

Челябинская область
г. Челябинск

Муниципальное общеобразовательное учреждение
«Средняя общеобразовательная школа № 68 г. Челябинска
имени Родионова Е. Н.»

Регионального этапа Всероссийского конкурса юных исследователей
окружающей среды «Открытия 2030»

Номинация «Экологический мониторинг»

**Исследование уровня загрязнения воздуха в восточной части г. Челябинска
методом снеговой съемки
(Исследовательская работа)**

Автор:

Пономарева Елизавета Владимировна,
г. Челябинск, МБОУ «СОШ № 68 г.
Челябинска имени Родионова Е.Н.»,
класс 7

Научный руководитель:

Осадчая Светлана Станиславна, учитель
химии высшей категории, МБОУ «СОШ
№ 68 г. Челябинска»

Маркова Лада Михайловна, старший
преподаватель кафедры геологии и
природопользования факультета
экологии, ФГБОУ ВО «Челябинский
государственный университет»

Содержание

Введение.....	3
Глава 1. Теоретическая часть.....	4
1.1. Особенности накопления загрязняющих веществ в снеговом покрове урбанизированных территорий.....	4
Глава 2. Практическая часть.....	5
2.1. Методика исследования снежного покрова	5
2.2. Оценка загрязнения воздуха по данным снеговой съемки, проведенной в феврале - марте 2020 г.....	7
Заключение.....	9
Список литературы.....	10
Приложения.....	I

Введение

Снежный покров обладает высокой сорбционной способностью и представляет собой информативный объект при выявлении техногенного загрязнения городской среды. Состояние снежного покрова является надежным индикатором загрязнения атмосферного воздуха и последующего загрязнения водных объектов и почвы. В результате аккумуляции содержание химических соединений в снеге на 2-3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе. Данные о содержании веществ в снежном покрове являются единственными материалами для оценки регионального загрязнения атмосферы в зимний период на больших территориях и выявления ареала распространения загрязняющих веществ.

Цель: изучение снежного покрова Тракторозаводского района города Челябинска для оценки уровня загрязнения основными ионами.

Задачи:

1. Составить маршрут точек отбора снеговых проб на основании розы ветров и застройки.
2. Отобрать снеговые пробы в период начала снеготаяния.
3. Изучить опасность примесей в воздухе.
4. Установить пылевую нагрузку на территорию.
5. Определить ионный состав проб и установить зависимость от газовых выбросов.
6. Оценить степень техногенной нагрузки на территорию.

Объект исследования – загрязнение снежного покрова.

Предмет исследования – степень загрязнения снежного покрова в г. Челябинске.

Методы исследования:

1. Теоретический (изучение и анализ литературы, постановка целей и задач).
2. Экспериментальный (постановка опытов методом биоиндикации и проведение физико-химического анализа проб снега).
3. Эмпирический (наблюдения, описания и объяснения результатов исследований).

1. Теоретическая часть исследования

1.1. Особенности накопления загрязняющих веществ в снеговом покрове урбанизированных территорий

Экологическая обстановка Челябинска определяется физико – географическими условиями, а также деятельностью промышленного сектора. Город Челябинск является крупным промышленным центром, на Южном Урале. Основными отраслями производства в Челябинске являются: металлургическая, машиностроительная, минеральная, электроэнергетическая и сельскохозяйственная промышленность. Эти отрасли, а также транспорт, формируют основное антропогенное воздействие на природные комплексы и урбанизированные территории Челябинска.

Загрязнение снежного покрова происходит в два этапа:

- 1) загрязнение снежинок во время их образования в облаке и выпадения на местность – влажное выпадение загрязняющих веществ со снегом;
- 2) загрязнение уже выпавшего снега в результате сухого выпадения загрязняющих веществ из атмосферы, а также их поступления из подстилающих почв и горных пород.

