

***Автор:***

***Коршунова Наталья Олеговна***

ученица 7 класса

ГБОУ СОШ № 360

г. Москва

***Руководитель:***

***Коршунова Нина Владимировна***

учитель

ГБОУ СОШ № 356 имени Н.З. Коляды

г. Москва

### **Снег как индикатор чистоты атмосферного воздуха**

***Аннотация:*** в статье рассматриваются вопросы возможного использования снега в качестве индикатора чистоты атмосферного воздуха, установлена закономерность содержания загрязнителей в пробах снега в связи с розой ветров и удаленностью от автомагистралей.

Состояние воздушного бассейна крупных городов обоснованно вызывает тревогу. Огромное количество загрязняющих веществ выбрасывается в атмосферу транспортом, промышленными предприятиями, теплоэлектростанциями. Все загрязняющие атмосферный воздух вещества в большей или меньшей степени оказывают отрицательное влияние на здоровье человека.

#### ***Цели исследования***

Выяснить возможность использования снега в качестве индикатора чистоты атмосферного воздуха, установить закономерность содержания загрязнителей в пробах снега в связи с розой ветров и удаленностью от автомагистралей.

#### ***Задачи исследования***

– сбор информации об антропогенном загрязнении воздушного бассейна города Москвы;

– отбор проб снега с территорий, прилегающих к Щелковскому шоссе, в соответствии с направлением господствующих ветров и закрытости места взятия проб зданиями

– проведение исследования взятых проб; качественное обнаружение отдельных загрязнителей

– определение биологического действия снеговой воды данных образцов на кресс–салат

*Выбор объекта исследования:* образцы свежеснегавшего снега и снега двухмесячной давности, взятые на разном удалении от Щелковского шоссе в соответствии с господствующими ветрами. Сбор свежеснегавшего и снега двухмесячной давности осуществлялся в одних и тех же точках.

*Методы и средства исследования.* Отбор проб снега, проведение их физического и химического анализа. В качестве контроля использовалась покупная дистиллированная вода. Методики физического и химического анализа взяты из книги «Экологический мониторинг: Учебно–методическое пособие.» Изд.3–е, испр.и доп./Под ред.Т.Я. Ашихминой. М.: Академический Проект, 2006. – 416 с.

*Оборудование и материалы:* пластиковые контейнеры объемом 6,5 л с крышкой, пластмассовая лопатка; GPS – навигатор, цифровой фотоаппарат 5 МП; кристаллизаторы, весы, штатив лабораторный, асбестовая сетка, горелка, чашка для выпаривания, штатив для пробирок, набор пробирок, воронки для фильтрования, фильтровальная бумага, прибор для опытов с электрическим током, химические стаканы на 200 мл, колбы емкостью 1 л (8 шт), набор реактивов: универсальный индикатор, растворы нитрата серебра ( $\text{AgNO}_3$ ), хлорида бария ( $\text{BaCl}_2$ ), роданида калия ( $\text{KCNS}$ ), красной кровяной соли, желтой кровяной соли  $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ ,  $\text{K}_4\text{Fe}(\text{CN})_6$ , дихромата калия ( $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ), сульфида натрия ( $\text{Na}_2\text{S}$ ), реактив Грисса, реактивы для аквариумистов для определения наличия соединений меди, железа, аммония; ёмкости для грунта, земляная смесь, семена кресс–салата

В своей работе мы выдвигаем *гипотезу*, что свежевыпавший снег говорит о наличии загрязнителей в высоких слоях атмосферы над территорией, где он образовался. Кроме того, свежевыпавший снег может адсорбировать загрязнители над теми территориями, где он пролетал в снеговом облаке, или выпав из него. Снег, который лежит длительное время, может быть индикатором загрязнения воздуха прилегающих территория, сорбируя загрязнители своей поверхностью.

