

ИЗУЧЕНИЕ СНЕЖНОГО ПОКРОВА КАК ЭФФЕКТИВНОГО ИНДИКАТОРА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

Кириченко Д.А.

г. Улан-Удэ, МАОУ СОШ № 1, 10 «А» класс

Руководитель: Шаркова Г.М., г. Улан-Удэ, МАОУ СОШ № 1, учитель химии и биологии

Проблемы взаимодействия современного общества с окружающей средой сегодня можно отнести к наиболее актуальным. От состояния окружающей среды зависит здоровье, учеба, работоспособность, одним словом, нормальная жизнь людей. Мы видим, что экологические проблемы – это следствие реальных противоречий между человеческим обществом и живой природой. На мой взгляд, каждый должен знать об источниках и веществах, загрязняющих окружающую среду, о предельно допустимых концентрациях вредных веществ, о способах снижения загрязнения окружающей среды отходами химических производств. И иметь хотя бы минимальное представление о современных технологиях производства, снижающих или исключающих вредное воздействие на окружающую среду, о зависимости здоровья человека от качества окружающей среды, о существующих проблемах безотходного производства.

Наверняка все знают, что город Улан-Удэ, в котором мы живем, ежегодно входит в перечень наиболее загрязненных городов России («О состоянии и об охране окружающей среды России», 2017 г.). Но вряд ли все знают, что расположение столицы Бурятии в межгорной впадине затрудняет циркуляцию воздуха и приводит к накоплению загрязняющих веществ, а причины плохого качества воздуха кроются в отсутствии высокоэффективного газоочистного оборудования, эксплуатации устаревших технологий на промышленных предприятиях, тепловых электростанциях и бытовых котельных.

В недавнем прошлом Улан-Удэ был одним из крупных промышленных центров Восточной Сибири, в атмосферу которого ежегодно выбрасывались значительные количества загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов. Сегодня в городе на неполную мощность работают Улан-Удэнский авиационный завод, ЛВРЗ, «Стальмост», приборостроительное объединение. Кроме того, действуют предприятия и организации обрабатывающего производства. Несмотря на многократное снижение антропогенной нагрузки, эко-

логическая ситуация остается неблагоприятной.

Основными загрязнителями являются Улан-Удэнская ТЭЦ-1, авиазавод, ЛВРЗ, и некоторые другие предприятия, а также крупные и средние свалки бытовых и производственных отходов. Опасность представляет ТЭЦ-1, расположенная в Железнодорожном районе г. Улан-Удэ, и ее золошлакоотвал (гидротехническое сооружение, предназначенное для складирования золы и шлака с тепловой электростанции). Высокой токсичностью обладают выбросы автотранспорта, уступая по объему выбросам стационарных источников. Отработанные газы автомобилей, поступающая в нижний слой атмосферы, сразу попадают в дыхательные пути человека, а процесс их рассеивания значительно отличается от процесса рассеивания выбросов стационарных источников. Поэтому автотранспорт относится к категории наиболее опасных источников загрязнения атмосферы. Интенсивное движение автотранспорта приводит к повышению среднегодовых концентраций сажи, оксида углерода, окислов азота, углеводородов, свинца, диоксида серы вблизи наиболее напряженных магистралей (в г. Улан-Удэ – это районы Элеватора, ул. Бабушкина, Терешкой, Балтахинова, Смолина, пр. 50-летия Октября и др.). На сегодняшний день автомобильные выхлопы составляют больше половины всех вредных выбросов в атмосферу Улан-Удэ.

Свой значительный «вклад» в загрязнение воздуха вносят автономные источники теплоснабжения – котлы и печи частного сектора, которыми снабжены почти 45 тысяч домов, при этом в 77,7% домов используются печи и в 22,3% – котлы. В качестве топлива 81,9% автономных источников теплоснабжения используют дрова и 17,4% – уголь. Газ, жидкое топливо, топливные брикеты и электрообогрев применяются мало – всего 0,7%. Использование угля приводит к выбросам серы и других токсичных загрязнителей. Даже при хорошем сгорании эти загрязняющие вещества не разрушаются, оказывая негативное влияние на сердечно-сосудистую и дыхательную системы

человека, способствуя развитию онкологических заболеваний.