В облаках смачиваемые частицы аэрозоля с радиусами менее 0,1 мкм становятся ядрами конденсации, вокруг которых происходит рост капель воды или кристаллов льда. Покидая облако, капли и снежинки уносят в себе аэрозольные частицы. С помощью этого процесса очищается слой атмосферы, в котором происходит формирование облаков. Вымывание загрязняющих веществ из нижележащих слоев атмосферы происходит за счет захвата частичек аэрозоля выпадающими осадками. Сухое выпадение загрязняющих веществ происходит под действием гравитационных сил непосредственно из атмосферы при ее контакте со снежным покровом.

Взаимоотношения между сухими и влажными выпадениями зависят от длительности холодного периода, в течение которого сохраняется снежный покров; частота снегопадов и их интенсивность [2].

Характерная высота поступления загрязняющих веществ от промышленных предприятий и тепловых электростанций составляет 150м. Высота выброса: от 10 до 100м. Выброс загрязняющих веществ автотранспортом происходит почти на уровне земли. Мощность облачного слоя: от 100 до 1000 км. [6].

Распределение химических соединений между воздухом, водой и почвой происходит в соответствии с их физико–химическими свойствами, причем решающую роль играют факторы окружающей среды [2]. Уровень концентраций различных примесей в воздухе формируется под влиянием перемешивания, переноса, рассеивания и вымывания вредных веществ, поступающих в атмосферу с выбросами промышленных источников и от транспорта.

Качество воздуха оценивается в соответствии с принятыми стандартами – ПДК, которые подразделяются на максимально разовые (осредненные за 20 мин.) и среднесуточные [3].

2. Практическая часть исследования

2.1. Методика исследования снежного покрова

На территории города Челябинска зимой 2019-2020г. устойчивый снежный покров сохранялся нормальное количество времени — в течение 3 месяцев. Поэтому выбор снежного покрова как объекта исследований при геоэкологическом мониторинге можно считать оправданным. Кроме того, снежный покров как депонирующая среда обладает рядом свойств, делающих его удобным индикатором при оценке экологического состояния территорий.

Одна проба по всей высоте снежного покрова дает представительные данные о загрязнении за весь период от установления снежного покрова до момента отбора пробы, а послойный отбор проб снежного покрова позволяет получить динамику загрязнения за зимний сезон (Василенко и др., 1985).

Существует несколько способов отбора проб, но для данной работы более целесообразным является способ – профильная съемка, при которой пробы отбираются вдоль профилей, проложенных, например, вдоль векторов «розы ветров» от ТЭЦ, крупного завода, автомагистрали, мусоросжигающего завода и др. Результаты такой съемки позволяют проследить изменение концентраций токсикантов, значений рН и других показателей по мере удаления от техногенного объекта, определить зоны и степень его влияния на окружающую среду.

Точек съемки должно быть не менее 30. Но ввиду небольшой территории отбора количество точек отбора было сокращено вдвое. При отборе проб снежного покрова необходимо руководствоваться следующими нормативными документами:

- 1) ГОСТ 17.1.5.05–85. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков;
- 2) Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве (Ревич, Саэт и др., 1990).
- 3) Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186–89 (действует с 01.07.1991). — М.: Госкомгидромет, 1991.

Отбор проб снежного покрова на территории Тракторозаводского района города Челябинска производился в период его максимального накопления, незадолго до периода снеготаяния 26 февраля по 2 марта 2020 на 13 участках. Пробы отбирали вдоль основных магистралей с отступлением от дороги не менее 50 м и внутри жилых массивах с помощью цилиндра диаметром 4 на всю глубину снежного покрова. На каждом участке снег собирали в трёх точках, удалённых друг от друга на расстоянии 20-50 метров и ссыпали в одну ёмкость, при этом с поверхности удалялся мусор (листья, ветки и др.), исключалось попадание в образец частиц почвы. Из отобранных проб были составлены сборные пробы, весом не менее 2 кг, помещались пробы в ёмкость из химически стойкого полимерного материала - в полиэтиленовые пакеты и промаркированы (Рисунок 1 Приложение 1).

При отборе проб фиксируются и заносятся в таблицу фактические данные (Приложение 1) следующие параметры: дата отбора, которая позволяет

определить время, за которое накопились в снегу атмосферные выпадения; координаты точки пробоотбора, определенные с помощью GPS– навигатора (координаты определяются в центре участка 5x5 м); место отбора; погодные условия; высота снежного покрова.

