

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра химии и инженерной экологии в строительстве

**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
СНЕЖНОГО ПОКРОВА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ**

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Экология» для студентов-бакалавров
всех направлений подготовки

Казань
2019

УДК 504.054
ББК 20.18
С89

С89 Оценка степени загрязнения снежного покрова городских территорий: Методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине «Экология» для студентов-бакалавров всех направлений подготовки /Сост.: Е.Н. Сундукова, И.И. Антонова. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитектур.-строит. ун-та, 2019. – 11 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Методические указания посвящены оценке степени загрязнения снежного покрова на городских территориях. Рассматриваются основные виды загрязнений и методы определения некоторых показателей качества снега, которые в первую очередь являются чувствительными к данным загрязнениям. Указания содержат вопросы для закрепления материала и самопроверки.

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения
и водоотведения КГАСУ

А.В. Бусарев

УДК 504.054
ББК 20.18

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2019
© Сундукова Е.Н., Антонова И.И.,
2019

ВЕДЕНИЕ

Снежный покров оказывает огромное влияние на климат, рельеф, почвообразующие процессы, жизнь растений и животных. Благодаря малой теплопроводности снег предохраняет почву и защищает растения от переохлаждения, позволяет успешно перезимовать животным, впадающим зимой в спячку.

Анализ талой снежной воды на содержание различных загрязнителей – один из наиболее информативных и удобных методов оценки степени загрязнения окружающей среды. Особенно загрязнение снега заметно на городских территориях, которые подвержены воздействию выбросов промышленных предприятий, жизнедеятельности человека и домашних животных, автомобильных и железных дорог. Различные загрязнители, попадающие в снег в результате хозяйственной деятельности человека, копятся в течение всей зимы, и при таянии проникают в почву и смываются в водоемы. С течением времени загрязнения накапливаются, что не может не сказаться на растительных и животных объектах, на экологическом состоянии, в первую очередь, близлежащих и городских.

Целью данной работы является изучение характеристик снежного покрова территории города, исследование талой воды на наличие и содержание механических и некоторых химических загрязнителей.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для экологической характеристики местности, имеющей снежный покров, необходимо изучение свойств и структуры снега и определение основных качественных и количественных показателей загрязнения снега.

Неодинаковая глубина снежного покрова на разных участках чаще связана с рельефом местности, направлением ветра и особенностями деятельности человека. Температура снега в более глубоких слоях снежного покрова обычно выше, чем у поверхности. Это связано с тем, что в толще снега есть воздушные прослойки, которые сохраняют тепло. Плотность снега зависит от многих факторов: оседания под собственным весом (от толщины снегового покрова), уплотнения при ветре, изменений при оттепелях, выпадения жидких осадков, солнечной погоды, времени года и рельефа.

Загрязнение снежного покрова происходит в два этапа. Это загрязнение снежинок во время их образования в облаке и выпадения на местность (влажное осаждение) и загрязнение уже выпавшего снега в результате сухого выпадения веществ из атмосферы, а также их поступление из подстилающих почв и горных пород. Концентрация загрязнений зависит от длительности холодного периода, частоты и интенсивности снегопадов, физико-химических свойств загрязняющих веществ и географического места расположения. Особенно сильно снег загрязняется на территории городов и промышленных предприятий, вблизи автомобильных и железных дорог. На территории городов могут

образовываться локальные участки загрязнения, связанные с накоплением на этих участках загрязняющих веществ. Чаще всего это стихийные рынки, вокзалы и т.п., т.е. места временного большого скопления населения, особенно, при несвоевременной уборке мусора в местах его интенсивного образования.

Поэтому проблема уборки и удаления снега с городских территорий в настоящее время приобрела особую актуальность. Сбрасывать загрязненный снег в городские водоемы категорически недопустимо по экологическим требованиям. Вывозить его за город на специально отведенные полигоны экологически и экономически неприемлемо. Так, в таблице 1, например, представлены показатели загрязнения убираемого с городских территорий снега и нормативы качества воды при сбросе в водоемы и систему городской канализации. Такие загрязнения, как взвешенные вещества, нефтепродукты, минеральные соли, значительно превышают нормативы сброса воды в поверхностные водоемы.

