

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Алтайский государственный университет
Биологический факультет

Е.А. Шарлаева, И.В. Бобина, Г.Г. Соколова, Р.В. Яковлев

БОЛЬШОЙ ПРАКТИКУМ ПО ЭКОЛОГИИ

ЧАСТЬ 3.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Учебное пособие



Барнаул

Издательство
Алтайского государственного
университета
2019

УДК 574.24 (076.5)

ББК 28.081я73-5

Ш 261

Рецензенты:

доктор географических наук, профессор Д.В. Черных
кандидат биологический наук, доцент Л.П. Хлебова

Шарлаева Е.А.

Ш 261 **Большой практикум по экологии. Часть 3. Оценка качества воздушной среды** : учебное пособие / Е.А. Шарлаева, И.В. Бобина, Г.Г. Соколова, Р.В. Яковлев ; Министерство науки и высшего образования РФ ; Алтайский государственный университет, биологический факультет. — Барнаул : Изд-во Алт. ун-та, 2019. — 95 с.

ISBN 978-5-7904-2409-0

Предназначено для бакалавров и магистрантов биологического факультета ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет», обучающихся по направлениям подготовки 06.03.01 и 06.04.01 «Биология»; 05.03.06 и 05.04.06 «Экология и природопользование». В пособии представлены лабораторные работы по оценке экологического состояния воздушной среды, в том числе по степени загрязнения снежного покрова.

УДК 574.24 (076.5)

ББК 28.081я73-5

ISBN 978-5-7904-2409-0

© Шарлаева Е.А., Бобина И.В., Соколова Г.Г., Яковлев Р.В., 2019

© Оформление. Издательство Алтайского государственного университета, 2019

Глава 1.

Оценка экологического состояния воздушной среды

1.1. Химический состав атмосферы

Атмосфера — это воздушная оболочка, которая возвышается над поверхностью Земли на несколько сотен километров. Атмосфера характеризуется физической неоднородностью, изменением состава и плотности газовой смеси на различных высотах, высокой подвижностью и зависимостью от жизнедеятельности живых организмов. Она защищает нашу планету от столкновения с космическими телами, поглощает избыточное количество солнечной энергии, способствует формированию климата и погоды, обеспечивает благоприятные условия для развития всех живых организмов.

В составе атмосферы присутствуют разнообразные газы, среди которых преобладают азот и кислород (табл. 1). Кроме газов, в воздухе содержатся пары воды и твердые частицы.

Таблица 1

Химический состав атмосферного воздуха
(Николайкин, Николайкина, Мелехова, 2004)

Компонент	Содержание по объему, %
Азот (N_2)	78,084
Кислород (O_2)	20,946
Аргон (Ar)	0,934
Углекислый газ (CO_2)	0,034
Окись углерода (CO)	0,010
Озон (O_3)	0,001

Компонент	Окончание таблицы 1	
	Содержание по объему, %	
Пары воды (H ₂ O)	0,0–4,0	
Неон (Ne)	0,181·10 ⁻²	
Гелий (He)	0,524·10 ⁻³	
Метан (CH ₄)	0,174·10 ⁻³	
Криптон (Kr)	0,114·10 ⁻³	
Водород (H ₂)	0,500·10 ⁻⁴	
Ксенон (Xe)	0,870·10 ⁻⁵	

К непостоянным составным частям атмосферного воздуха относятся различные газы, пары, взвешенные частицы веществ, появляющиеся в результате реакций взаимодействия различных соединений в атмосфере, а также в результате деятельности человека (табл. 2).

Таблица 2

Соотношение между естественными и антропогенными поступлениями некоторых веществ в атмосферный воздух
(Пивоваров, Кролик, Зиневич, 2002)

Вещество	Природное поступление, т/год	Антропогенное поступление, т/год
Озон	20	Незначительно
Двуокись углерода	70	15
Окись углерода	–	20
Сернистый газ	14,2	73
Соединение азота	14	15
Взвешенные вещества	До 220	До 26,2

Хотя естественное поступление в атмосферу некоторых из этих компонентов по масштабу может превосходить антропогенное, все же именно последнее имеет большое значение, так как создает загрязнение воздуха в районах концентрирования населения.

1.2. Виды атмосферных загрязнений и источники загрязнения воздуха

В настоящее время существует множество источников, вызывающих антропогенное загрязнение атмосферы и приводящих к серьезным нарушениям экологического равновесия в природе. Наибольшее воздействие на атмосферу оказывают транспорт (60% от общего количества атмосферных загрязнений), промышленность (15%), теплоэнергетика (15%), технологии утилизации бытовых и промышленных отходов (10%).