Часто пишут, что воздух в бурятской столице отравляет бензапирен. Это вещество относится к первому классу опасности – наравне с ртутью, плутонием, полонием, стрихнином и оксидом свинца. При попадании в человеческий организм оно способно вызывать возникновение злокачественных опухолей. По данным Росстата, в феврале 2017 г. его концентрация в Улан-Удэ превысила норму в 24 раза. В том же 2017 г. ученые Института прикладной экологии и гигиены из г. Санкт-Петербурга в рамках разработки системы сводных расчетов загрязнения атмосферы г. Улан-Удэ пришли к выводу, что выбросы крупных предприятий не создают повышенные концентрации бензапирена.

Предметом моего исследования стал снег, взятый в г. Улан-Удэ и его пригороде. Снег – один из наиболее информативных и удобных показателей загрязнения окружающей среды. Он обладает рядом свойств, делающих его удобным индикатором загрязнения не только самих атмосферных осадков, но и атмосферного воздуха, а также последующего загрязнения вод и почв. При образовании и выпадении снега концентрация загрязняющих веществ в нем оказывается на 2-3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе.

Объект исследования – пробы снега с четырех контрольных площадок г. Улан-Удэ и его окрестностей.

Цель: исследовать органолептические и химические показатели талой воды на предмет наличия загрязнителей. Для решения этой цели были поставлены **задачи:**

1. Изучить и применить в своих исследованиях методику взятия проб снега и приготовления талой воды;
2. Исследовать органолептические свойства проб талой воды;
3. Определить реакцию среды проб талой воды;
4. Исследовать пробы талой воды на наличие химических веществ – загрязнителей.

В работе были использованы следующие **методы исследования:**

1. Теоретический (обзор и анализ литературы, образовательных ресурсов в сети Интернет).
2. Экспериментальный (проведение опытов, а также органолептического и химического анализа).
3. Эмпирический (наблюдения, описания и объяснения результатов исследований).

При выполнении работ применялись физические и органолептические методы исследования свойств талой воды: запаха, мутности, цветности, а также аналитические – для определения анионов загрязнителей. Данные методы позволили получить достоверную информацию о степени загрязнения снега на различных участках города.

Работа проводилась в химической лаборатории Института общей и экспериментальной биологии СО РАН. Для своего исследования мы выбрали территорию центра города и контрольную пробу из пригорода г. Улан-Удэ в лесном массиве.

Экспериментальное исследование снега

Методика взятия проб снега и приготовления талой воды

Для того чтобы результаты измерений были достоверными, необходимо было правильно собрать пробы снега. Для этого использовалась специальная методика: отбор проб снега производился в направлении господствующих ветров (подветренно) и в контрольной точке. Пробы снега отбирались на участках, где сохранился нетронутым снежный покров. Отбор снега производился при помощи лопатки. Для получения усредненного образца были отобраны снеговые пробы в пяти точках «конвертом» (на участке площадью 1 кв. м отбирались пробы снега по углам квадрата и в его центре). Этими точками стали четыре площадки: № 1 – ул. Фрунзе, № 2 – ул. Тракторная (территория возле ТЭЦ-1), № 3 – ул. Набережная р. Уды, № 4 – п. Верхняя Березовка, лесной массив (контрольная точка). Пробы снега брались: 17 декабря 2018 г. со всех площадок одновременно и повторно 25 января 2019 г. со всех площадок одновременно. Пробы снега были помещены в чистые полиэтиленовые пакеты, во избежание возможного выщелачивания из стекла гидрокарбонатов, карбонатов и других анионов слабых кислот. Затем снег был переложен в стеклянные банки. Банки оставлены при температуре +20 °С. Таким образом талая вода была готова для анализа.