Транспортируют образцы в лабораторию для проведения химико - аналитических работ должна производиться в оптимально короткие сроки. Если не планируется немедленное проведение лабораторных работ, для предотвращения таяния снега образцы должны быть помещены в морозильную камеру.

Точки отбора проб: Тракторозаводского района (Рисунок 2, Приложение 1) расположены в социально-значимых местах от завода ЧТЗ: это места отдыха и рекреации, с учетом расположения производств, застройки, господствующих ветров, так же учитывается нетронутость снежного покрова за зимний период, удаленность от проезжих частей не менее чем на 25м. Дополнительно была заложена эталонная точка, вне населенного пункта, за селом Октябрьское Челябинской области. Для сравнения с данными, полученными в городе.

Пробы снежного покрова переводят в талую воду при комнатной температуре в емкостях из химически стойкого полимерного материала. Время таяния снега при комнатной температуре составляет 6–12 часов, что соответствует «быстрому таянию», примененному в целях минимизации сорбции вещества пробы на стенках сосуда и уменьшению перехода взвешенных веществ в растворимые формы. Затем рассматриваем талую воду; отмечаем прозрачность и наличие взвесей. Затем талую воду профильтровать, описать загрязняющие вещества, которые можно обнаружить на фильтровальной бумаге. Для последующего определения концентраций водорастворимых форм тяжелых металлов методом атомно-абсорбционной спектроскопии и электрофореза пробоподготовку проводят в следующей последовательности. После энергичного перемешивания производятся измерения общей минерализации талой воды с помощью кислотно-щелочной реакции (рН) с помощью рН–метра «Экотест -2000-И». В норме рН 6,5—8,5.

Далее производят следующие действия: фильтрация талой воды через мембранный фильтр «синяя лента» с диаметром пор 1 мкм (предварительно взвешенный на электронных аналитических весах), удерживающий нерастворимую фракцию (пыль), для дальнейшего определения веса пыли. Результаты определения заносятся в таблицу фактических данных.

Бумажный фильтр «синяя лента» с осевшей на нем пылевой фракцией высушивается и повторно взвешивается на электронных весах для определения веса атмосферной пыли, выпавшей за период от начала снегостава до времени отбора проб на площадь шурфа, пересчет веса пыли (Р) на единицу площади в единицу времени производится по формуле:

$$P = \frac{Pa}{S \cdot T}$$

где Pa — вес пыли, осажденной снегом,

S – проективная площадь осаждения,

T — временной интервал в сутках между моментом опробования и датой установления устойчивого снежного покрова (Методические..., 1990). Результаты

определения веса пыли на единицу площади в единицу времени занесены в таблицу фактических данных (Приложение 2).

Далее применяют метод капиллярного электрофореза, для определения массовой концентрации катионов основанных на их миграции и разделении под действием электрического поля, вследствие их различной электрофоретической подвижности. Идентификацию и количественное определение анализируемых катионов и анионов проводят косвенным методом, регистрируя ультрафиолетовое поглощение при длине волны 254 нм (рабочая длина волны систем "Капель-103", "Капель-103РТ", "Капель-104Т" (использована при проведении анализа), "Капель-104М") или 267 нм ("Капель-105", "Капель-105М").

2.2. Оценка загрязнения воздуха по данным снеговой съемки, проведенной в феврале-марте 2020 г.

Как видно из таблиц 1, 2, рН снеговых проб варьирует в диапазоне от 6,93 до 7,55 ед. Для снеговой воды, как и в целом для осадков характерна слабокислая реакция, т.к. в незагрязненных осадках растворяется углекислый газ и немного понижает рН. Поэтому нормой для осадков считается рН около 5,6 ед. Для снеговых проб, отобранных на территории Уральского региона, благодаря ранее проведенным исследованиям установлено еще одно фоновое значение – 5,9 ед. рН [1]. Как видно из таблицы 2 (Приложение 3), значения рН превышают фон в среднем на 1,23 ед, что свидетельствует о преобладании в снеговой воде подщелачивающих компонентов, таких, как HCO_3^- и ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} .