Транспорт способствует загрязнению атмосферы оксидами углерода, азота, серы, свинцом, бенз(а)пиреном, сажей и другими веществами. Промышленные предприятия выбрасывают в воздух пыль, оксиды углерода, сероводород, серную кислоту, фенолы, хлор, фтор, сернистый газ, углеводороды, аммиак и другие соединения.

В результате загрязнения изменяется состояние атмосферы, ее прозрачность, возникают кислотные дожди, смоги, аэрозольные туманы, дымы. Качество воздушной среды определяется близостью к источникам загрязнения, их количеством, структурой и технологиями промышленных предприятий, их мощностью и т.д.

Атмосферное загрязнение занимает одно из первых мест по возможным последствиям влияния на живые организмы. Человеку в сутки требуется от 12 до 15 кг воздуха, что превосходит его суточные потребности в пище и еде. В России более 2/3 населения проживает в городах, где фиксируется превышение ПДК по содержанию бенз(а)пирена, оксидов углерода, азота и серы, формальдегида, фенола, пыли и других веществ. Многие загрязняющие вещества являются токсичными. Они вызывают появление онкологических заболеваний и экологически обусловленных заболеваний — бронхитов, аллергий, астмы, снижение иммунитета.

По степени воздействия на организм загрязняющие вещества подразделяются на 4 класса опасности:

- 1) чрезвычайно опасные (бенз(а)пирен, гексахлоран, соединения ртути, нафтахинон, озон, оксид пропилена, этиленсульфид, метафос и др.);
- 2) высокоопасные (диоксид азота, сероводород, сероуглерод, акрилонитрил, формальдегид и др.);

- 3) умеренно опасные (сернистый ангидрид, гексен, фурфурол, моноэтиламин, альдегид масляный и др.);
- 4) малоопасные (ацетон, бензин, диэтиламин, скипидар, нафталин, этиловый спирт, хлорат магния и др.).

В зависимости от количества вредных выбросов в атмосферу и их класса опасности регламентируется выделение санитарно-защитных зон вокруг предприятий:

- 1) 1000 м — для предприятий 1-го класса опасности (предприятия по производству азотных удобрений, серной кислоты, ртути, синтетических химических лекарственных препаратов и др.);
- 2) 500 м — для предприятий 2-го класса опасности (предприятия по производству органических реактивов, сложных эфиров и др.);
- 3) 300 м — для предприятий 3-го класса опасности (предприятия по производству минеральных удобрений, антибиотиков и др.);
- 4) 100 м — для предприятий 4-го класса опасности (предприятия по производству алкалоидов, галеновых препаратов и др.);
- 5) 50 м — для предприятий 5-го класса опасности (предприятия по производству неорганических реактивов, готовых лекарственных форм и др.).

1.3. Регламентация качества атмосферного воздуха

Атмосферный воздух является жизненно важным компонентом окружающей среды, неотъемлемой частью среды обитания человека, растений и животных. В России качество атмосферного воздуха и меры защиты населения от воздействия загрязняющих веществ регламентируются Федеральными законами № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха» от 04.05.1999 г. (с изменениями и дополнениями) и № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 г. (с изменениями и дополнениями), а также рядом других законодательных документов.

На всей территории Российской Федерации действуют официально утвержденные нормативы оценки качества воздушной среды (ГН 2.1.6.3492-17 (с изменениями)).

Предельно допустимая концентрация (ПДК) — это максимальное количество вредного вещества в воздухе, которое при постоянном кон-

такте в течение продолжительного времени не влияет на здоровье человека и не вызывает патологических отклонений у его потомства.

Для каждого вредного вещества в воздухе выделяют несколько нормативных значений:

ПДК_{ра.} — предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, которая при ежедневной работе в пределах 8 часов или другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю, в течение всего рабочего стажа не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья работающих и их последующих поколений.

ПДК_{мр.} — предельно допустимая максимально разовая концентрация вредного вещества в воздухе, не вызывающая на протяжении 20 мин. рефлекторных реакций в организме человека.

ПДК_{сс.} — предельно допустимая среднесуточная концентрация вредного вещества в воздухе населенного пункта, учитывающая неблагоприятное влияние атмосферных загрязнений на организм в результате длительного повторного действия, при котором могут проявляться их токсические или иные вредные действия.

При экологической оценке загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов для определения фоновых загрязнений ориентируются на среднесуточные ПДК; для залповых загрязнений воздуха, связанных непосредственно с выбросом вредных веществ в атмосферу, их распространением и рассеиванием в воздушной среде, — на максимально разовые ПДК.