Объекты и методика исследования

Объекты исследования: снежный покров на ул. Фрунзе – точка № 1, ул. Набережная – точка № 2, ул. Тракторная (территория ТЭЦ-1: мощность котельной – 688 Гкал/час) – точка № 3, пос. Верхняя Березовка – точка № 4. Исследуемые точки отмечены на карте с помощью Google Earth.

Объект	Координаты	Номера образцов
ул. Фрунзе	N51.8280002//E107.5935075	Точка № 1
ул. Набережная	N51.8212468//E107.588047	Точка № 2
ул. Тракторная (Территория ТЭЦ-1)	N51.835973//E107.618944	Точка № 3
пос. Верхняя Березовка	N51.5417//E107.4039	Точка № 4 (контрольная)

Цвет (окраска)

Диагностика цвета – один из показателей состояния воды. Для определения цветности воды берем стеклянный сосуд и лист белой бумаги. В сосуд наливаем воду и на белом фоне бумаги определяем цвет воды (голубой, зеленый, серый, коричневый) – показатель определенного вида загрязнения.

Прозрачность

Для определения прозрачности воды используем прозрачный мерный цилиндр с плоским дном, в который наливаем воду, подкладываем под цилиндр на расстоянии 4 см от его дна шрифт, высота букв которого 2 мм, а толщина линий букв – 0,5 мм, и сливаем воду до тех пор, пока сверху через слой воды не будет виден шрифт. Измеряем высоту столба оставшейся воды линейкой и выражаем степень прозрачности в см. Степень прозрачности воды в среднем около 30 см. Результаты исследований см. Табл. № 3.

Запах

Запах воды обусловлен наличием в ней пахнущих веществ, которые попадают в нее естественным путем и со сточными водами. Характер и интенсивность запаха определяем по предлагаемой методике (Табл. № 4).

Таблица 1

Характер и род запаха талой воды естественного происхождения

Характер запаха	Примерный род запаха
Ароматический	Огуречный, цветочный
Болотный	Илистый, тинистый
Гнилостный	Фекальный, сточной воды
Древесный	Мокрой щепы, древесной коры
Землистый	Прелый, свежеспаханной земли, глинистый
Плесневый	Затхлый, застойный
Рыбный	Рыбы рыбьего жира
Сероводородный	Тухлых яиц
Травянистый	Скошенной травы, сена
Неопределённый	Неподходящий под предыдущие определения

Определение кислотности талой воды

Активная реакция среды имеет большое экологическое значение. Изменение

pH среды влияет на выживаемость организмов, интенсивность питания, рост, уровень газообмена и другие жизненные процессы. Измерение pH – это измерение активности ионов водорода в среде. Само обозначение pH переводится буквально с латинского «*pH* Hydrogenii» – «вес водорода».

Для определения величины pH существуют два основных метода: колориметрический и потенциометрический. *Колориметрический метод* основан на изменении окраски индикатора, добавленного к исследуемому раствору, в зависимости от величины pH. Этот метод недостаточно точен, требует введения солевых и температурных поправок, дает значительную погрешность при очень малой минерализации исследуемой воды (менее 30 мг/л) и при определении pH окрашенных и мутных вод. *Потенциометрический метод* намного точнее, но требует оборудования лабораторий специальными приборами – pH-метрами. Сегодня pH-метры широко применяются в микробиологии и в медицине, в водоподготовке и агрохимии, в почвоведении, гидропонике, лабораторных и полевых исследованиях, в химической и пищевой промышленности, аквариумистике и т.д. Современный pH-метр позволяет достаточно точно и быстро определить величину pH, если $pH < 7$ – кислая среда, если $pH > 7$ – щелочная среда и $pH = 7$ – нейтральная среда.

В нашей работе мы определили pH с помощью универсальной индикаторной бумаги и лабораторного pH-метра (ИОНОМЕТР METTLER-TOLEDO SEVENCOMPACT).

Оборудование: индикаторная бумага (универсальный индикатор), пробирки. Методика определения pH среды (кислотности) следующая:

1. Для проведения опыта наливаем по 10 мл фильтрата в четыре пробирки.