*Этапы работы:*

*1. Отбор проб снега.*

Для взятия проб была выбрана территория, прилегающая к Щелковскому шоссе – самой крупной трассе Северного Измайлова, в районе остановок «Трансагенство» и «Улица Хабаровская». Эти участки были выбраны с учетом направления господствующих ветров и закрытости территории домами. На территории Москвы господствующим ветром является юго–восточный [6]. С каждой стороны шоссе были взяты по 4 пробы свежевыпавшего снега. Снег собирался в момент снегопада 05.01.2013. Места взятия проб отмечены на карте и зафиксированы с помощью GPS – навигатора. Это сделано для возможности последующего отбора проб в тех же точках. Второй раз снег отбирался в тех же точках 07.03.2013.

Образцы снега собирались в промаркированные пластиковые контейнеры объемом 6,5 литра. В школе снег перекладывался в стеклянные кристаллизаторы и оставлялся таять на сутки. Когда температура талой воды сравнивается с комнатной температурой, ее исследуют [1, 3, 4].

*2. Определение содержания нерастворимых примесей и растворимого остатка*

Для определения содержания нерастворимых примесей талую воду фильтровали через предварительно взвешенные фильтры. Фотографировали фильтры после фильтрования. Высушивали влажные фильтры с нерастворимыми примесями и взвешивали.

Для определения растворимого остатка выпаривали 50 мл воды в предварительно взвешенной чашке для выпаривания. Остывшую чашку взвешивали.

### *3. Исследование физических свойств талой воды образцов [4].*

Мы исследовали некоторые физические свойства воды, которые могут быть косвенными показателями содержания растворимых примесей. Вода всех образцов прозрачна, бесцветна, не имеет запаха. Плотность воды исследовали с помощью ареометров. Если в пробе содержатся примеси, то их количество должно быть прямо пропорционально увеличению плотности. Электропроводность талой снеговой воды исследовали с помощью прибора для определения электропроводности. Яркость свечения лампочки прямо пропорциональна содержанию примесей.

*4. Исследование химических свойств талой воды [1, 3, 4].* Определение рН, наличия соединений серы, азота, хлора, железа, меди, свинца в пробах колориметрическим методом.

*А) определение рН.* Для начала мы определили кислотность водных образцов, так как значения рН ниже 6 говорят о наличии кислотных соединений (серная, азотная, соляная кислоты). Значения рН определяли с помощью универсального индикатора

Мы определяли чаще встречающиеся загрязнители атмосферы, такие как сульфаты, нитриты, нитраты, хлориды, ионы свинца, двух и трехвалентного железа, меди, аммония.

#### *Б) определение нитритов.*

В пробирку вносят 5 мл исследуемой воды, подкисляют раствором соляной кислоты, добавляют реактива Грисса и нагревают до 70 – 80° С на водяной бане. Появление розового окрашивания той или иной интенсивности свидетельствует о наличии нитрит– ионов в пробе.

#### *В) определение сульфатов.*

В пробирку вносят 10 мл исследуемой воды, 0,5 мл раствора соляной кислоты (1:5) и 2 мл 5% раствора хлорида бария, перемешивают. По характеру

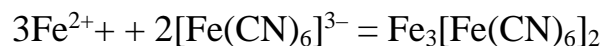
выпавшего осадка определяют ориентировочное содержание сульфатов.  $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} = \text{BaSO}_4$

*Г) определение хлоридов*

В пробирку вносят 5 мл исследуемой воды, добавляют 1 мл 5% раствора нитрата серебра. Белый осадок говорит о наличии хлоридов.  $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- = \text{AgCl}$

*Д) определение соединений железа*

Железо (II) в кислой среде (pH – 3) образует с гексацианоферратом калия (III) осадок турнбулевой сини темно–синего цвета. К 1 мл исследуемой воды добавить 2 – 3 капли раствора серной кислоты и 2 – 3 капли раствора реактива гексацианоферрат (III) калия  $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ .



Железо (III). 1. Гексацианоферрат (II) калия  $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$  в слабокислой среде с катионом  $\text{Fe}^{3+}$  образует темно–синий осадок берлинской лазури. К 1 мл исследуемой воды прибавить 1 – 2 капли раствора соляной кислоты и 2 капли раствора реактива  $4\text{Fe}^{3+} + 3[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-} = \text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$

2. Роданид аммония  $\text{NH}_4\text{SCN}$  образует в кислой среде с  $\text{Fe}^{3+}$  роданид железа, окрашенный в кроваво–красный цвет.

К 1 мл исследуемой воды прибавить 2 – 3 капли раствора соляной кислоты и 2 – 3 капли раствора реактива.  $\text{Fe}^{3+} + 3 \text{SCN}^- = \text{Fe}(\text{SCN})_3$

*Е) Определение соединений свинца* К 1 мл исследуемой воды прибавить 2 – 3 капли раствора соляной кислоты и 2 – 3 капли раствора дихромата калия. Дихромат– и хромат–ионы образуют с ионами свинца малорастворимый хромат свинца желтого цвета.  $\text{Pb}^{2+} + \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} = \text{PbCr}_2\text{O}_7$

*Ж) Для определения части соединений (аммиака, соединений аммония и меди, железа, нитритов и нитратов)* использовали наборы аквариумистов Sera test, так как они обладают достаточной чувствительностью.

*5. Определение биологического действия снеговой воды данных образцов на кресс–салат [4].*

Кресс–салат – однолетнее овощное растение, обладающее повышенной чувствительностью к загрязнению почвы тяжелыми металлами, а также к

загрязнению воздуха газообразными выбросами автотранспорта. Этот биоиндикатор отличается быстрым прорастанием семян и почти стопроцентной всхожестью, которая заметно уменьшается в присутствии загрязнителей. Кроме того, побеги и корни этого растения под действием загрязнителей подвергаются заметным морфологическим изменениям.

Кресс–салат как биоиндикатор удобен еще и тем, что действие стрессоров можно изучать одновременно на большом числе растений при небольшой площади рабочего места (чашка Петри, кювета, поддон и т. п.). Привлекательны также и весьма короткие сроки эксперимента. Семена кресс–салата прорастают уже на третий – четвертый день, и на большинство вопросов эксперимента можно получить ответ в течение 10– 15 суток.

Прежде чем ставить эксперимент по биоиндикации загрязнений с помощью кресс–салата, партия семян, предназначенных для опытов, проверяется на всхожесть. Нормой считается прорастание 90 – 95% семян в течение 3 – 4 суток. Процент проросших семян от числа посеянных называется всхожестью.

После определения всхожести семян приступают к проведению эксперимента, закладывая один или несколько опытов в следующей последовательности.

1. Емкость заполняют до половины почвой.
2. Почву в емкостях увлажняют талой снеговой водой (в соответствии с номерами) до появления признаков насыщения.
3. В каждую чашку на поверхность субстрата укладывают по 15 (50) семян кресс–салата. Расстояние между соседними семенами должно быть по возможности одинаковым.

В зависимости от результатов опыта субстратам присваивают один из четырех уровней загрязнения.

#### *1. Загрязнение отсутствует*

Всхожесть семян достигает 90 – 100%, всходы дружные, проростки крепкие, ровные. Эти признаки характерны для контроля, с которым следует

сравнивать опытные образцы.

*2. Слабое загрязнение*

Всхожесть 60 – 90%. Проростки почти нормальной длины, крепкие, ровные.

*3. Среднее загрязнение*

Всхожесть 20 – 60%. Проростки по сравнению с контролем короче и тоньше. Некоторые проростки имеют уродства.

*4. Сильное загрязнение.*

Всхожесть семян очень слабая (менее 20%). Проростки мелкие и уродливые.