Таблица 1

Показатели качества загрязненного снега, убираемого с городских территорий, и экологические нормативы, мг/л [1]

Наименование загрязнения	ПДК для водоемов рыбохоз. назнач.	ПДК для водоемов культ.-быт. назначения	Снег с улиц городов		Норматив приема в систему канализации
			Среднее значение	Максим. значение	
Взвешенные вещества	7,25	10	974,3	3500,0	500,0
Нефтепродукты	0,05	0,3	23,8	64,0	4,0
Хлориды, Cl ⁻	300	350	1386,8	5500,0	350,0
Сульфаты, SO ₄ ²⁻	100	500	111,3	180,0	500,0
Азот аммон., NH ₄ ⁻	0,4	2	1,6	3,5	-

При сжигании топлива (угля, мазута, нефти) в атмосферу поступает огромное количество летучей тонкой золы, пыли, сажи, пепла, которые при осаждении загрязняют снежный покров. Промышленные предприятия, автомобильный транспорт выбрасывают в атмосферу оксиды азота, серы, углерода, которые в атмосфере, соединяясь с водой, образуют кислоты. Они подкисляют почву, воду и губительно действуют на живые организмы, строения, памятники архитектуры. Техногенный выброс в атмосферу аэрозолей, рН которых колеблется от 2,8 ÷ 3 до 9 ÷ 12, затем попадающих в снег и почву, также вызывает подкисление или подщелачивание среды.

В твердых загрязняющих веществах могут содержаться наиболее токсичные для живых организмов такие тяжелые металлы, как свинец, ртуть, кадмий, цинк. Содержание тяжелых металлов в снежном покрове колеблется в широком диапазоне в зависимости от степени антропогенного влияния. Тяжелые металлы в снеге могут находиться в нерастворимом и растворимом виде. Процент содержания микроэлементов в растворимой фракции зависит от места отбора пробы, химического состава осадков, природы элемента. В городском снеге большинство тяжелых металлов находится в труднорастворимой форме (73÷92 %)[2]. Часть тяжелых металлов, а также некоторые токсичные

элементы (сурьма, мышьяк), могут содержаться в газопылевых техногенных выбросах в газообразной форме, а часть (сульфиды, сульфаты, оксиды, арсениты металлов) – в пылевой фракции. При рассеивании и оседании и в дальнейшем – при таянии снега, происходит образование растворимых форм некоторых металлов и миграция их в верхние слои почвы. В верхних гумусовых горизонтах почв удерживается основная масса поступивших из снега загрязняющих тяжелых металлов и неметаллов. Здесь же происходит их первичная трансформация. Степень и направление трансформации соединений в почвах зависят от свойств почв и от вида загрязняющих веществ. Некоторые загрязняющие вещества в результате химических превращений переходят в нетоксичные малорастворимые и неподвижные формы. По подвижности из твердой фазы для проб городского снега металлы можно расположить в следующий ряд: Cu>Hg>Cr>Sc>Au>Ba>La>Co>Sb>Fe.

Наиболее значительными и опасными являются загрязнения снега на дорогах, где он сильно загрязняется песком, глиной, противогололедными реагентами и масло-нефтепродуктами. Нефтепродукты оказывают особенно вредное влияние на окружающую среду из-за своей высокой токсичности. Они дестабилизирующе воздействуют на водные экосистемы, делают их опасными для человека.

Противогололедные реагенты предотвращают зимнюю скользкость и обеспечивают таяние льда и снега на дорогах. В их состав входят, в основном, соли – хлориды кальция, натрия и магния. Самым действенным и распространенным реагентом является хлористый кальций CaCl_2 , который быстро устраняет гололед. Больше всего эти соли воздействуют на почву, вызывая ее засоление, что крайне отрицательно сказывается на развитии растений. Кроме того, хлористый кальций может вызвать аллергию у людей, способствует коррозии автомобилей, агрессивен по отношению к обуви из натуральных материалов, даже может вызвать химические ожоги лап у домашних животных.

Такое сильное влияние загрязнений на экологическую обстановку связано с огромными площадями дорог в территориальном балансе города. Загрязнение снега нефтепродуктами вызывается интенсивным движением транспорта и морозным выветриванием асфальтовых покрытий при воздействии противогололедных смесей и отсутствием постоянного снежного покрова (большое количество ежегодных циклов замораживания и оттаивания, намного превышающее морозостойкость покрытия). Продукты выветривания асфальта осаждаются на дне водотоков и водоемов, вызывая отравление токсикантами всей трофической цепи экосистемы.