2. Опускаем в каждую пробирку универсальный индикатор и определяем кислотность фильтрата (талой воды).

3. Сравниваем окраску индикатора со шкалой универсального индикатора, полученный результат фиксируем в таблице.

Оборудование: pH-метр (METTLER-TOLEDO), исследуемые пробы, стеклянные колбы, фильтровальная бумага, промывалка, дистиллированная вода.

Таблица 2

Интенсивность запаха воды

Баллы	Интенсивность запаха	Качественная характеристика
0	-	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабая	Запах, не поддающийся обнаружению потребителем, но обнаруживаемый в лаборатории опытным исследователем
2	Слабая	Запах, не привлекающий внимание потребителя, но обнаруживаемый, если на него обратить внимание
3	Заметная	Запах, легко обнаруживаемый и дающий повод относиться к воде с неодобрением

Методика определения рН среды рН-метром:

1. Включаем рН-метр.
2. Калибруем прибор с точным значением рН.
3. Промываем электрод дистиллированной водой над сосудом, сушим с помощью фильтровальной бумаги.
4. Сухой электрод погружаем в стеклянную колбу с пробой.
5. После каждой пробы электрод промываем и просушиваем.
6. Аналогичные операции повторяем со всеми пробами.
7. После измерения рН последней пробы электрод промываем и сушим при помощи фильтровальной бумаги.
8. Выключаем прибор из сети.
9. Результаты заносим в таблицу.

Вывод:

В результате исследования было установлено, что среда растворов во всех четырех пробах – нейтральная, т.к. универсальный индикатор окрашивался в желтый цвет. Показатель в пробе № 1 (рН = 6,8), рН в пробах № 2, № 3, № 4 (рН = 6,5-6,54), что можно объяснить отсутствием или очень незначительным количеством выбросов в атмосферу оксидов неметаллов (серы, азота, углерода). При этом можно отметить, что участок на ул. Тракторная более загрязнен. Понижение кислотности связано с выбросами ТЭЦ-1. На втором месте по кислотности находятся пробы талой воды, взятой на ул. Фрунзе. Данная улица находится в центре города, поток автотранспорта по данному участку интенсивный, отсюда и полученный результат.

Определение химических соединений загрязняющего характера (ионы) в талой воде

Промышленные предприятия, транспорт, котельные выбрасывают в атмосферу разные химические соединения. Снег может служить индикатором атмосферного загрязнения различными веществами: суль-

фатами, нитратами, аммонием, основаниями, тяжелыми металлами и рядом других веществ. Используя специальные методики, можно выявить в снеговой пробе конкретные химические вещества, которые попадают в снег из атмосферы.

Оборудование: штативы, пробы талой воды, пробирки, пипетки, электронные пипетки, эл. плита, химические стаканы, чашки для выпаривания, реактивы: раствор перманганата калия (KMnO₄), азотная кислота (HNO₃(1:4)), аммиак (NH₃), 5% раствор хлорида бария (BaCl₂), соляная кислота 1:5 (HCl (1:5)), нитрат серебра (AgNO₃), 50% раствор уксусной кислоты (CH₃COOH), 10% раствор дихромата калия (2 K₂Cr₂O₇), реактив Несслера.

План работы. Взять пробы фильтрата, провести качественные реакции на выявление загрязнителя.

Обнаружение катионов меди (Cu²⁺)

В фарфоровую чашку помещаем 3-5 мл пробы, осторожно выпариваем до суха и наносим на периферийную часть пятна каплю концентрированного раствора аммиака. Появление интенсивно-синей/фиолетовой окраски свидетельствует о присутствии ионов меди: Cu²⁺+4NH₄OH-[Cu(NH₃)₄]²⁺+4H₂O. В нашем случае ионы меди отсутствуют во всех четырех пробах. Результаты исследования см. в Табл. № 6.

Определение солей аммония NH₄⁺

К исследуемым пробам добавляем реактив Несслера. При положительной реакции появляется желто-оранжевое окрашивание вследствие образования йодистого меркураммония. В пробе № 1 имеет место светло-желтое окрашивание, № 2 – желтое, № 3 – интенсивно желтое, № 4 – отсутствует. Результаты исследования см. в Табл. № 7.

