoride to its water supply, you will still be exposed to fluoridated drinking water. This is because once fluoride is added en masse to water it winds in almost all processed beverages and foods. In the U.S., studies have shown that sodas, juices, sports drinks, beers, and many other processed foods, including infant foods, now have elevated fluoride levels.
- **Pesticides:** Due its toxicity, fluoride is used in some pesticides to kill insects and other pests. As a result of fluoride pesticide use, some food products—particularly grape products, dried fruit, dried beans, cocoa powder, and walnuts—have high levels of fluoride.
- **Tea Drinks:** Tea plants absorb fluoride from the soil. As a result, tea leaves—particularly old tea leaves—contain high levels of fluoride. Brewed black tea

averages about 3 to 4 parts ppm fluoride, while commercial iced tea drinks contain between 1 and 4 ppm. As a result of these elevated levels, numerous studies have linked excessive tea consumption to a bone disease (skeletal fluorosis) caused by too much fluoride intake.

- ***Fluorinated Pharmaceuticals:*** Many pharmaceuticals are fluorinated, meaning they contain a carbon-fluorine bond. fluoride.” Although the carbon-fluoride bond in most drugs is strong enough to resist breaking down into fluoride within the body, this is not always the case as research has found that some fluorinated drugs, including cipro, do break down into fluoride and can thus be a major source of fluoride exposure for some individuals.
- ***Mechanically Deboned Meat:*** Foods made with mechanically separated meat (e.g., chicken fingers, nuggets, etc), contain elevated levels of fluoride due to the contamination from bone particles that occurs during the mechanical deboning processed. Mechanically processed chicken meats have the highest levels, with chicken sticks containing an average of 3.6 ppm.
- ***Teflon Pans:*** Cooking food, or boiling water, in teflon pans may increase the fluoride content of food. In one study, it was found that boiling water in a teflon pan for just 15 minutes added an additional 2 ppm of fluoride to the water, thus bringing the final concentration to 3 ppm.
- ***Workplace Exposure:*** Fluoride is a common air contaminant in industrial workplaces. As a result, workers in many heavy industries — including the aluminum, fertilizer, iron, oil refining, semi-conductor, and steel industries — can be routinely exposed to high levels of fluoride exposure. In addition to being a significant risk factor for respiratory disease; airborne fluorides can be a huge daily source fluoride intake.

Inhaling airborne fluorides is not only a significant risk factor for respiratory disease; it can be a huge daily source fluoride intake. Under current regulations, industries are allowed to have 2.5 mg/m³ of fluoride in the air, which produces “a fluoride intake of 16.8 mg/day for an 8-hour working day” [36].

With the downsizing of U.S. heavy industries, it is unclear how many workers are currently exposed to airborne fluorides. In the 1970s, however, the National Institute of Occupational Safety and Health estimated that 350,000 American workers, in 92 occupations, had potential exposure.

Fluorides in industry.

Hydrogen fluoride (HF) is a colourless, pungent liquid or gas that is highly soluble in organic solvents and in water, in which it forms hydrofluoric acid. Calcium fluoride (CaF_2) is a colourless solid that is relatively insoluble in water and dilute acids and bases. Sodium fluoride (NaF) is a colourless to white solid that is moderately soluble in water. Sulfur hexafluoride (SF_6) is a colourless, odourless, inert gas that is slightly soluble in water and readily soluble in ethanol and bases.

Hydrogen fluoride is an important industrial compound that is used mainly in the production of synthetic cryolite (Na_3AlF_6), aluminium fluoride (AlF_3), motor gasoline alkylates and chlorofluorocarbons, with an annual world consumption in excess of 1 million tonnes. It is also used in etching semiconductor devices, cleaning and etching glass, cleaning brick and aluminium and tanning leather, as well as in commercial rust removers. Calcium fluoride is used as a flux in steel, glass and enamel production, as the raw material for the production of hydrofluoric acid and anhydrous hydrogen fluoride, and as an electrolyte in aluminium production. Sodium fluoride is used in the controlled fluoridation of drinking-water, as a preservative in glues, in glass and enamel production, as a flux in steel and aluminium production, as an insecticide and as a wood preservative. Sulfur hexafluoride is used extensively in various electronic components and in the production of magnesium and aluminium. Fluorosilicic acid (H_2SiF_6) and sodium hexafluorosilicate (Na_2SiF_6) are used for the fluoridation of drinking-water supplies [19].

1.4. Migration of fluoride

The cycling of fluoride through the biogeosphere is summarized in Figure 1.4.1.