Детальный анализ ионного состава фильтрата снега говорит о наличии в снеговой воде соединений азота (нитритов, нитратов, ионов аммония). В этом заключается основное отличие снеговой воды и природных вод водных объектов, в которых ионы аммония и нитрит-ионы обнаруживаются в значительных количествах только при попадании бытовых сточных вод или нитратных удобрений. Как видно из таблиц Приложения 4 и 5, в ряде проб концентрации иона аммония превышают ПДК для питьевой воды (например, в пробе, отобранной на проспекте Комарова или в Никольской роще). Нитрит-ионы обнаружены не во всех пробах, но наличие их свидетельствует о значительном загрязнении снега продуктами неполного разложения азотных соединений. Нитраты также составляют важных компонент ионного состава снеговой воды проб, отобранных в восточной части Челябинска, их концентрации сопоставимы с содержанием таких основных ионов, как сульфаты и гидрокарбонаты. Высокое содержание соединений азота обусловлено растворением и сорбцией двух типичных загрязнителей атмосферы: NO и NO_2 . Кроме соединений азота, в снеговой воде обнаружено большое количество ортофосфатов (Приложение 4). Как следствие, после снеготаяния основная масса загрязняющих биогенных веществ попадает в водоемы, вызывая их цветение в летне-осенний период.

Сульфат-ионы относятся к основным ионам природных вод, и в то же время свидетельствуют о загрязнении атмосферы сернистым газом (SO_2). Как видно из таблицы Приложения Г, на территории наблюдается варьирование концентраций SO_4^{2-} в широком диапазоне от 7,8 до 17 мг/л. И наиболее загрязненными участками являются сквер Киргородок, юг сада Победы и проспект Комарова.

Одним из самых значимых показателей в оценке уровня загрязнения является общее количество пыли снега и ее качественный состав. В данной работе состав пыли снега не исследовался, оценивалось ее поступление на квадратный метр за единицу времени. Результаты исследований представлены в таблице Приложения В. Как видно из таблицы, пылевая нагрузка на исследуемую территорию достаточно велика и превышает фоновое значение в 20-40 раз. В то же время, практически нет разницы в поступлении пыли на разные участки, то есть пыль осаждается примерно в одинаковом количестве на всей исследуемой территории. Безусловно, возле крупных автомобильных дорог пыли поступает значительно больше, но влияние дорог в данной работе не рассматривалось.

Таким образом, уровень загрязнения воздуха в восточной части г. Челябинска достаточно высокий, о чем свидетельствует и значительная пылевая нагрузка, концентрации и соотношение ионов в фильтрате снеговых проб.

Заключение

Тема была выбрана неслучайно, Челябинск является крупным промышленным городом. Производственный сектор формирует негативное воздействие на природные комплексы и урбанизированные территории. В связи с этим, появилась необходимость изучения загрязнения воздуха на территории города Челябинска. За основу исследования целесообразно взять метод изучения пылеаэрозольного загрязнения атмосферного воздуха городских территорий - снеговую съемку.

Согласно проведенному исследованию, к наиболее экологически благополучным площадям относятся следующие объекты: Медгородок, Детская площадка, Клуб Мальчишек, Первое озеро, ДК ЧТЗ, парк Дружбы, парк им. Терешковой. Это улучшает экологическую обстановку района, так как площадка на территории медгородка приурочена к зданию родильного отделения, другие территории являются объектами рекреационного значения, а снег, растаявший на берегу Первого озера попадает непосредственно в водоем.

На других площадках, таких, как Никольская роща, Сад Победы, проспект Комарова, по данным снеговой съемки выявлено повышенное загрязнение атмосферного воздуха. Это может быть связано с непосредственной близостью промышленных объектов и формированием сложных ореолов рассеяния загрязняющих веществ.