Обнаружение хлорид анионов (Cl⁻)

К 10 мл пробы добавляем 3-4 капли азотной кислоты (1:4) и доливаем 0,5 мл нитрата серебра (AgNO₃). Белый осадок должен

выпадать при концентрации хлорид-ионов более 100 мг/л: $\text{Cl} + \text{Ag} = \text{AgCl}$. Помутнение раствора наблюдается в пробе № 3 (концентрация хлорид-ионов более 10 мг/л), опалесценция (более 1 мг/л) – в пробах № 1 и № 2. При добавлении аммиака NH_3 раствор становится прозрачным. Результаты исследования см. в Табл. № 8.

Обнаружение сульфат-анионов (SO₄)

В пробирку вливаем 10 мл пробы 0,5 мл соляной кислоты (1:5) и 2 мл 5% раствора хлорида бария. По характеру выпавшего осадка определяем ориентировочное содержание сульфат-анионов. При отсутствии мути концентрация сульфат-ионов – менее 5 мг/л, при слабой мути, появляющейся не сразу, а через несколько минут – 5-10 мг/л. При концентрации сульфат-ионов более 10 мг/л выпадает белый осадок: $\text{Ba} + \text{SO}_4 = \text{BaSO}_4$. В пробах № 1, № 2 и № 3 содержание сульфат-анионов составляет 5-10 мг/л, в пробе № 4 – их нет. Результаты исследования см. в Табл. № 9.

Обнаружение сульфит-ионов (SO₄₂₋)

В пробирку вливаем 10 мл пробы, добавляем 3 мл слабого раствора перманганата калия. При содержании сульфит-иона розовый цвет раствора исчезает. В пробах № 1, № 2, и № 3 сульфиты отсутствуют, а в пробе № 4 имеется их незначительное содержание. $3\text{S032} + 2\text{Mn04H2C} - 2\text{Mn(OH)2} + 3\text{S042} + 20\text{H}$. Результаты исследования см. в Табл. № 10.

Качественное обнаружение катионов тяжелых металлов

Обнаружение катионов свинца Pb₂

В пробирку с пробой вносим 1 мл 50% раствора уксусной кислоты, перемешиваем. Добавляем электронной пипеткой 0,5 мл 10% раствора дихромата калия. При наличии в исследуемой пробе ионов свинца выпадает желтый осадок. Если наблюдается помутнение раствора, то концентрация катионов – более 20 мг/л, а при опалесценции – 0,1 мг/л. В нашем случае катионов свинца не обнаружено. Результаты исследования см. в Табл. № 11.

Выводы:

1. Более высокое содержание твердых частиц в образце талой воды, взятой на территории ТЭЦ-1, объясняется выбросами горючего сырья в атмосферу (уголь, торф, сланец и др.). Из-за большого содержания твердых частиц и химических соединений образцы талой воды имеют мутную серую

окраску, особенно она интенсивна в пробах № 1, № 2 и № 3, т.е. образцов, взятых вблизи предприятий и автодорог. По этой же причине прозрачность талой воды этих образцов имеет характеристику средней мутности, что не наблюдается у образца под № 4, где по шкале образец является прозрачным.

2. Показатель в пробе № 1 (pH = 6,8), pH в пробах № 2, № 3, № 4 (pH = 6,5-6,54), что можно объяснить отсутствием или очень незначительным количеством выбросов в атмосферу оксидов неметаллов (серы, азота, углерода).

3. Проведенный химический эксперимент в лаборатории Института общей и экспериментальной биологии СО РАН показал, что в талой воде катионы тяжелых металлов не обнаружены.

4. Качественные реакции на анионы показали наличие в значительном количестве хлорид- и сульфат-анионов.

5. Химических загрязнителей в опасной концентрации не было обнаружено.