Таблица 1

## Результаты исследования проб образцов снега, взятых 05.01.2013

№ пробы	V снега	V воды	плотность	масса взвешенных частиц	масса растворённых примесей	электропроводность
1	6,5 литра	950 мл	1,00	0,12 г	0,03	слабая
2	6,5 литра	900 мл	1,00	0,04 г	0,02	нет
3	6,5 литра	870 мл	1,00	0,02 г	0,01	нет
4	6,5 литра	950 мл	1,00	0,01 г	0,01	нет
Дистиллированная вода	нет	1 литр	1,00	нет	нет	нет
–1	6,5 литра	850 мл	1,00	0,03 г	0,01	нет
–2	6,5 литра	900 мл	1,00	0,02 г	0,01	нет
–3	6,5 литра	930 мл	1,00	0,06 г	0,02	нет
–4	6,5 литра	950 мл	1,00	0,04 г	0,02	нет

№ пробы	pH	нитриты	хлориды	сульфаты	соединения				
					свинца	железа (II) (III)	железа акв	меди	аммония и аммиак
1	6	темно-розовый	белый осадок	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
2	6	светло-розовый	белый осадок	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
3	6	светло-розовый	белый осадок	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
4	6	светло-розовый	слабая муть	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
–1	6	светло-розовый	слабая муть	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
–2	6	светло-розовый	слабая муть	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
–3	6	оч.светло-розовый	слабая муть	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
–4	6	оч.светло-розовый	слабая муть	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.



Таблица 2

## Результаты исследования проб образцов снега, взятых 07.03.2013

№ пробы	V снега	V воды	плотность	масса взвешенных частиц	масса растворённых примесей	электропроводность
1	6,5 литра	1950 мл	1,00	0,87 г	0,13	нет
2	6,5 литра	1900 мл	1,00	0,78 г	0,10	нет
3	6,5 литра	2000 мл	1,00	0,04 г	0,08	нет
4	6,5 литра	1950 мл	1,00	0,13 г	0,08	нет
Дистиллированная вода	нет	1 литр	1,00	нет	нет	нет
–1	6,5 литра	1850 мл	1,00	0,72 г	0,10	нет
–2	6,5 литра	1900 мл	1,00	0,62 г	0,10	нет
–3	6,5 литра	1530 мл	1,00	0,26 г	0,07	нет
–4	6,5 литра	1950 мл	1,00	0,20 г	0,09	нет

№ пробы	рН	нитриты (р–в Грисса)	нитриты (акв)	нитраты (акв)	хлориды	сульфаты	соединения				
							свинца	железа (II) (III)	железа акв	меди	аммония и аммиак
1	5	темно–розовый	0, 5 мг\л	10 мг\л	белый осадок	не обн.	не обн.	не обн.	1 мг\л	0,1–0,3 мг/л	1 мг\л
2	5	темно–розовый	0, 5 мг\л	10 мг\л	белый осадок	не обн.	не обн.	не обн.	0, 5 мг\л	не обн.	0,5 мг\л
3	5	темно–розовый	0, 5 мг\л	10 мг\л	белый осадок	не обн.	не обн.	не обн.	0,1 мг\л	не обн.	0,4 мг\л
4	5	темно–розовый	0, 5 мг\л	10 мг\л	слабая муть	не обн.	не обн.	не обн.	0,1 мг\л	не обн.	не обн
–1	5	темно–розовый	0, 5 мг\л	10 мг\л	слабая муть	не обн.	не обн.	не обн.	1 мг\л	0,1–0,3 мг/л	0,5 мг\л
–2	5	светло–розовый	0, 5 мг\л	10 мг\л	слабая муть	не обн.	не обн.	не обн.	0,25 мг\л	не обн.	не обн
–3	5	светло–розовый	0, 5 мг\л	10 мг\л	слабая муть	не обн.	не обн.	не обн.	0,1 мг\л	не обн.	0,5 мг\л
–4	5	темно–розовый	0, 5 мг\л	10 мг\л	слабая муть	не обн.	не обн.	не обн.	0,1 мг\л	не обн.	1 мг\л

### *Обсуждение результатов.*

Проведено исследование 8 проб свежеснегавшего снега и 8 проб старого снега, взятых на разном удалении от Щёлковского шоссе с разных его сторон, в соответствии с розой ветров. Снег накапливает в своем составе практически все поступающие в атмосферу вещества, потому его рассматривают как индикатор чистоты атмосферы<sup>4</sup>. При этом, вероятно, следует различать свежеснегавший и лежалый снег.