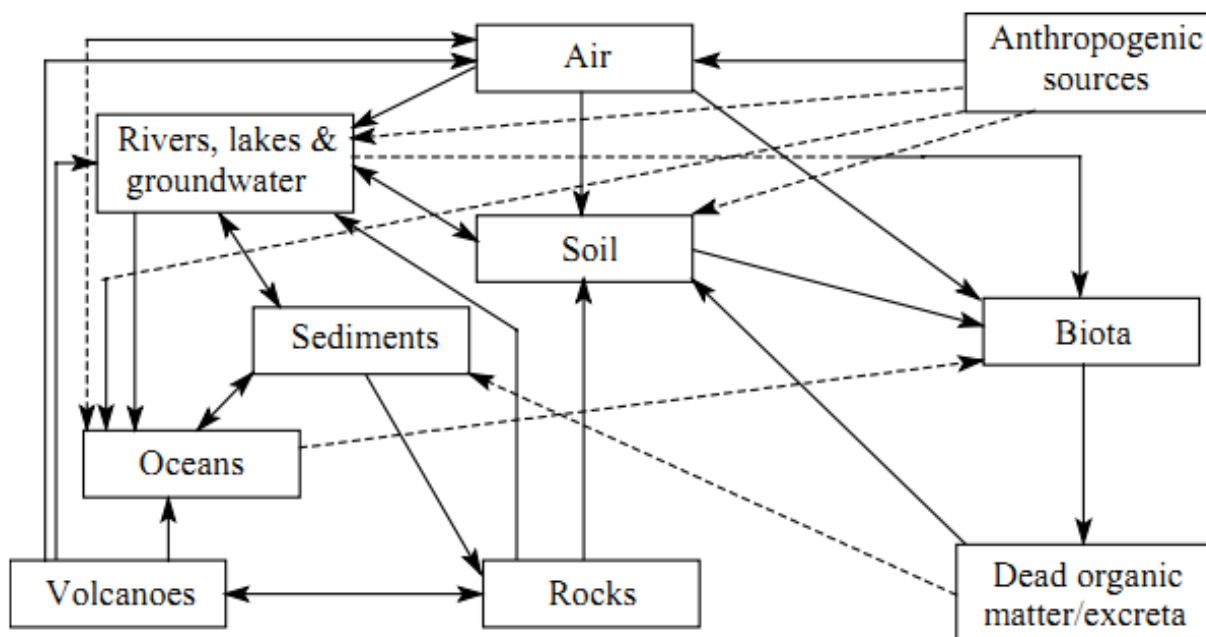


Figure 1.4.1 - Cycling of fluoride through the biogeosphere [19]

Atmosphere

The fate of inorganic fluorides in the atmosphere is primarily influenced by vaporization, aerosol formation, wet and dry deposition and hydrolysis [18]. Non-volatile inorganic fluoride particulates are removed from the atmosphere via condensation or nucleation processes.

Atmospheric fluorides emitted from both natural and anthropogenic sources may be in gaseous or particulate form [27]. Gaseous forms include hydrogen fluoride, silicon tetrafluoride (SiF_4), fluorosilicic acid and sulfur hexafluoride. Particulate forms include sodium aluminium fluoride (cryolite), aluminium fluoride, calcium fluoride, sodium hexafluorosilicate, lead fluoride (PbF_2) and calcium phosphate fluoride (fluorapatite). Globally, hydrogen fluoride and inorganic fluoride particulates (sodium and calcium fluoride) account for approximately 75% and 25%, respectively, of inorganic fluorides present in the atmosphere [21].

Inorganic fluoride compounds, with the exception of sulfur hexafluoride, are not expected to remain in the troposphere for long periods or to migrate to the stratosphere. Estimates of the residence time of sulfur hexafluoride in the atmosphere range from 500 to several thousand years [42].

Fluoride in aerosols can be transported over large distances by wind or as a result of atmospheric turbulence. The distance travelled is determined by the deposition velocity of both the gaseous hydrogen fluoride and the fluorides in particulate form. The transportation of particles with a diameter greater than 10 μm is determined by the particle falling speed, and the dispersion of such particles is generally limited to the immediate vicinity of the source. Smaller particles are less restricted by the falling speed and can be transported over larger distances [45].

Atmospheric fluorides may be transported to soils and surface waters through both wet and dry deposition processes [52]. Seasonal climatic conditions are expected to influence the rate at which and mode by which atmospheric fluorides are deposited; for example, in the Tamar Valley, Tasmania, wet deposition dominates during winter (high precipitation; June to August), and dry deposition dominates during summer (low precipitation; December to February).

Davison & Blakemore [13] determined the deposition of fluoride at field sites near areas of industrial and urban sources of fluorides. The mean total fluoride deposited from wet and dry deposition and sedimentation was 38.0 $\mu\text{g}/\text{dm}^2$ per week. Deposition of gaseous fluoride was 23.4 $\mu\text{g}/\text{dm}^2$ per week.

The average large-scale deposition velocity for total soluble fluoride in the Netherlands was calculated to be 1.4 cm/s [45]. This figure was based upon 70% of the soluble fluoride being in a gaseous state and an atmospheric residence time of 14 h for gaseous fluorides and 12 days for aerosol fluorides. The average deposition velocity calculated does not apply to the area surrounding a point source. Under stable atmospheric conditions, a low deposition velocity will be accompanied by high atmospheric concentrations. The deposition velocity of fluoride depends heavily on atmospheric conditions. The deposition velocity for hydrogen fluoride can vary by more than 7 orders of magnitude; for particulate fluoride, it varies by less than 10%. The annual average effective deposition velocity varies with height of the emission source and was calculated to be 1.2 and 2.5 cm/s for low and high source heights, respectively, in the Netherlands [19].

Water and sediment

In water, the transport and transformation of inorganic fluorides are influenced by pH, water hardness and the presence of ion-exchange materials such as clays [18]. Fluoride is usually transported through the water cycle complexed with aluminium [3].

In areas of extreme acidity and alkalinity, inorganic fluorides may leach from fluoride-containing minerals into surface water or groundwater. Solubilization of inorganic fluorides from minerals may also be enhanced by the presence of ion-exchange materials (e.g., bentonite clays and humic acid). Once dissolved, inorganic fluorides remain in solution under conditions of low pH and hardness and in the presence of ion-exchange material [12]. Soluble inorganic fluorides may also form aerosols at the air–water interface or vaporize into the atmosphere, whereas undissolved species generally undergo sedimentation [15].

Kudo et al. [28] calculated the fluoride mass balance for the once severely polluted Maurienne Valley in the French Alps. Fluoride emission into the valley from aluminium production plants was 500 tonnes per year in 1980. Fluoride output by the river was calculated to be 680 tonnes per year, of which 665 tonnes were due to water flow and 15 tonnes to sediment movements.

Chamblee et al. [11] analysed approximately 100 estuarine water samples and reported that 10.5% of fluoride originated from fluoride complexes with trivalent cations such as Fe^{3+} and Al^{3+} . The proportion of fluoride in the form of magnesium fluoride (MgF_2) ranged from 0.4 to 33.7%. Fluoride concentrations were reported to increase with salinity (within a salinity range of 0.1–16%).