Чтобы снизить загрязнение поверхностных вод нефтепродуктами до требований санитарных норм, следует уменьшать их концентрацию в дождевых и талых водах городов. В этой связи наиболее экономически приемлемым вариантом решения данной проблемы является использование теплоты бытовой сточной воды для таяния снега и транспортирующей способности

канализационных коллекторов, подающих сточную воду на очистные сооружения.

Осуществление такого подхода возможно в нескольких вариантах, учитывающих наличие свободных территорий, диаметры трасс канализационных коллекторов, способных обеспечить таяние снега и отвод воды на очистные сооружения, имеющие достаточную производительность.

1. При наличии свободных территорий в городе зимой снег вывозится и складывается на «сухих» *снегосвалках*, имеющих железобетонное водонепроницаемое основание со сборным каналом по периметру. Весной талая вода по сборному каналу отводится на локальные очистные сооружения, где очищается от мусора, песка, масло-нефтепродуктов, затем сбрасывается в систему канализации и поступает на городские биологические очистные сооружения.

2. Использование *снегоплавильных камер* на канализационных сетях требует меньшей городской территории и предусматривает растапливание убираемого снега сточной водой в течение всего зимнего периода. Выделяющиеся из снега мусор и песок улавливаются в специальных отделениях камеры, а вода подается в городской канализационный колодец.

3. При небольшой загрязненности снега мусором и песком хорошо использовать *передвижные снегоплавильные установки*, которые способны плавить снег при сжигании топлива, а талая вода сбрасывается в систему канализации.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Оценить степень загрязнения снега в учебных лабораториях можно путем проведения несложных анализов. Вода, полученная после таяния снега, анализируется по таким показателям, как органолептические показатели (запах, прозрачность), содержание твердых взвешенных веществ, наличие нефтепродуктов; определяется величина рН, качественно обнаруживаются ионы Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} .

2.1. Материалы, реактивы, оборудование:

- стеклянные конические колбы на 100 и 250 мл;
- конические воронки;
- делительная воронка;
- фильтры бумажные;
- пробирки;
- пипетки;
- цилиндры емкостью 10, 25, 100, 250 мл;
- цилиндр Снеллена;
- универсальная индикаторная бумага;
- электрическая плитка;
- весы аналитические с точностью до 0,001г;

- растворитель – гексан;
- раствор соляной кислоты HCl (1:5);
- раствор азотной кислоты HNO₃;
- раствор 0,03 н нитрата серебра AgNO₃;
- 5 %-й раствор хлорида бария BaCl₂;
- 4 %-й раствор оксалата аммония (NH₄)₂C₂O₄.

2.2. Отбор проб и подготовка снега к анализу

Пробы снега на анализ следует отбирать по всей глубине среза, не доходя 5 см до почвы, во избежание загрязнения пробы грунтом. Каждая проба снега отбирается из пяти выемок (метод «конверта») на площади 1 м². Частота отбора проб при мониторинге загрязнения снежного покрова согласно [2] – 1 проба приблизительно на 1 км² площади. Снег анализируется в зонах влияния стационарных источников загрязнения, основных автомагистралей города, а также для сравнения в фоновых участках.

Перед анализом визуально определяют плотность снега, степень его загрязнения по цвету (белый, серый, грязно-белый и др.). Пробы снега для анализа рекомендуется оттаивать при комнатной температуре в химических стаканах вместимостью 250–500 мл. В зависимости от определяемого компонента и метода определения, полученную талую воду перед анализом не фильтруют или предварительно фильтруют через бумажный фильтр.

2.3. Определение органолептических показателей

Органолептические показатели талой воды определяются согласно [3]. В учебных целях проводится только определение взвешенных веществ, запаха и прозрачности.

2.3.1. Определение запаха

Заполните колбу емкостью 250 мл нефилтрованной исследуемой водой на треть объема и закройте пробкой. Взболтайте содержимое колбы. Откройте колбу, и осторожно, неглубоко вдыхая воздух, сразу же определите характер и интенсивность запаха, руководствуясь таблицей 2. Нагрейте на плитке колбу с водой до 60 градусов, и снова сделайте анализ. Результат занесите в таблицу 3.