Основываясь на результатах химического анализа и биотестирования, можно утверждать, что сегодня атмосфера в г. Улан-Удэ в целом – в пределах нормы. Превышений предельно допустимых концентраций вредных веществ по изученным параметрам в снежном покрове на территории города нет. Тем не менее, на улицах города с интенсивным движением, а также на территории ТЭЦ-1 выявлено загрязнение снежного покрова. В зеленой зоне пригорода, благодаря лесному массиву, наблюдаются достаточно благоприятная атмосфера и чистый воздух. Следовательно, талые снеговые воды существенно не нарушат химический состав почвы, и видовой состав растительности не изменится.

Отбор снежных проб производился в середине декабря 2018 г. и конце января 2018 г. Проведение повторного эксперимента запланировано на конец марта – период максимального запаса влаги. Ценность такого рода исследования заключается в том, что можно получить усредненную картину, подытоживающую атмосферные «события» зимы, поскольку в зимний период неоднократно меняются погода, направление ветров, переносающих загрязнения, интенсивность и характер выбросов предприятий и т.д. Изучение снежного покрова в качестве индикатора загрязнения природной среды позволит увеличить эффективность контроля за загрязнением атмосферы, воды и почвы.

Результаты исследований

Таблица 3

Диагностика цвета и примесей

№ пробы	Цвет	Примеси, осадок
№ 1	сероватый	черный осадок, частицы земли
№ 2	прозрачный с сероватым оттенком	серый осадок с вкраплениями частиц земли
№ 3	серый, мутный	черно-серый осадок с большим содержанием черных частиц
№ 4 (контрольная проба)	прозрачный	нет

Таблица 4

Характер, род и интенсивность запаха проб талой воды

№ пробы	Характер запаха	Род запаха	Интенсивность запаха
Проба № 1 – ул. Фрунзе	болотный	илистый	1 балл (очень слабая)
Проба № 2 – ул. Набережная	землистый	прельный	1 балл (очень слабая)
Проба № 3 – ул. Тракторная (ТЭЦ-1)	болотный	илистый	1 балл (очень слабая)
Контр. проба № 4 – пос. Верхняя Березовка	-	-	0 баллов (отсутствие)

Таблица 5

Сравнительное значение кислотности снега
(ИОНОМЕТР METTLER-TOLEDO SEVENCOMPACT)

№ пробы	Место взятия пробы	Значение PH	Характеристика осадка (среда)
1	ул. Фрунзе	6,82	нейтральная
2	ул. Набережная	6,54	нейтральная
3	ул. Тракторная (ТЭЦ-1)	6,50	нейтральная
4	пос. Верхняя Березовка	6,51	нейтральная

**Определение химических соединений
загрязняющего характера (ионы) в талой воде**

Таблица 6

Обнаружение катионов меди (Cu²⁺)

№ пробы	Окраска	
	есть	нет
1 проба – ул. Фрунзе		-
2 проба – ул. Набережная		-
3 проба – ул. Тракторная (ТЭЦ-1)		-
4 проба – пос. Верхняя Березовка		-

Таблица 7

Определение солей аммония NH₄⁺

№ пробы	Окраска	
	есть	нет
1 проба – ул. Фрунзе	светло-желтый	
2 проба – ул. Набережная	желтый	
3 проба – ул. Тракторная (ТЭЦ-1)	Интенсивно желтый	
4 проба – пос. Верхняя Березовка		-

Таблица 8

Обнаружение хлорид анионов (СГ)

№ пробы	Осадок	Помутнение	Опалесценция
1 проба – ул. Фрунзе	-	-	+ (более 1 мг/л)
2 проба – ул. Набережная	-	-	+ (более 1 мг/л)
3 проба – ул. Тракторная (ТЭЦ-1)	-	+ (более 10 мг/л)	-
4 проба – пос. Верхняя Березовка	-	-	-

Таблица 9

Обнаружение сульфат – анионов (SO₄)

№ пробы	Помутнение	
	есть нет	
1 проба – ул. Фрунзе	слабое помутнение (5-10 мг/л)	
2 проба – ул. Набережная	слабое помутнение (5-10 мг/л)	
3 проба – ул. Тракторная (ТЭЦ-1)	слабое помутнение (5-10 мг/л)	
4 проба – пос. Верхняя Березовка		-