Table 1.4.1 - Fluoride in seawater is divided between the following fractions [48]:

Fraction	Proportion (%)	Concentration (mol/litre)
F ⁻	51	4.1×10^{-5}
MgF ⁺	47	3.7×10^{-5}
CaF ⁺	2	1.6×10^{-6}

In seawater, fluorides are removed by the formation of complexes with calcium compounds, principally carbonate and phosphate. Undissolved fluoride is generally removed from the aquatic phase by sedimentation. Carpenter calculated a residence time for fluoride in ocean sediment to be 2–3 million years [10].

Fluorosilicic acid and hydrofluoric acid in high aquatic concentrations such as may be found in industrial waste ponds may volatilize, releasing silicon tetrafluoride and hydrogen fluoride into the atmosphere [52].

Soil

Factors that influence the mobility of inorganic fluorides in soil are pH and the formation of aluminium and calcium complexes [18].

In more acidic soils, concentrations of inorganic fluoride were considerably higher in the deeper horizons. The low affinity of fluorides for organic material results in leaching from the more acidic surface horizon and increased retention by clay minerals and silts in the more alkaline, deeper horizons. This distribution profile is not observed in either alkaline or saline soils. The fate of inorganic fluorides released to soil also depends on the chemical form, rate of deposition, soil chemistry and climate [13].

Fluoride in soil is mainly bound in complexes. The maximum adsorption of fluoride to soil was reported to occur at pH 5.5. In acidic soils with pH below 6, most of the fluoride is in complexes with either aluminium or iron (e.g., AlF²⁺, AlF₂⁺, AlF₃⁰, AlF₄⁻, FeF²⁺, FeF₂⁺, FeF₃⁰). Fluoride in alkaline soils at pH 6.5 and above is

almost completely fixed in soils as calcium fluoride, if sufficient calcium carbonate is available [8].

Fluoride binds to clay by displacing hydroxide from the surface of the clay. The adsorption follows Langmuir adsorption equations and is strongly dependent upon pH and fluoride concentration. It is most significant at pH 3–4, and it decreases above pH 6.5.

Fluoride is extremely immobile in soil, as determined by lysimeter experiments. MacIntire et al. [32] reported that 75.8–99.6% of added fluoride was retained by loam soil for 4 years. Fluoride retention was correlated with the soil aluminium content. The leaching of fluoride occurred simultaneously with the leaching of aluminium, iron and organic material from soil. Soil phosphate may contribute to the mobility of inorganic fluoride [25]. Oelschläger [38] reported that approximately 0.5–6.0% of the annual addition of fluoride (atmospheric pollution and artificial fertilizers) to a forest and agricultural areas was leached from the surface to lower soil horizons. Arnesen & Krogstad [5] found that fluoride (added as sodium fluoride) accumulation was high in the upper 0–10 cm of soil columns, where 50–90% of the accumulated fluoride was found. The B-horizons sorbed considerably more fluoride than the Ah-horizons, due to higher content of aluminium oxides/hydroxides. A study by McLaughlin et al. [35] involving long-term application of phosphate fertilizers has shown a large portion of fluoride applied as impurities in the fertilizer to remain in the 0- to 10-cm depth of the soil profile.

In sandy acidic soils, fluoride tends to be present in water-soluble forms. Street & Elwali [47] determined the activity of the fluoride ion in acid sandy soils that had been limed. Fluorite was shown to be the solid phase controlling fluoride ion activity in soils between pH 5.5 and 7.0. At pH values below 5.0, the fluoride ion activity indicated supersaturation with respect to fluorite. These data indicate that liming of acid soils may precipitate fluorite, with a subsequent reduction in the concentration of fluoride ion in solution.

The adsorption of fluoride from the water phase may be an important transport characteristic in calcareous soils at low flow rates, but this exchange may be

rate-limited at high flow rates. Dissolved fluoride concentrations may be high around the root zone in soils with a high fluoride input such as from atmospheric deposition. The high concentrations exist only for a limited time until the fluoride is withdrawn from the solution. The adsorption isotherm was reported to be non-linear between initial concentrations of 10 and 50 mg fluoride/litre. Retention of fluoride in uncontaminated calcareous soil was higher than retention in calcareous soil from areas with fluoride contamination. The adsorption and desorption of fluoride in acidic soil were not related to previous fluoride contamination.

Fluoride-containing solutions increased the mobilization and leaching of aluminium from soils. Leaching of aluminium was reported to be greater from soil contaminated from an aluminium smelter than from uncontaminated soil. In the uncontaminated soil, losses of aluminium from the acid soil were higher than those from the calcareous soil. Arnesen [6] also found that fluoride can solubilize aluminium, iron and organic material and can increase soil pH through exchange with hydroxide ions.

Unlike other soluble salts, fluoride was not leached from naturally salinized salt-affected soil. It was redistributed within the soil profile. The adsorption of fluoride to soils increased with decreasing pH within the pH range 8.5–6. Retention of fluoride in the soil was positively correlated with ammonium acetate extractable iron [19].

1.5. Effect of Fluoride ingestion in human beings

Fluorosis - a disease caused by ingestion of fluoride in excess through water, food, and air and is a serious health problem. Fluoride ingested with water goes on accumulating in bones up to age of 55 years. At high doses fluoride can interfere with carbohydrates, lipid protein, vitamin, enzyme and mineral metabolism [43].

It is estimated that about 200 million people, from among 25 nations the world over, may suffer from fluorosis and the causes have been ascribed to fluoride contamination in groundwater [24].

Flouride Bearing Illness.