Согласно нормам, не допускается:

- 1) превышение ПДК на селитебных и других территориях проживания;
- 2) превышение 0,8 ПДК в местах массового отдыха населения и на территориях лечебно-профилактических учреждений длительного пребывания и центров реабилитации.

При совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих суммацией действия, сумма концентраций не должна превышать 1 (единицы) при расчете по формуле:

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1,$$

где C_1, C_2, \dots, C_n — фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе среды обитания человека; $ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ — предельно допустимые концентрации тех же веществ.

На основе ПДК веществ в атмосферном воздухе устанавливаются величины предельно допустимых выбросов (ПДВ), обеспечивающие на практике соблюдение гигиенических нормативов.

ПДВ — это объем или количество загрязняющего вещества за единицу времени, превышение которого ведет к неблагоприятным последствиям в окружающей среде или опасно для здоровья человека.

ПДВ разрабатываются для каждого стационарного источника выбросов на уровне, при котором выбросы не приведут к превышению ПДК соответствующих веществ в атмосферном воздухе.

1.4. Отбор проб атмосферного воздуха

Отбор проб атмосферного воздуха следует производить в условиях, при которых отбираемая проба отражает с наибольшей вероятностью состав исследуемого воздуха. При этом необходимо учитывать ряд важных факторов, например, агрегатное состояние вещества в момент отбора пробы, физико-химические свойства улавливаемой смеси, соответствие скорости и отбираемого объема воздуха составу поглотительного раствора и чувствительности применяемой реакции.

Основными затруднениями при отборе пробы атмосферного воздуха являются, с одной стороны, высокая степень разбавления загрязнений и необходимость отбора пробы большого объема за регламентированный период времени. С другой стороны, необходимость учета скорости и направления ветра в период отбора пробы, которые играют большую роль в создании условий разбавления или концентрирования загрязнений в анализируемом воздухе.

В связи с этим отбор проб атмосферного воздуха рекомендуется проводить в период наибольшего его загрязнения (при малой скорости ветра во время действия антициклона), при отсутствии температурной инверсии и преимущественно на уровне дыхания человека (1,5–2 м от поверхности земли).

При первичной оценке экологического состояния атмосферы в населенных пунктах выбор места осуществляют в зонах предполагаемого максимального загрязнения (в непосредственной близости от источников загрязнения, в пределах действия «факела выброса», в местах скопления людей, на перекрестках дорог и пр.).

В рабочей зоне отбор проб воздуха проводят в местах длительно пребывания людей и в характерных для данного производства условиях. Сложности выбора мест пробоотбора воздуха на производстве связаны с особенностями технологического процесса, расположением рабочих мест, насыщенностью источниками вредного воздействия, классами опасности загрязняющих веществ, поступающих в воздух рабочей зоны.

Периодичность отбора проб воздуха и проведения анализов устанавливается в зависимости от характера контролируемого производства, особенностей технологического процесса. Для веществ разных классов опасности установлена следующая периодичность отбора и анализа проб воздуха: 1-го класса опасности — не реже 1 раза в 10 дней; 2-го класса опасности — не реже 1 раза в месяц; 3–4-го классов опасности — не реже 1 раза в квартал.

Объем пробы атмосферного воздуха должен обеспечить достаточное количество определяемого вещества для его достоверного определения рекомендованным методом. Так, в случае необходимости количественного определения того или иного загрязнения в атмосферном воздухе на уровне максимальной разовой предельно допустимой концентрации (мг/м³) объем пробы в литрах (V) ориентировочно рассчитывается с помощью формулы:

$$V_x = \frac{S}{ПДК},$$

где S — предел обнаружения вещества (мкг) в пробе используемым методом.

Поскольку концентрация атмосферных загрязнений в воздухе сильно колеблется во времени, могут получаться различные результаты в зависимости от продолжительности отбора пробы воздуха в данной точке, а также от числа проб, взятых для вычисления средней величины.

Санитарно-химический контроль атмосферного воздуха предусматривает отбор разовых и среднесуточных проб. Это находит отражение как в способах отбора, так и в применяемой для этой цели аппаратуре. Отбор среднесуточной пробы атмосферного воздуха рекомендуется производить, либо непрерывно отбирая пробу в течение суток, либо отбирая 12 проб в данной точке за сутки через равные промежутки времени длительностью по 20–30 мин. каждая и затем вычисляя среднюю концентрацию в этих пробах.

Для отбора проб используются специальные поглотительные сосуды и технические устройства — измерители расхода воздуха для активной дозиметрии. Отбор проб атмосферного воздуха чаще всего производится аспирационным способом, который основан на поглощении загрязняющего вещества за счет абсорбции примесей растворами поглотителя.