Таблица 2

Интенсивность запаха талой воды

Балл	Интенсивность запаха	Количественная характеристика
1	2	3
0	-	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабая	Запах, не поддающийся обнаружению потребителем, но обнаруживаемый в лаборатории опытным исследователем

1	2	3
2	Слабая	Запах, не привлекающий внимания потребителя, но обнаруживаемый, если на него обратить внимание
3	Заметная	Запах, легко обнаруживаемый и дающий повод относиться к воде с неодобрением
4	Отчетливая	Запах, обращающий на себя внимание и делающий воду непригодной для питья
5	Очень сильная	Запах настолько сильный, что вода становится непригодной для питья

2.3.2. Определение содержания взвешенных веществ

Полученную талую воду хорошо взболтать, налить в цилиндр емкостью 250 мл (V) и отфильтровать через предварительно взвешенный бумажный фильтр в колбу. Оставшийся осадок со стенок цилиндра смыть небольшим количеством дистиллированной воды и тоже отфильтровать через этот же фильтр (при расчетах объем дистиллированной воды не учитывается). Фильтр с осадком высушивают в сушильном шкафу при 105°C , и взвешивают (в учебных целях высушивание проводят в естественных условиях, и взвешивают фильтр на следующем занятии).

Содержание взвешенных веществ (X) (мг/л) в испытуемой воде определяют по формуле:

$$X = (m_1 - m_2) \cdot 1000/V, \text{ мг/л,}$$

где m_1 – масса высушенного бумажного фильтра с осадком взвешенных частиц, г;

m_2 – масса бумажного фильтра до опыта, г;

V – объем профильтрованной воды, мл.

2.3.3. Определение прозрачности

Прозрачность талой воды зависит от нескольких факторов: количества взвешенных частиц ила, глины, песка, микроорганизмов, содержания химических соединений.

Для определения прозрачности берут нефильтрованную талую воду. Определение проводят по «шрифту» в цилиндре Снеллена [3] или используют для этого прозрачный мерный цилиндр с плоским дном. Наливают воду, подкладывают под цилиндр на расстоянии 4 см от его дна шрифт, высота букв которого 2 мм, а толщина линий букв – 0,5 мм, и сливают воду до тех пор, пока сверху через слой воды не будет читаться шрифт. Измеряют высоту столба оставшейся воды линейкой, и выражают прозрачность в сантиметрах.

Например, для сравнения, прозрачность питьевой воды составляет не менее 30 см, а сточной – 3–5 см.

2.4. Определение активной реакции среды

Активная реакция среды выражается величиной рН, точно измеряемой потенциометрически или грубо, ориентировочно, с помощью индикаторной бумаги [4]. Полоску универсальной индикаторной бумаги смочить исследуемой водой. Окраску индикаторной бумаги сравнить со шкалой, и оценить величину рН.

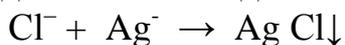
2.5. Определение наличия нефтепродуктов

Нефтепродуктами при анализе воды считают неполярные и малополярные органические соединения, растворимые в растворителе – гексане. Методы количественного анализа воды на содержание нефтепродуктов достаточно сложные и трудоемкие [5]. Поэтому в учебных целях анализ на наличие нефтепродуктов проводится упрощенно, экстракцией их гексаном из талой воды. После чего цвет гексановой фракции рассматривается на фоне белой бумаги. При наличии большой концентрации нефтепродуктов в снежном покрове гексановый слой будет иметь в зависимости от содержания нефтепродуктов желтоватую окраску разной интенсивности.

Для анализа, 100 мл фильтрованной воды, получившейся в ходе определения взвешенных веществ, вносят в делительную воронку, подкисляют раствором соляной кислоты до рН = 5, добавляют 10 мл гексана, и встряхивают несколько раз. Дать смеси отстояться, слить в колбу водный слой, оставшийся гексановый слой рассмотреть на фоне белой бумаги. Если слой окрасился в желтоватый цвет, в снежном покрове присутствуют нефтепродукты в достаточно большом количестве, превышающем нормативы, приведенные в таблице 1.