Список литературы

1. Абдуллаев, С. М., Грачева, И. В., Сапельцева, Ю. А., Агеев С. Г. К вопросу о региональном и локальном уровне загрязнения атмосферы // Вестник Челябинского государственного университета. Сер. «Экология». 2010. Вып. 4. № 8. С. 5-10.
2. Антоненков, А.Г. Мониторинг снежного покрова: Метод. Указания/ А.Г. Антоненков.- СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2017-216с.
3. Безуглая, Э.Ю. Мониторинг состояния и загрязнения атмосферы в городах/ Э.Ю. Безуглая – Л.: Гидрометеиздат, 2017. – 266 с.
4. Василенко, В.Н. Мониторинг загрязнения снежного покрова. В.Н. Василенко, И.Н. Назаров, Ш.Б. Фридман. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1985.
5. Зарина, Л. М. Геоэкологический практикум: Учебно–методическое пособие Л.М. Зарина, С.М. Гильдин.— Санкт-Петербург: Изд-во РГПУ им. А. И. Герцена, 2011. — 60 с. (Электронный ресурс)
6. Карякина, А.В. Методы оптической спектроскопии люминесценции в анализе природных и сточных вод А.В. Карякина, И.Ф. Грибовская. — Москва: Химия, 1987. — 304с.
7. Котляков, В.М. Снег и лед в природе Земли / В.М. Котляков. –М.: Наука, 2016. –160 с.
8. ПНД Ф 14.1:2:4.167-2000 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций катионов калия, натрия, лития, магния, кальция, аммония, стронция, бария в пробах питьевых, природных, сточных вод методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза “Капель” .—Москва, 2007.
9. ПНДФ 14.1:2:4.157-99 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций хлорид-ионов, нитрит-ионов, сульфат-ионов, нитрат-ионов, фторид-ионов и фосфат-ионов в пробах природных, питьевых и очищенных сточных вод с применением системы капиллярного электрофореза "Капель".—Москва, 2007.
10. Руководство по контролю загрязнения атмосферы. РД 52.04.186–89. — Москва: Госкомгидромет, 1991.
11. СанПиН 2.1.4.1175-02 Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников. (Электронный ресурс)
12. Ходаков, В.Г. Снега и льды Земли / В.Г. Ходаков. – М.: Наука, 2019. – 163 с

Приложение 2

Таблица 1

Описание пробных площадей

№	Проба	Дата отбора	Глубина снега см	Погодные условия	Координаты	
					С.Ш.	В.Д.
1	Медгородок	26.02.2020	40	-6 ° С мелкий снег юг 6 м/с	55,175082	61,444889
2	Детская площадка	02.03.2020	18	-6 ° С ясно 3,5м/с	55,175871	61,458916
3	Клуб мальчишек	02.03.2020	25	-6 ° С ясно 3,5м/с	55,175595	61,466156
4	Сквер Киргородок	26.02.2020	30	-6 ° С мелкий снег юг 5 м/с	55,169127	61,441825
5	ДК ЧТЗ	02.03.2020	22	-6 ° С ясно 3,5м/с	55,161352	61,452953
6	Гребная база	01.03.2020	15	-1 ° С пасмурно ююв 2 м/с	55,195917	61,488066
7	Никольская роща	01.03.2020	28	-1 ° С пасмурно ююв 2 м/с	55,188695	61,455478
8	Проспект Комарова	02.03.2020	36	-6 ° С ясно 3,5м/с	55,186767	61,465008
9	Парк Дружбы	01.03.2020	25	-1 ° С пасмурно ююв 2 м/с	55,178859	61,478063
10	Первое озеро	01.03.2020	28	-1 ° С пасмурно ююв 2 м/с	55,177766	61,493168
11	Парк им. Терешковой	26.02.2020	20	-6 ° С мелкий снег юг 6 м/с	55,15894	61,4439
12	Сад Победы южная часть	26.02.2020	30	-6 ° С мелкий снег юг 6 м/с	55,168524	61,454402
13	Сад Победы, северная часть	26.02.2020	28	-6 ° С мелкий снег юг 6 м/с	55,170433	61,456806