Любой прибор, предназначенный для аспирационного способа отбора проб воздуха, состоит из устройства для просасывания воздуха (насоса, побудителя) и устройства, регистрирующего его количество, так называемого расходомера (реометра, ротаметра). Простейшим типом аспирационного прибора является водяной аспиратор, одновременно просасывающий и учитывающий количество воздуха отбираемой пробы; более совершенные — электроаспираторы различной конструкции.

Для улавливания взвешенных частиц аэрозолей широко используется аспирационный способ с применением фильтрующих материалов из ультратонких волокнистых полимеров (перхлорвинила, ацетилцеллюлозы, полиакрилонитрила, полиакрилата и пр.). Такие фильтры, в отличие от бумажных, мембранных и стекловолокнистых, характеризуются более высокой задерживающей способностью, малым аэродинамическим сопротивлением воздушному потоку, большой пропускной способностью, небольшой массой и стойкостью к химическим агрессивным средам.

Концентрацию вредных веществ в воздухе можно быстро установить экспресс-методом с помощью индикаторных трубок. Индикаторная трубка представляет собой герметичную стеклянную трубку, заполненную твердым носителем, который обработан активным реагентом. В качестве носителей реактивов применяют различные порошкообразные материалы: силикагель, оксид алюминия, фарфор, стекло и др.

Анализируемый воздух аспирируют через индикаторные трубки с помощью насосов, которыми оснащены газоопределители (например, ГХ или УГ-2). Определение основано на линейно-колориметрическом методе. Сущность метода заключается в изменении окраски индикаторного порошка в результате реакции с вредными веществами, находящимися в анализируемом воздухе. Длина столбика индикаторного порошка, изменившего первоначальную окраску, пропорциональна концентрации вредного вещества. Концентрацию измеряют на градуированной шкале, нанесенной на трубку или прилагаемой отдельно.

Недостатками аспирационного способа отбора проб воздуха являются низкие коэффициенты концентрирования (30–80%), невозможность получения адекватной пробы при наличии в воздухе разных по химической природе загрязнителей, погрешности, связанные с испарением поглотительного раствора.

Для отбора проб воздуха в промышленных районах и производственных помещениях, где в воздухе содержатся вещества различного химического состава и разных агрегатных состояний, используются одновременно сорбенты для газообразной фазы и фильтры для аэрозольной составляющей.

Атмосферные загрязнения в виде газов и паров могут улавливаться из воздуха на поглотительные растворы или на твердые зернистые сорбенты с большой поглощающей поверхностью (силикагель, алюмогель, активированный уголь и др.). При прохождении исследуемой пробы воздуха через поглотительный раствор анализируемое вещество растворяется или химически реагирует с ним. Степень контакта может быть повышена за счет увеличения поверхности поглощающего раствора, что достигается удлинением пути прохождения газовой воздушной смеси через раствор или распылением раствора.

После улавливания анализируемого вещества на твердый сорбент его экстрагируют соответствующим растворителем или десорбируют термически.

В настоящее время для аспирационного отбора газовой или паровой фазы воздуха используют современные «модифицированные» сорбенты («молекулярные щетки»), в которых на твердый сорбент-носитель нанесена жидкая фаза (сорбент-модификатор). Сорбция примесей происходит за счет растворения молекул органических веществ в тонком

слое жидкой фазы. Такие сорбенты особенно эффективны (сорбция веществ до 95–100%) для отбора проб высококипящих загрязняющих веществ (хлорорганические соединения, полициклические ароматические углеводороды, полихлорбифенолы и др.).

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте газовый состав атмосферы над незагрязненными территориями.
2. Назовите основные источники загрязнения и основные загрязняющие вещества атмосферы.
3. В чем опасность загрязнения атмосферного воздуха?
4. Перечислите и охарактеризуйте классы опасности загрязняющих веществ. Приведите примеры.
5. Каким образом регламентируется выделение санитарно-защитных зон вокруг предприятий?
6. Какие нормативные документы регламентируют качество атмосферного воздуха?
7. Дайте определение ПДК. Перечислите и охарактеризуйте виды ПДК.
8. Охарактеризуйте основные требования к отбору проб воздуха.
9. Каким образом определяется объем пробы атмосферного воздуха, необходимый для анализа?
10. Охарактеризуйте аспирационный способ отбора проб атмосферного воздуха.
11. Охарактеризуйте метод отбора проб атмосферного воздуха с помощью индикаторных трубок.
12. Каким способом чаще всего производится отбор проб атмосферного воздуха? Какие приборы для этого используют?

Глава 2.