Long term consumption of water containing 1 mg of fluoride per liter leads to dental fluorosis. White and yellow glistening patches on the teeth are seen which may eventually turn brown. The yellow and white, patches when turned brown present itself has horizontal streaks. The brown streaks may turn black and affect the whole tooth and may get pitted, perforated and chipped off at the final stage. Dental fluorosis not only poses cosmetic problems but has serious social problems too, in terms of matrimonial problems of the children.

Skeletal fluorosis.

This has been observed in persons when water contains more than 3-6 mg/L of fluoride. Skeletal fluorosis affects young and old alike. Fluoride can also damage the foetus- if the mother consumes water and food, with a high concentration of fluoride during pregnancy/breast feeding, infant mortality due to calcification of blood vessels can also occur [43].

- Severe pain in the backbone
- Severe pain in the joints
- Severe pain in the hip region
- Stiffness of the backbone.
- Immobile /Stiff joints
- Increased density of bones, besides calcification of ligaments
- Construction of vertebral canal and intervertebral foramen -pressure on nerves
- Paralysis

Non-Skeletal Manifestations.

This aspect of fluorosis is often over looked because of the misconception prevailing that fluoride will only affect bone and teeth. Flouride, when consumed in excess can cause several ailments besides skeletal and dental fluorosis viz [43].

1. Neurological Manifestations:

Nervousness, depression tingling sensation in fingers and toes, excessive thirst. Tendency to urinate frequently (polydypsia and poly urea are controlled by brain-appears to be adversely affected).

2. Muscular Manifestations:

Muscle weakness, stiffness, pain in the muscle and loss of muscle power.

3. Allergic Manifestations:

Very painful skin rashes, which are perivascular inflammation — present in women and children pinkish, red or bluish red spots on the skin that fade and clear up in 7- 10 days, they are round or oval shape.

4. Gastro intestinal problems:

Acute abdominal pain, diarrhea, constipation, blood in stools, bloated feeling (gas) tenderness in stomach, feeling of nausea and mouth sores.

5. Head-ache

6. Loss of teeth (edentate) at an early age.

The relation between concentration of fluoride and the biological effects are summarized [46] in table 1.5.1.

Table 1.5.1 - Concentrations of fluorides and biological effects

Concentration of fluoride, ppm*	Medium	Effect
0.002	Air	Injury to vegetation
1	Water	Dental caries reduction
2 or more	Water	Mottled enamel
8	Water	10% osteosclerosis
50	Food and water	Thyroid changes
100	Food and water	Growth retardation
120	Food and water	Kidney changes

**In water-medium, ppm can be taken as equivalent to mg/L*

1.6. Fluorine concentration in snow cover within the impact area of aluminium production plant (Krasnoyarsk city) and coal and gas-fired power plant (Tomsk city)

Fluoride with its high chemical reactivity occupies a special place among other elements, since its physiologically necessary amount is close to the damaging effect doze. A distinguishing feature of the element is a narrow range of its optimal concentrations in drinking water varying 0.7 – 1.2 mg/L [1, 22, 29, 54]. On the one hand, fluoride is included in the group of microelements participating in the processes of growth, development, reproduction, bone tissue metabolism; therefore, it is required for an organism life. On the other hand, even in small concentration it has toxic properties [1, 22, 29, 54, 56].

Fluoride clark amounts to 350 g/t for biosphere, 1.3 g/t for hydrosphere [22, 54]. The data on fluoride content in water differs greatly, however, the following common empirical pattern is observed: a positive correlation of fluoride concentrations and Na/Ca ratio [22, 54, 56]. The industrial sources of fluoride and its compounds in the environment are chemical, metallurgical, glass, ceramic, cement plants, coal-fired power plants, and nuclear fuel cycle enterprises.

Fluoride content in the environment is studied in a significant number of works. Conventional natural forms of fluoride in soil are unavailable for plants in contrast to man-made F, water-soluble compounds of which can be absorbed by plants, participate in intensive bioaccumulation, and pass along food chains [22, 54].

Yanchenko (2013) [55] showed that fluoride content in snow melt water can serve as a site indicator of environmental conditions. Snow is used to study the pollution level of urbanized areas in cold climate conditions, where snow accumulates pollutants for several months [7]. The urgent research in snow is also conditioned by the fact that precipitations are a part of the surface water balance influencing the conditions of soil, plants, and ground waters, as well as ecosystem, in general [7, 57].

Aluminum smelters sufficiently contribute to environmental fluoride pollution. In manufacturing practice, to produce aluminum the initial raw material – cryolit

(sodium hexafluoroaluminate) - is added, as a result of which fluoride gaseous compounds and inorganic fluorides are released in the process of electrolysis. In such conditions significant losses of feedstock is observed. In the impact area of Bratsk aluminum plant fluoride content in melt water filtrate amounted to 18 mg/L at the distance of 3 km [55]. In the impact area of aluminum smelters in Canada fluoride content in melt water was determined as up to 13 mg/L [39].

The contribution of thermal power industry in fluoride emissions was studied by the example of some regions [2, 37], however, this involves insufficient information. In the process of coal combustion fluoride-containing compounds can enter the environment in the form of hydrogen fluoride. A certain part of fluorine-containing emissions can be transformed into salts. Depending on wind direction and distance from the thermal power plant (1.7-4.5 km), fluoride concentration ranges from 0.56 to 1.94 mg/L at the mean value of 1.21 mg/L according to [44].

Based on the literature [14, 16, 26, 37, 51, 55, 58] fluoride content in snow melt water from the impact areas of aluminum production in Western Siberia was compared (figure 1). These data show that fluoride content in melt water sufficiently exceeds the background values – from 10 to 80 times. But the level of fluoride in filtrated melt water within 1-3 km from site of aluminum plants is 3-7 times higher as compared to fluoride content at the distance of 5-10 km. Fluoride content in melt water at the distance of 29-30 km amounts to 0.5 – 1 mg/L, which is lower than the fluoride content in the samples taken in the vicinity of the plant – 20 – 50 times (figure 1.6.1).