Приложение 3

Таблица 2

Пылевая нагрузка на территорию и значение рН снеговой воды

№	Проба снега	Количество дней с момента установления снежного покрова	Вес пыли (г)	Пылевая нагрузка, г/м ² в сутки	рН
1	Медгородок	106	1,4530	0,481	7,38
2	Детская площадка	111	1,4507	0,459	7,48
3	Клуб мальчишек	111	1,4197	0,449	7,55
4	Сквер Киргородок	106	1,4352	0,475	7,31
5	ДК ЧТЗ	111	1,5590	0,493	7,24
6	Гребная база	110	1,4187	0,453	7,44
7	Никольская роща	110	1,5720	0,501	7,31
8	Проспект Комарова	111	1,7049	0,539	7,4
9	Парк Дружбы	110	1,5692	0,501	7,09
10	Первое озеро	110	1,4763	0,471	7,14
11	Парк им.Терешковой	106	1,4030	0,464	7,33
12	Сад Победы южная часть	106	1,4532	0,481	6,98
13	Сад Победы, северная часть	106	1,4800	0,490	6,93
min			1,403	0,449	6,93
max			1,705	0,539	7,55
Ср.знач.			1,4919	0,481	7,28
Фон				0,01-0,02	5,9
Превышение среднего значения над фоном, ед. фона				24-48	1,23

Приложение 4

Таблица 3

Массовая концентрация анионов в фильтрате снеговой воды

№	Проба	Концентрация анионов, мг/дм ³						
		Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	PO ₄ ³⁻	F ⁻	HCO ₃ ⁻
1	Медгородок	4	8,24	5,47	0,2	3,92	0,34	22,51
2	Детская площадка	3,5	8,22	3,8	0,1	-	-	28,06
3	Клуб мальчишек	3,84	10,38	5,81	0,4	10	0,29	33,55
4	Сквер Киргородок	8,12	13,82	1,22	-	14,33	0,4	22,51
5	ДК ЧТЗ	6,27	13,31	9,01	0,23	0,81	0,79	18,91
6	Гребная база	2,7	7,75	4,05	-	5,95	0,22	17,08
7	Никольская роща	3,3	12,86	3,1	-	19,82	1,08	49,41
8	Проспект Комарова	5,1	13,05	6,7	0,35	17,05	0,38	35,38
9	Парк Дружбы	6,12	11,38	3,73	0,16	3,59	0,42	40,26
10	Первое озеро	5,95	11,28	4,88	-	11,15	0,27	21,35
11	Парк им.Терешковой	11,78	9,8	3,9	0,31	2,4	0,55	20,74
12	Сад Победы юг	11,4	16,97	53	0,32	4,42	1,21	27,45
13	Сад Победы север	5,5	10	0,63	-	10,01	0,36	26,23
14	ПДК для питьевой воды	350	500	45	1,5	3,5	1,5	-

Приложение 5

Таблица 4

Массовая концентрация катионов в фильтрате снеговой воды

№	Проба	Концентрация катионов, мг/дм ³				
		NH ₄ ⁺	K ⁺	Na ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺
1	Медгородок	1,048	1,422	2,190	0,991	8,29
2	Детская площадка	1,395	2,346	2,903	0,742	8,13
3	Клуб мальчишек	0,693	1,153	1,790	1,169	10,63
4	Сквер Киргородок	1,110	5,182	4,441	1,171	11,83
5	ДК ЧТЗ	1,948	4,119	3,625	0,625	7,05
6	Гребная база	0,798	1,344	3,803	1,246	7,80
7	Никольская роща	1,868	1,527	2,070	1,456	18,86
8	Проспект Комарова	2,113	2,541	2,785	1,218	14,15
9	Парк Дружбы	-	10	1,992	2,106	13,08
10	Первое озеро	0,777	1,241	2,164	0,9265	9,16
11	Парк им. Терешковой	0,918	1,923	5,210	0,786	7,21
12	Сад Победы юг	1,205	5,208	11,51	2,933	17,31
13	Сад Победы север	0,870	5,755	3,617	1,237	7,58
14	ПДК для питьевой воды	1,5	20	200	65	130

		
<p>Система капиллярного электрофореза Капель-104Т</p>	<p>pH метр-иономер Экотест-2000</p>	<p>Бюретка на 25 мл</p>
		
		
		

Рисунок 3. Лабораторный анализ снеговых проб