Оценка загрязнения воздуха

Работа № 1. Запыленность

Пыль представляет собой аэрозоль или аэродисперсную систему, состоящую из твердых, различных по величине частиц, находящихся в воздухе во взвешенном состоянии. Пыль бывает органическая (растительного, животного происхождения), полимерная, неорганическая (металлическая и минеральная) и смешанная.

В атмосфере городов пыль, как правило, находится на 4-м месте среди других загрязняющих веществ, ее доля составляет 12%. Различают следующие виды пыли, которые отличаются по составу: атмосферная, бытовая, промышленная, угольная, придорожная (табл. 3).

Таблица 3
Состав домашней и атмосферной пыли

Состав домашней пыли		Состав атмосферной пыли	
составляющие	кол-во, %	составляющие	кол-во, %
Минеральные частицы, гипс, известняк	55	Минеральные частицы	35
Бумага, хлопок, дерево	12	Текстильные и бумажные волокна	12
Эпидермис, волос и шерсть	12	Чешуйки кожи	19
Смолы	10	Цветочная пыльца	7
Жиры	6	Частицы сажи и дыма	3
Влага	3	Влага	5
Невыясненные вещества	2	Неустановленного происхождения	19

В атмосферу городов пыль попадает при выветривании горных пород, эрозии верхних горизонтов почвы, при лесных пожарах, сжигании топлива, от предприятий металлургической промышленности и строительных материалов, автотранспорта и др. В городах и вблизи промышленных предприятий пыли в воздухе больше, чем в сельской местности.

В зависимости от состава пыль оказывает на организм человека следующие виды воздействий:

- 1) фибриногенное, приводящее к разрастанию соединительной ткани в легких и нарушению их строения и функций;
- 2) раздражающее, оказывающее влияние на слизистые оболочки глаз, кожу и верхние дыхательные пути;
- 3) токсическое, приводящее к отравлению, токсикозам;
- 4) аллергическое, способствующее развитию аллергических ринитов, бронхитов и астмы;
- 5) радиационное.

Под действием пыли могут развиваться профессиональные заболевания, такие как пневмокониозы, пылевой бронхит, пневмония и заболевания верхних дыхательных путей, глаз (конъюнктивиты) и кожи (шелушения, огрубление, дерматиты, экземы).

а) Определение запыленности воздуха по осаждению пыли на фильтр

Оборудование, реактивы: улавливающее устройство (фильтродержатель, фильтр из ткани ФПП, аспиратор для отбора проб); аналитические весы; эксикатор; пинцет с пластмассовыми наконечниками; чашки стеклянные диаметром 10 см; барометр; психрометр; анемометр; бумага.

Материалы: пробы воздуха.

Ход работы

1. Фильтр из ткани ФПП выдержать в течение 40–60 мин. в весовой комнате, взвесить, поместить в пакет и доставить на место отбора проб. Вложить фильтр в фильтродержатель, который крепко завинтить. Перед отбором проб проверить герметичность фильтродержателя, для чего входное отверстие закрыть пробкой и включить прибор: при герметичном присоединении расходомер воздуха показывает ноль.
2. Провести отбор проб в течение 30 мин. со скоростью 250–400 л/мин, чтобы навеска пыли на фильтре была не менее 4 мг. После протягива-

ния воздуха фильтр пинцетом извлечь из держателя, сложить вчетверо запыленной поверхностью внутрь и поместить в пакет, из которого он был взят.

3. В лаборатории фильтр выдержать в течение 40–60 мин. при комнатной температуре и довести до постоянной массы. Если отбор проводился при относительной влажности, близкой к 100%, то фильтр поместить в стеклянную чашку в эксикатор с плавленым хлористым кальцием на 30–50 мин., а затем выдержать при комнатной температуре 40–50 мин.
4. Концентрацию пыли C мг/м³ вычислить по формуле:

$$C = \frac{M}{V_0},$$

где M — масса пыли на фильтре, равна разности масс запыленного и чистого фильтра, мг; V_0 — объем аспирированного воздуха, приведенный к нормальным условиям, м³.

Под нормальными условиями подразумевается температура 0 °С и атмосферное давление 1013 гПа (760 мм рт. ст.):

$$V_0 = \frac{V_t \times P \times 273}{(273 + t) \times 1013},$$

где V_t — объем аспирированного воздуха при температуре t и атмосферном давлении P гПа, м; 273 — коэффициент расширения газов; 1013 — нормальное давление, гПа.

5. Сделать вывод об уровне запыленности воздуха в исследуемых точках.

б) Определение запыленности воздуха по осаждению пыли на листья деревьев

Оборудование, реактивы: стеклянные банки с крышкой; дистиллированная вода; фильтры; колбы; весы; фильтровальная бумага; ножницы.

Материалы: листья деревьев.