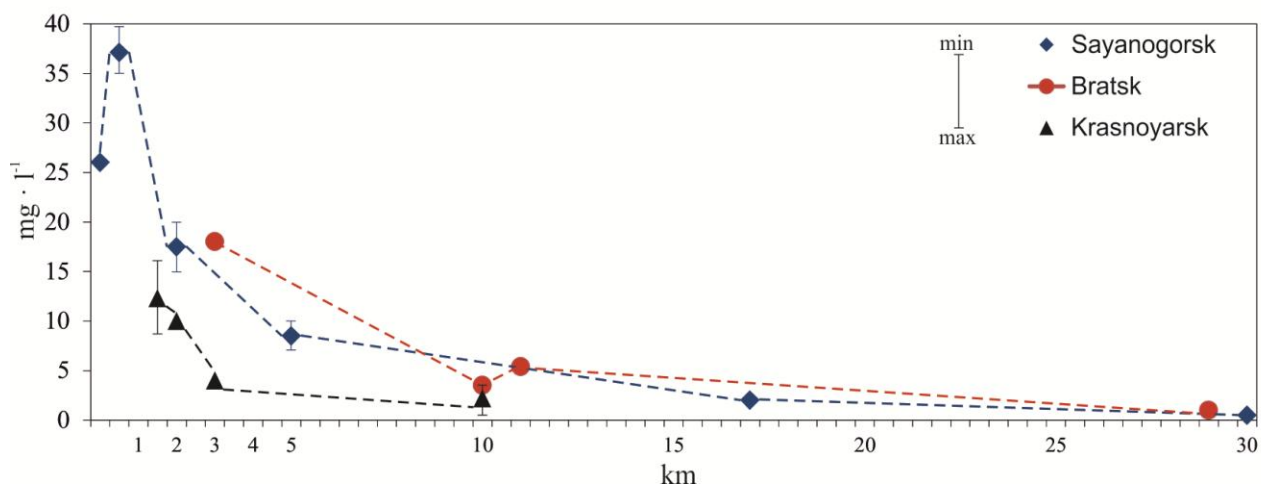


Figure 1.6.1 - Spatial dynamics of fluoride content in snow melt water at the distances from aluminum plant sites in Western Siberia (according to the data [14, 16, 26, 37, 51, 55, 58])

Spatial dynamics of fluoride content in melt water depends not only on the distance from the source of emission and wind pattern, but also the areal landscape. Moreover, in Krasnoyarsk, according to the data [26], over the last 15 years the wind pattern has changed. It is the result of the major emissions of aluminum production plant fall in Krasnoyarsk [21]. Therefore, the study issue in fluoride content of melt water in the sites of industrial enterprises as an environmental condition indicator of the area, identifying spatial and temporal variability of its content is still topical. This paper is aimed at studying the content of water-soluble fluoride in filtrated snow melt water in the impact areas of aluminum production plant (Krasnoyarsk) and coal and gas-fired power plant (Tomsk).

Materials and methods

Study area

To determine the fluoride content in snow melt water in the vicinity of Krasnoyarsk aluminum production plant northern-eastern site of the impact area was chosen. In our case, the choice of sample points with regard to landscape, meteorological conditions, and urban development [33] is a special task. Snow sampling was performed in northern-eastern site of aluminum plant as pollutants are transported here in the prevailing wind direction. Besides, there are not any other pollution sources around the plant. In 2013 in the vicinity of Krasnoyarsk aluminum

production plant samples were taken at the distance of 1, 2, 3 km to the north-east from the borders of the plant, since the previous research had shown the most intensive accumulation of fluoride in melt water just within the radius 1-3 km from production sites of this aluminum production plant [14, 16, 26, 37, 51, 55, 58]. In 2014 snow samples were additionally taken at the distance of 8 and 13 km from the plant. In total, 8 snow samples were taken over the monitoring period.

The previous research in snow pollution of Tomsk territory showed that the dust distribution zone with chemicals from stacks of coal and gas-fired power plant is located in the north-east at the distance of 2 km [49]. Therefore, in the territory of Tomsk, snow sampling (the number of samples is 5) was performed in the northern-eastern impact area of Tomsk coal and gas-fired power plant at the distances of 0.7; 1.0; 1.3; 1.6 and 2.0 km from coal and gas-fired power plant stacks. The thermal power plant operates on Kuznetsk Basin coal and natural gas. The main share of coal (up to 80 – 90 %) of the total annual amount is burnt during the winter period – from November till March. The height of stacks is 100 m that contributes to emission distribution over the town territory.

Each sample was taken according to [33] snow in-depth with the exception of 5 cm layer over the soil to avoid sample contamination with soil particles. To take samples plastic bags and non-metal bucket were used. In the course of sampling the width and length of pits were measured, the sampling dates were registered. Then samples were taken to the laboratory, where snow was melted in plastic bowls at room temperature. After melting samples were filtered, separating solids, and content of fluoride ion content in filtered melt water was determined.

Fluoride ion content in the samples of snow melt water was determined by potentiometric technique using the device Anion 4100 with fluoride-selective electrode according to [35]. Satisfactory convergence of fluorescent analysis results is shown. The low detection limit amounts to 0.05 mg/dm³.

Results and discussion

The data analysis has shown that in 2012 in the impact area of Tomsk coal and gas-fired power plant the maximal value of fluoride ion content was revealed in

samples taken 2 km from the stacks of the plant (Table 1). In 2013 the values of fluoride ion content in snow melt water did not exceed the detection limit in all sampling points. In the samples taken in 2014 and 2015 fluoride ion content did not sufficiently change with the distance from the plant. Fluoride ion content in the samples taken in 2015 is 2-5 times higher than that of the samples taken in the period from 2012 to 2014. During the whole monitoring period the fluoride ion loading rate in the study area changed from 0.46 to 8.27 mg/m²· per month, the maximum values being recorded in the samples of 2015. Remarkable changes in fluoride ion content in melt water and fluoride ion loading rate at the distance from the stacks of coal and gas-fired power plant were not observed over the whole monitoring period.