Таблица 10

Обнаружение сульфит – ионов (S₀₄₂-)

№ пробы	Окраска	
	есть нет	
1 проба – ул. Фрунзе		- отсутствие сульфитов
2 проба – ул. Набережная		- отсутствие сульфитов
3 проба – ул. Тракторная (ТЭЦ-1)		- отсутствие сульфитов
4 проба – пос. Верхняя Березовка	розоватый оттенок, незначительное содержание сульфитов	

**Качественное обнаружение катионов
тяжелых металлов**

Таблица 11

Обнаружение катионов свинца РЬ₂

№ пробы	Наличие свинца	
	есть нет	
1 проба – ул. Фрунзе		-
2 проба – ул. Набережная		-
3 проба – ул. Тракторная (ТЭЦ-1)		-
4 проба – пос. Верхняя Березовка		-



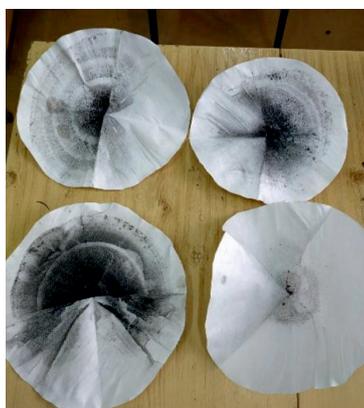
Пробы снега



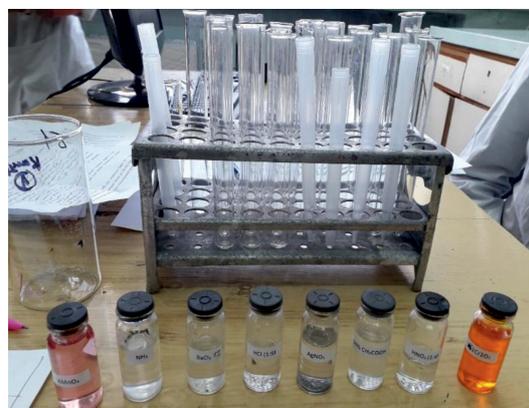
Пробы талой воды



Фильтрация проб талой воды



Фильтры



Реактивы



*Определение кислотности талой воды.
Работа на рН-метре*



Обнаружение катионов свинца РВ2



Обнаружение катионов меди (Cu²⁺)



Обнаружение сульфит – ионов (SO₄²⁻)

Список литературы

1. Алексеева С.В., Беккер А.М. Изучаем экологию экспериментально: Практикум, по экологической оценке, состояния окружающей среды. СПб., 1993.
2. Габриелян О.С. Вода в нашей жизни: учебно-методическое пособие к ЭК для 9 кл. осн. школы или 10-11 кл. баз. уровня ср. шк. // Химия (Первое сентября). 2009. № 22.
3. Залиханов М.Ч., Лосев К.С. И снег, и град, и горы. Ленинград: Гидрометеиздат, 1991.
4. Корте Ф. Экологическая химия. М.: Мир. 1996. 396 с.
5. Криволицкий Д.А. Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. М.: Наука. 1987.

6. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России // Финансы и статистика. 1995.
7. Соловьева Н.Е., Олькова Е.А., Алябьева А.А., Краева О.В. Исследование талой воды (снега) как показатель загрязнения атмосферы урбанизированной среды // Молодой ученый. 2015. № 14. С. 668-672.
8. Фадеева Г.А. Химия и экология 8-11 классы: Материалы для проведения учебной и внеурочной работы по экологическому воспитанию. Волгоград: Учитель, 2005. 118 с.
9. <https://ria.ru/20170921/1505224510.html> (дата обращения: 18.12.2018).
10. https://studbooks.net/913704/ekologiya/otbor_prob_snega (дата обращения: 26.12.2018).
11. <https://www.tgk-14.com/> (дата обращения: 18.01.2019).