Ход работы

1. Вблизи дороги и в удалении от нее выбрать по 5 деревьев одной породы. С каждого дерева на высоте 1–1,5 м со стороны дороги сорвать

- по 10 листьев и поместить в чистую стеклянную банку с крышкой. В другую банку собрать листья с деревьев, растущих вдали от дороги. Места взятия проб отмечают на карте микрорайона.
2. Листья в банках залить дистиллированной водой, тщательно смыть пыль с поверхности каждого листа. Воду отфильтровать и взвесить массу осадка после сушки. Полученный результат — масса пыли на листьях.
 3. Для определения поверхности обмытых листьев взять 5 листочков, лучше разных по размеру, просушить их от воды фильтровальной бумагой, обвести контуры на бумаге. Затем вырезать проекции листьев по контуру и взвесить вырезанные части. Из той же бумаги вырезать квадрат 10x10 см и взвесить его.
 4. Рассчитать площадь листьев по формуле:

$$S = \frac{M_1 \times \Pi_1}{5 M_2},$$

где M_1 — масса бумаги, вырезанной по контурам 5 листьев, M_2 — масса 1 дм² бумаги, Π_1 — количество обмытых листьев.

5. Определить, сколько пыли осаждается на 1 м² поверхности листьев. Зная точное время накопления пыли (от последнего сильного дождя до момента исследований), можно подсчитать среднюю скорость осаждения пыли за сутки (г/м² в сутки) по формуле:

$$v = \frac{m \times 100}{S \times t},$$

где m — масса пыли, г; S — поверхность обмытых листьев, дм²; t — время осаждения пыли, сут.

6. Сделать вывод об уровне запыленности воздуха в исследуемых точках.

в) Определение запыленности рабочих зон

При определении запыленности рабочих зон наиболее распространен весовой метод, так как при постоянстве химического состава

ва первостепенное значение имеет масса задержанной в организме пыли.

Пробы воздуха берут на уровне зоны дыхания. Если в помещении имеются условия, благоприятствующие распространению пыли, то пробы отбирают также на некотором расстоянии (1–3,5 м и более) от места ее образования.

Оборудование: улавливающее устройство (аспиратор для отбора проб, фильтродержатель, фильтр из ткани ФПП); аналитические весы; эксикатор; пинцет с пластмассовыми наконечниками; термометр; барометр.

Материалы: пробы воздуха.

Ход работы

1. Взвесить на аналитических весах фильтры из расчета 3 фильтра на одну точку отбора и пронумеровать их. Номер фильтра записать на выступе защитного кольца.
2. Отобрать пробы в зоне дыхания. Время отбора одной пробы — 15 мин. Скорость отбора подобрать в зависимости от степени запыленности воздуха.
3. После отбора фильтр сложить четверо пыльной стороной внутрь и поместить в пакет. На месте отбора зафиксировать температуру воздуха, давление, отметить работу вентиляции.
4. В лаборатории фильтры выдержать в эксикаторе при комнатной температуре 40 мин. Затем извлечь, взвесить на аналитических весах.
5. Концентрацию пыли в воздухе C ($\text{мг}/\text{м}^3$) определить по формуле:

$$C = \frac{m \times 1000}{V_0},$$

где m — масса пыли на фильтре, мг; V_0 — объем аспирированного воздуха, приведенный к нормальным условиям, л.

6. Сделать вывод об уровне запыленности воздуха в исследуемых точках.

Работа № 2. Диоксид серы

Диоксид серы — один из самых вредных и неприятных газов среди загрязнителей воздуха, хотя концентрация его в среднем в воздухе больших городов не столь велика по сравнению с другими компонентами.

Естественные источники диоксида серы выделяют примерно половину этого вещества из общего потока его в атмосфере. Основными антропогенными источниками SO_2 являются предприятия топливно-энергетического комплекса, металлургическая промышленность, автотранспорт.

Диоксид серы, взаимодействуя с водяными парами и каплями дождя, образует кислоты, что приводит к образованию кислотных дождей, которые оказывают вредное действие на биоту.

Диоксид серы оказывает выраженное токсическое действие на растения. Общие симптомы: уменьшение сухой массы растительных тканей, ингибирование активности некоторых фотосинтетических ферментов, подавление скорости фотосинтеза, распад хлорофилла. Кроме того, вызывает в растениях неспецифические нарушения углеводного, фосфорного и азотного баланса.