In 2015 the elevated concentrations of fluoride ion content in the samples and fluoride ion loading rate in the study area could be explained by the climatic conditions of that year. The winter of 2015 was characterized by heavy snow falls that could result in more precipitation of fluoride from the air. All values obtained within the four-year period did not exceed maximum permissible concentration in drinking water (1.5 mg/dm³ [36]).

Coal combustion is also one of the principle sources of fluoride in the air [1]. As mentioned above [2], the main part of coal at Tomsk coal and gas-fired power plant is used mostly in winter; hence, water-soluble fluoride compounds in the melt water samples taken in vicinity of the plant are likely to be associated with coal combustion. When coal is burnt, coal can release fluoride compounds which can enter the environment in the form of hydrogen fluoride. The other gaseous compounds, which can be found in the gaseous flow (SiF₄, H₂SiF₆), are transformed into salts or hydrogen fluoride [1].

Table 1.6.1 - Dynamics of fluoride ion content (mg/dm^3) in snow melt water and its loading rate ($\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{month}$) in the impact area of Tomsk coal and gas-fired power plant between 2012 and 2015

Distance, km*	2012		2013		2014		2015	
	C_{F^-}	H	C_{F^-}	H	C_{F^-}	H	C_{F^-}	H
0.7	0.03	n.d.	<0.05	0.67	0.09	1.88	0.24	8.27
1.0	0.14	n.d.	<0.05	0.87	0.07	1.22	0.20	7.25
1.3	0.07	n.d.	<0.05	0.59	0.07	1.18	0.26	6.68
1.7	0.08	n.d.	<0.05	0.66	<0.05	0.46	0.24	5.01
2.0	0.20	n.d.	<0.05	0.85	<0.05	0.48	n.d.	n.d.

Note: * - distance from the stacks of coal and gas-fired power plant to the sampling point; C_{F^-} – content of fluoride ion in melt water, mg/dm^3 ; H – loading rate of fluoride ion in the territory, $\text{mg}/\text{m}^2 \cdot \text{per month}$; n.d. – no data

Table 1.6.2 shows fluoride ion content in snow melt water samples from the impact area of Krasnoyarsk aluminum production plant. It was determined that in the samples of 2013 fluoride ion content exceeded maximum permissible concentration in drinking water in 9 times on average. In the samples fluoride ion content exceeded maximum permissible concentration in 5.5 times in 2014. The data on fluoride ion content in melt water are comparable with the previously published data (figure). The results of two-year monitoring show that fluoride ion content in the samples did not sufficiently change at the distance from 1 to 3 km from the borders of aluminum production plant. In 2014 additional study at the distances of 8 and 13 km from the plant borders showed the increase fluoride ion content in 4 times at this distance.

Table 1.6.2. Dynamics of fluoride ion content in melt water in the impact area of Krasnoyarsk aluminum production plant between 2013 and 2014, mg/dm^3

Year of sampli ng	Distance from the plant borders to the sampling point				
	1 km	2 km	3 km	8 km	13 km
2013	13.13	13.76	15.38	n.d.	n.d.
2014	13.83	10.64	11.62	3.88	1.64

Note: *n.d.* – no data, sampling was not performed

In 2014 the loading rate of fluoride ion in the impact area of aluminum production plant ranges from 13 to 172 mg/m²·per month, the maximal loading rate is observed in the sample taken at the distance of 3 km from the plant borders (Table 1.6.3).

In addition, according to the data obtained it can be stated that water-soluble compounds of fluoride are recorded at significant distances from the emission sources. According to [14, 16, 26, 37, 51, 55, 58], the impact radius of large aluminum production plants emissions can reach 30 km.

In snow fluoride content can be conditioned by the peculiarities of water-soluble fluoride compounds transportation in the environment. According to [4] in air gaseous hydrogen fluoride is absorbed by air moisture forming aerosol or smog of hydrofluoric acid solution. Fluoride is removed from the air in the process of wet or dry deposition.

Table 1.6.3 - Loading rate of fluoride ion in the impact area of Krasnoyarsk aluminum production plant, mg/m²·per month

Year of sampling	Distance from the plant borders to the sampling point				
	1 km	2 km	3 km	8 km	13 km
2014	140	58	172	56	13

Thus, fluoride contents in melt water and its loading rates in the impact area of Tomsk coal and gas-fired power plant and Krasnoyarsk aluminum production plant are different, which is explained by the plants' specificity. It was shown that the aluminum production plant is a powerful pollution source of snow with fluoride. We have determined that fluoride ion content in snow melt water at the distance of 0.7 to 1 km from the stacks of coal and gas-fired power plant did not change sufficiently over the monitoring period, which can be conditioned by specific air micro-circulation in the city territory because of urban development. In the impact area of Krasnoyarsk aluminum production plant elevated fluoride ion content were identified at the distance of up to 3 km from the plant borders, which could indicate the

transportation of fluoride compounds over long distances. The study area is a plain without urban construction that contributes to emission distribution. The data obtained show that fluoride enters the town territory with the study plants emissions with high probability degree. Taking into account high solubility of some fluorides, mainly sodium fluoride, those compounds can pass into soil from snow during snow melt. Therefore, further study should be aimed at the research in content of water-soluble fluoride compounds in soil in the impact area of study plants [50].