Методики предлагают исследовать лежалый снег, взятый в конце зимнего сезона по всей глубине его отложения.

Мы исследовали свежеснегавший и старый снег (2-х месячный)

Информативным показателем являются электропроводность талой воды и ее pH. В обычном состоянии pH снега от 5,5 до 5,8. По результатам нашего исследования pH свежеснегавшего снега равен 6 (для всех 8 проб). У старого снега pH талой воды выше в 10 раз (во всех пробах pH = 5).

Электропроводность была отмечена у пробы № 1, ближайшей к Щёлковскому шоссе по четной стороне (по направлению господствующего ветра). При этом, количество растворенных веществ для этой пробы максимальное. В целом, масса взвешенных частиц и масса растворённых примесей невелики.

В атмосфере крупных городов всегда присутствуют соединения серы, азота и хлора. Мы в свежеснегавшем снеге обнаружили только нитриты и хлориды, в старом ещё и нитраты, аммиак и соединения аммония. Сульфаты нами во всех пробах обнаружены не были. Причина этого не понятна, так как оксиды серы выделяются при сгорании любого органического топлива, и северо-западный ветер должен принести соединения серы в виде сульфатов, пролетая через северо-западные промзоны.

Соединения азота и хлора присутствуют во всех пробах, что четко согласуется с литературными данными о загрязнителях атмосферы.

Соединения тяжелых металлов во всех пробах свежеснегавшего снега отсутствуют. В старом снеге присутствуют соединения железа и меди. Мы не

обнаружили соединений свинца, хотя он должен быть в пробах старого снега. Вероятно, что количество этих соединений для наших реактивов мало. Наборы для аквариумистов оказались более чувствительными.

### *Выводы*

Проведено исследование 8 проб свежеснежавшего снега и 8 проб старого снега, взятых на разном удалении от Щёлковского шоссе с разных его сторон, в соответствии с розой ветров. Обнаружены только некоторые из постоянных загрязнителей атмосферы. Зависимость содержания загрязнителей в пробе от господствующего ветра выражена не четко. Наблюдается зависимость содержания загрязнителей от удаления от дороги. В целом, сделан **вывод**, что свежеснежавший снег может быть индикатором загрязнения верхних слоев атмосферы, где снег формировался и тех территорий, где он выпадал. Индикатором состояния приземных слоев атмосферы, прилегающих к автотрассам быть не может. Старый снег может быть индикатором состояния приземных слоев атмосферы, прилегающих к автотрассам.

### *Список литературы*

1. Анализ минерального сырья» (под ред. Б.Г. Карпова и др. ОНТИ–ХИМТЕОРЕТ – Л., 1936.
2. Аргунова М.В., Моргун Д.В., Плюснина Т.А., Речкалова Н.И. Экологический мониторинг. Методические рекомендации для учителей к курсу «Экология Москвы и устойчивое развитие». – М.: Центр «Школьная книга», 2008. – 144 с.
3. Астафуров В.И. Основы химического анализа. Учеб. пособие по факультатив. курсу для учащихся IX – X кл., – М.: Просвещение, 1982.
4. Экологический мониторинг: Учебно–методическое пособие. Изд. 3–е, испр. и доп./Под ред. Т.Я. Ашихминой. М.: Академический Проект, 2006. – 416 с.
5. Электронный ресурс: <http://airmoscow.narod.ru/sbornik1/4.htm>.
6. Электронный ресурс: <http://gismeteo.ru/>.
7. Электронный ресурс: <http://wikipedia>.