Высокое содержание оксидов серы в воздухе приводит к увеличению заболеваемости людей. При длительной хронической интоксикации у человека возникают хронический токсический бронхит, бронхиальная астма и эмфизема легких. Оксиды серы вызывают затруднение дыхания из-за возрастающего сопротивления прохождению воздуха по дыхательным путям. Под действием сернистого газа происходит резкое раздражение слизистых оболочек, спазм голосовой щели, общее ослабление организма. В присутствии бенз(а)пирена двуокись серы способствует повышению частоты возникновения раковых опухолей.

а) Определение содержания сернистого газа методом фотометрии

Принцип метода. При взаимодействии сернистого ангидрида в кислой среде с фуксинформальдегидным реактивом появляется фиолетовая окраска, по интенсивности которой колориметрически устанавливается содержание сернистого газа.

Оборудование, реактивы: воздухозаборные камеры; аспирационный насос; барометр; термометр; поглотитель Полежаева; электроаспиратор; поглотительный раствор (0,01 н. NaOH в 5%-ном водном растворе глицерина); фуксинформальдегидный реактив; метилфиолетовый; фуксин; кипяченая дистиллированная вода; фотоэлектроколориметр.

Материалы: пробы воздуха.

Ход работы

1. Пробы воздуха отобрать в специальные воздухозаборные камеры с помощью аспирационного насоса.
2. Измерить температуру атмосферного воздуха и атмосферное давление с целью приведения объема исследуемого воздуха к нормальным условиям по следующей формуле:

$$V_0 = \frac{273 \times V_t \times P}{760 \times (273 + t)},$$

где V_0 — объем воздуха, л, приведенный к нормальным условиям при 0 °С и давлении 760 мм рт. ст.; V_t — объем воздуха, л, взятый для анализа при данной температуре t и атмосферном давлении P .

3. В два поглотителя Полежаева налить 2 мл поглотительного раствора (0,01 н NaOH в 5%-ном водном растворе глицерина).
4. Отобранные пробы воздуха из камеры протянуть через 2 поглотителя Полежаева с помощью электроаспиратора со скоростью 0,5 л/мин. в течение 1 мин. Таким образом, объем воздуха, взятый для анализа (V_t), равен 0,5 л.
5. Раствор из каждого поглотителя вылить в две отдельные колориметрические пробирки, в которые добавить по 1 мл фуксинформальдегидного реактива, выдержать раствор в течение 20 мин. и затем колориметрировать.
6. Приготовить имитирующую шкалу для определения сернистого ангидрида из метилфиолетового и фуксина на прокипяченной дистиллированной воде.
7. Вычислить концентрацию сернистого ангидрида по формуле:

$$X = \frac{a}{V_0},$$

где X — концентрация сернистого ангидрида, мг/м^3 ; a — суммарное количество SO_2 , найденное по имитирующей шкале в двух поглотителях, мкг ; V_0 — объем исследуемого воздуха, приведенного к нормальным условиям, л.

8. Полученную концентрацию сернистого ангидрида сравнить со среднесуточной и максимально разовой ПДК и сделать выводы.

б) Определение концентрации сернистого газа по объему пропущенного через поглотитель воздуха

Оборудование, реактивы: поглотитель Полежаева или иной подобный поглотитель; аспиратор; поглотительный раствор (смесь 0,0001 н раствора йода с крахмалом).

Материалы: пробы воздуха.

Ход работы

1. В поглотитель Полежаева (или иной подобный поглотитель) налить 1 мл поглотительного раствора.
2. Через поглотитель протянуть с помощью аспиратора воздух со скоростью 10 мл/мин (при такой скорости можно легко сосчитать проходящие через поглотительный раствор пузырьки воздуха) до исчезновения окраски поглотительного раствора (происходит восстановление йода сернистым газом до йодоводорода).
3. Определить объем прошедшего через поглотитель воздуха по объему вытекающей из аспиратора воды.
4. Концентрацию сернистого газа в воздухе определить по таблице:

Объем воздуха, мл	Концентрация сернистого газа, мг/м^3	Объем воздуха, мл	Концентрация сернистого газа, мг/м^3
10	320	100	32
20	160	110	29
30	107	120	27
40	80	130	24
50	64	140	22
60	53	150	20
70	46	200	16
80	40	250	12
90	35	300	10

5. Полученную концентрацию сернистого ангидрида оценить, сравнивая с ПДК рабочей зоны. Сделать вывод о содержании диоксида серы в воздухе рабочей зоны.

Работа № 3. Сероводород

Сероводород (H_2S) является распространенным серосодержащим загрязнителем атмосферы, попадающим в нее из скважин добычи и от нефте- и газоперерабатывающих заводов, химических предприятий, целлюлозно-бумажных комбинатов и т.д. Сероводород — один из продуктов жизнедеятельности аэробных бактерий. Среднее время жизни этого газа в атмосфере около 2 суток, после чего он окисляется до диоксида серы.