References:

1. Agency for Toxic Substances and Disease Registry 2003 Toxicological profile for Fluorides, Hydrogen Fluoride, and Fluorine (Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service) 356.
2. Ando M, Tadano M, Yamamoto S, Tamura K, Asanuma S, Watanabe T, Kondo T, Sakurai S, Ji R, Liang C, Chen X, Hong Z and Cao S 2001 Health effects of fluoride pollution caused by coal burning *Sci Total Environ* 271 107–16.
3. Ares J (1990) Fluoride–aluminium water chemistry in forest ecosystems of central Europe. *Chemosphere*, 21(4/5): 597–612.
4. Arnesen A K M, Abrahamsen G, Sandvik G and Krogstad T 1995 Aluminium-smelters and fluoride pollution of soil and soil solution in Norway *Sci Total Environ* 163 39–53.
5. Arnesen AKM & Krogstad T (1998) Sorption and desorption of fluoride in soil polluted from the aluminium smelter at Årdal in western Norway. *Water Air Soil Pollut*, 103: 357–373.
6. Arnesen AKM (1998) Effect of fluoride pollution on pH and solubility of Al, Fe, Ca, Mg, K and organic matter in soil from Årdal (western Norway). *Water Air Soil Pollut*, 103: 375–388.
7. Bartels-Rausch T, Jacobi H W, Kahan T F, Thomas J L, Thomson E S, Abbatt J P D, Ammann M, Blackford J R, Bluhm H, Boxe C, Domine F, Frey M M, Gladich I, Guzman M I, Heger D, Huthwelker T, Klan P, Kuhs W F, Kuo M H, Maus S, Moussa S G, McNeill V F, Newberg J T, Pettersson J B C, Roeselová M and Sodeau J R 2014 A review of air–ice chemical and physical interactions (AICI): liquids, quasi-liquids, and solids in snow *Atmos Chem Phys* 14 1587-633
8. Brewer RF (1966) Fluorine. In: Chapman HD ed. Diagnostic criteria for plants and soils. Riverside, California, University of California, Division of Agricultural Science, pp 180–195.

9. Bulusu K.R., Sundaresan B.B., Pathak B.N., Nawlakhe W.G., Kulkarni D.N., Thergaonkar V.P., 'Fluorides in water, Defluoridation Methods and their limitations' *IE(I) JI.*, Vol.60, October'1979, pp1-25.
10. Carpenter R (1969) Factors controlling the marine geochemistry of fluorine. *Geochim Cosmochim Acta*, 33: 1153–1167.
11. Chamblee JW, Arey FK, & Heckel E (1984) Free fluoride of the Pamlico River in North Carolina. A new method to localize the discharge of polluted water into an estuary. *Water Res*, 18(10): 1225–1233.
12. Cuker W & Shilts W (1979) Lacustrine geochemistry around the north shore of Lake Superior: Implications for evaluation of the effects of acid precipitation. *Current Research Part C, Geological Survey of Canada (79-1C)*.
13. Davison AW & Blakemore J (1980) Rate of deposition, and resistance to deposition, of fluorides on alkali-impregnated papers. *Environ Pollut*, B1: 305–319.
14. Davydova N V 2014 Problems of environmental pollution in Siberia *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya* 5 186-9.
15. Drury JS, Ensminger JT, Hammons AS, Holleman JW, Lewis EB, Preston EL, Shriner CR, & Towill LE (1980) Reviews of the environmental effects of pollutants. IX. Fluoride. Oak Ridge, Tennessee, Oak Ridge National Laboratory (EPA 600/1-78/050).
16. Ecological atlas of Krasnoyarsk city 2012 <http://gis.krasn.ru/blog/ecoatlas/>.
17. en.wikipedia.org/wiki/Fluoride.
18. Environment Canada (1994) Inorganic fluorides. Ottawa, Ontario, Environment Canada, Ecosystem Science and Evaluation Directorate, Eco-Health Branch.
19. Environmental Health Criteria 227. Fluorides. Dr R. Liteplo and Ms R. Gomes, Health Canada, Ottawa, Canada and Mr P. Howe and Mr H. Malcolm, Centre for Ecology and Hydrology, Cambridgeshire, United Kingdom. World Health Organization Geneva, 2002.
20. greenfacts.org/glossary/def/fluoride.htm.

21. Health Council of the Netherlands (1990) Fluorides. Assessment of integrated criteria document. Advisory report submitted to Minister and State Secretary of Health, Welfare and Cultural Affairs and the Minister of Housing, Physical Planning and Environment. The Hague, Health Council of the Netherlands
22. Ivanov V V 1994 Ecological geochemistry of elements Book. 2.Main r-elements. Moscow: Nedra, p 303 .
23. Jha SK, Mishra VK, Sharma DK, Damodaran T. Fluoride in the environment and its metabolism in humans. Rev Environ Contam Toxicol. 2011.
24. Jha SK, Singh RK, Damodaran T, Mishra VK, Sharma DK, Rai D. Fluoride in groundwater: toxicological exposure and remedies. J Toxicol Environ Health B Crit Rev. 2013.
25. Kabata-Pendias A & Pendias H (1984) Fluorine. In: Trace elements in soil and plants. Boca Raton, Florida, CRC Press, pp 209–215.
26. Khlebopros R G, Taseyko O V, Ivanov Y D and Mikhailuta S V 2012 Krasnoyarsk. Environmental Essays: monograph (Krasnoyarsk: Siberian Federal University) 130 (in Russian).
27. Kirk PWW & Lester JN (1986) Halogen compounds. In: Harrison RM & Perry R ed. Handbook of air pollution analysis, 2nd ed. London, Chapman & Hall, pp 425–462.
28. Kudo A, Garrec JP, & Plebin R (1987) Fluoride distribution and transport along rivers in the French Alps. Ecotoxicol Environ Saf, 13(3): 263–273.
29. Lazarev N V 1977 Harmful elements in industry: Reference book. Leningrad: Khimiya. V.III.
30. Less L N 1975 Fluorine uptake by grass from aluminum smelter fume Int J Environ Stud 7 153–60 .
31. Liteplo R, Gomes R, Howe P and Malcolm H 2002 Fluorides. Environmental Health Criteria 227 (Geneva: World Health Organization) 268.
32. MacIntire WH, Sterges AJ, & Shaw WM (1955) Fate and effects of hydrofluoric acid added to four Tennessee soils in a four year lysimeter study. J Agric Food Chem, 3(9): 777–782.