2.6. Определение наличия хлорид ионов

В пробирку наливают 5 мл исследуемой фильтрованной воды, затем добавляют по 2–3 капли растворов HNO_3 и нитрата серебра AgNO_3 . В присутствии ионов Cl^- выпадает белый осадок хлорида серебра:



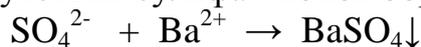
По характеру осадка оцените приблизительно содержание ионов Cl^- :

- опалесценция или слабая муть – 1...10 мг/л;
- сильная муть – 10...50 мг/л;
- образуются хлопья, осаждающиеся не сразу – 50...100 мг/л;
- белый объемистый осадок – более 100 мг/л.

2.7. Определение наличия сульфат ионов

В пробирку внести 10 мл исследуемой фильтрованной воды, 0,5 мл соляной кислоты HCl (1:5) и 2 мл 5%-го раствора хлорида бария BaCl_2 ,

всё перемешивают. В присутствии сульфат-ионов образуется белый осадок:

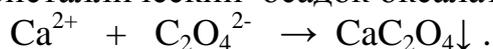


По характеру выпавшего осадка определяют ориентировочное содержание сульфатов SO_4^{2-} :

- при отсутствии мути – менее 5 мг/л;
- при слабой мути, появляющейся не сразу, – 5–10 мг/л;
- при слабой мути, появляющейся сразу, – 10–100 мг/л;
- сильная, быстро оседающая муть – более 100 мг/л.

2.8. Определение наличия ионов кальция

В пробирку вносят 5 мл фильтрованной исследуемой воды, добавляют столько же раствора оксалата аммония $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$. В присутствии ионов Ca^{2+} выпадает белый мелкокристаллический осадок оксалата кальция:



Для ускорения реакции пробирку можно нагреть.

2.9. Оформление результатов анализа

Результаты анализа проб снега следует представить в виде таблицы, в которой кратко отразить суть и ход анализа (некоторые примеры приведены в таблице 3).

Сделать общий вывод о степени загрязнения снежного покрова, связав его с местом отбора проб и возможными источниками загрязнения.

Таблица 3

Результаты анализа проб снега

Показатели	Суть и ход анализа	Результаты анализа проб снега			Примечания
		1	2	3	
Характер снега, его цвет	Визуально				
Активная реакция среды pH					
Взвешенные вещества					
Запах					
Прозрачность					
Нефтепродукты					
Хлорид ион Cl^-	Проба + $\text{HNO}_3 + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl}$ (белый осадок)				
Сульфат ион SO_4^{2-}	Проба + $\text{HCl} + \text{BaCl}_2 = \text{BaSO}_4$ (белый осадок)				
Ион Ca^{2+}	Проба + $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 = \text{CaC}_2\text{O}_4$ (белый осадок)				

ВОПРОСЫ

1. Перечислите основные источники загрязнения снежного покрова.
2. Какие загрязнения вызывают подкисление талой воды? Откуда они появляются в атмосфере?
3. Откуда берутся в снеге тяжелые металлы?
4. Чем загрязняется снежный покров вблизи автодорог?
5. Какое негативное воздействие оказывают нефтепродукты на водоемы и почву?
6. Какие соли используются в качестве противогололедных реагентов?
7. Как снизить негативное влияние загрязнений снега на почву и водоемы?
8. Какие характеристики снежного покрова свидетельствуют о его загрязнении противогололедными реагентами?
9. О чем говорит кислая среда талой воды?
10. Что характеризует и как определяется содержание взвешенных веществ в снежном покрове?

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод. Учебник для вузов.– М.: Изд. АСВ, 2006. – 704 с.
2. Чеснокова С.М., Гришина Е.П. Практикум по экологическому мониторингу.– Изд. Владим. гос. ун-та, Владимир, 2004. – 144 с.
3. Кислотно-основное и карбонатно-кальциевое равновесия в природных водах. Методические указания по дисциплине «Химия окружающей среды» / Сост. Е.Н. Сундукова. – Казань: Изд-во КГАСУ, 2013. – 20 с.
4. Унифицированные методы анализа вод / Под ред. Лурье Ю.Ю.– М.: «Химия», 1973. – 376 с.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
СНЕЖНОГО ПОКРОВА ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по дисциплине «Экология» для студентов-бакалавров
всех направлений подготовки

Составители: Сундукова Елена Николаевна,
Антонова Ильвира Илгизовна