33. Manual on monitoring of atmosphere pollution 1991 RD 52.04.186 № 2932-83. Moscow Goskomhydromet p 693 .
34. Mass concentration of fluoride in water. Methods of measurements using potentiometric technique with ion-selective electrode 2008 RD 54.24.360-2008 Goskomhydromet.
35. McLaughlin MJ, Tiller KG, Naidu R, & Stevens DP (1996) Review: the behaviour and environmental impact of contaminants in fertilizers. *Aust J Soil Res*, 34: 1–54.
36. National Research Council. Fluoride in Drinking Water: A Scientific Review of EPA's Standards. Washington, DC: The National Academies Press, 2006.
37. Nikolayeva L A and Turchinova D A 2010 The problem of fluoride pollution of soil in vicinity aluminum production *Yestestvoznaniye I gumanizm* 6 1..
38. Oelschläger W (1971) Fluoride uptake in soil and its depletion. *Fluoride*, 4: 80–84.
39. Ouellet M 1987 Reduction of airborne fluoride emissions from Canadian aluminium smelters as revealed by snow chemistry *Sci Total Environ* 66 65–72.
40. Panin V, Popov V, Dashkovsky A, Osipova N, Dashkovskaia A 2004 Towards the issue of atmospheric air quality improvement strategy in Tomsk *P Int Symp Sci and Tech* 356-57.
41. Predelno dopustimye kontsentratsii khimicheskikh veshchestv v vode vodnykh obektov khozyaystvenno-pitevogo i kulturno-bytovogo vodopolzovaniya 2003 GN 2.1.5.1315–03 [Hygienic standards: Maximum permissible concentration of chemicals in water bodies of drinking and domestic cultural water use]
42. Ramanathan V, Cicerone RJ, Singh HB, & Kiehl JT (1985) Trace gas trends and their potential role in climate change. *J Geophys Res*, 90(D3): 5547–5566.
43. Rao, Nagendra, C.R. “Fluoride And Environment - A Review” in Martin J. Bunch, V. Madha Suresh and T. Vasantha Kumaran, eds., *Proceedings of the Third International Conference on Environment and Health, Chennai, India, 15-*

- 17 December, 2003. Chennai: Department of Geography, University of Madras and Faculty of Environmental Studies, York University. Pages 386 – 399
44. Rogovenko E S, Blinnikova N V, Shubin A A and Bondarev LG 2010 Environmental Monitoring of Anthropogenic Pollution of Snow Cover of One of the Industrial Districts of Krasnoyarsk Journal of Siberian Federal University. Chemistry 4 (3) 387-94.
 45. Sloof W, Eerens H, Janus J, and Ros J (1989) Integrated criteria document: Fluorides. Bilthoven, National Institute of Public Health and Environmental Protection (Report No.758474010).
 46. Smith, F. A., and Hedge, H.C., 'Fluoride Toxicity', J C Mnhler and M K H one (Ed) 'Fluorine and Dental Health'. Indian University Press, Bloomington, 1959.
 47. Street JJ & Elwali AMO (1983) Fluorite solubility in limed acid sandy soils. Soil Sci Soc Am J, 47(3): 483–485.
 48. Stumm W & Morgan JJ (1981) Aquatic chemistry, 2nd ed. New York, John Wiley & Sons.
 49. Talovskaya A V, Filimonenko E A, Osipova N A, Lyapina E E, and Yazikov E G 2014 Toxic elements (As, Se, Cd, Hg, Pb) and their mineral and technogenic formations in the snow cover in the vicinity of the industrial enterprises of Tomsk IOP C Ser Earth Env 21 012042
 50. Talovskaya A. V. , Osipova N. A. , Filimonenko E. A. , Polikanova S. A. , Samokhina N. P. , Yazikov E. G. , Matveenko I. A. Fluorine concentration in snow cover within the impact area of aluminium production plant (Krasnoyarsk city) and coal and gas-fired power plant (Tomsk city) (Article number 012043) // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. - 2015 - Vol. 27. - p. 1-7
 51. Tandelov Yu P 2015 Fluoride in soil-plant system Krasnoyarsk 146.
 52. US NAS (1971) Fluorides, biological effects of atmospheric pollutants. Washington, DC, US National Academy of Sciences.
 53. Vays A A 2009 Nature saving actions of Krasnoyarsk aluminum factory Sci J KubSAU 52 (8) 1-6 (<http://ej.kubagro.ru/2009/08/pdf/03.pdf>) (in Russian).

54. WHO 2002 Fluorides. Environmental Health Criteria 227. World Health Organization, Geneva.
55. Yanchenko N I, Baranov A N and Chebykin E P 2013 Peculiarities and factors influencing distribution of metal, rare-earth elements, hydrogen and fluoride in snow filtrate and solid deposits of Bratsk city Vestnik of ISTU 10 (81) 141-9.
56. Yanin Ye P 1996 Fluoride in drinking water of Saransk town and its hygienic significance. Moscow, IMGRE 51.
57. Zarina L M, Lebedev S V and Nesterov E M 2011 Ecological Geochemical Investigations of the Contents of Heavy Metals in the Snow Cover in the Saint-Petersburg Region with Application of GIS Technologies Int J Chem Eng Appl 2 117-20.
58. Znamenskaya T I 2015 Migration and differentiation of pollutants in the steppe landscape in the South of Minusinsk depression Diss.of PhD in Geograph. Sciences Irkutsk p 175.