В нормальных условиях сероводород — бесцветный газ с неприятным запахом тухлых яиц. Очень ядовит: острое отравление человека наступает уже при концентрациях 0,2–0,3 мг/л, концентрация выше 1 мг/л смертельна.

Сероводород — очень токсичный газ, действующий непосредственно на нервную систему. Наиболее заметными признаками сильного отравления сероводородом являются: отек легких, судороги, паралич нервов, последующая кома. Если в атмосфере сероводород содержится в меньших количествах (от 0,02%), симптомы не столь фатальны, но очень неприятны: головокружение и головная боль, тошнота и быстрое привыкание к запаху тухлых яиц.

Принцип метода. Метод определения H_2S основан на образовании метиленовой сини при взаимодействии сероводорода с п-аминодиметиланилином в кислой среде в присутствии трехвалентного железа и колориметрическом определении по стандартной шкале или с помощью фотоэлектроколориметра.

Сернистый газ в концентрациях, превышающих в 20 раз содержание сероводорода, мешает определению. Для поглощения SO_2 применяют очистительный патрон с сорбентом.

Оборудование, реактивы: универсальный электроаспиратор; плотительные приборы с пористым стеклянным фильтром № 1; стеклянная трубка (патрон) диаметром 2 см; мерные колбы на 10, 100 и 500 мл; колориметрические пробирки с меткой 10 мл; пипетки на 1, 2, 5, 10 мл; фотоэлектроколориметр (ФЭК); хлорид железа (III), 0,12%-ный раствор (0,12 г хлорида железа (III) растворить в 10 мл соляной кислоты ($d=1,19$))

и объем раствора довести водой до 100 мл); *n*-аминодиметиланилин-сульфат, 0,1%-ный раствор (0,05 г *n*-аминодиметиланилина растворить в колбе на 50 мл в 25 мл HCl (плотность равна 1,19), объем раствора довести водой до метки, хранить в течение 2 недель в холодном темном месте); едкий натр, 0,1 н раствор; тиосульфат натрия, 0,1 н раствор (0,005 н раствор приготовить перед употреблением из 0,1 н раствора); йод, 0,1 н раствор.

Поглотительный раствор. В колбу на 500 мл внести 2,15 г сульфата кадмия ($\text{CdSO}_4 \times 8\text{H}_2\text{O}$), растворить в 150 мл воды и добавить постепенно при взбалтывании 100 мл 0,1 н раствора едкого натра (образование осадка гидроокиси кадмия). Раствор в колбе довести водой до метки. Перед употреблением раствор взболтать.

Стандартный раствор сероводорода. Исходный раствор приготовить насыщением сероводородом 0,1 н раствора едкого натра, приготовленного на дважды перегнанной воде. Содержание сероводорода установить йодометрическим титрованием. Для этого в коническую колбу внести 20 мл 0,1 н раствора йода, подкисленного 2 мл 5 н раствора HCl, 10 мл приготовленной воды, содержащей сероводород. Оттитровать избыток йода 0,1 н раствором тиосульфата натрия в присутствии 0,5%-ного раствора крахмала. 1 мл 0,1 н раствора тиосульфата соответствует 1,7043 мг сероводорода. Соответствующим разбавлением исходного раствора бидистиллированной водой приготовить раствор с содержанием сероводорода 50 мкг/мл. Содержание сероводорода в 1 мл установить йодометрически, титруя раствор 0,005 н раствором тиосульфата натрия, 1 мл которого соответствует 85,2 мкг сероводорода.

Рабочий стандартный раствор с содержанием 2 мкг/мл сероводорода. Приготовить из стандартного раствора, содержащего 50 мкг/мл (перед употреблением титруют). Раствор устойчив в течение 40–50 мин.

Сорбент для поглощения сернистого ангидрида. Пемзу с размером частиц 3–5 мм пропитать насыщенным раствором ацетата натрия, высушить в сушильном шкафу при 110–120 °С и насыпать 8–10 см³ в стеклянную трубку (патрон) диаметром 2 см.

Материалы: пробы воздуха.

Ход работы

1. В 2 последовательно соединенных поглотительных прибора налить по 1 мл суспензии гидроокиси кадмия и по 4 мл воды. Для определе-

ния разовой концентрации исследуемый воздух со скоростью 2 л/мин протягивать в течение 20–30 мин. Для определения среднесуточной концентрации исследуемый воздух со скоростью 0,4 л/мин протягивать непрерывно в течение суток через два поглотительных прибора, содержащих по 1 мл суспензии гидроокиси кадмия и по 7 мл воды. При наполнении поглотителей отметить уровень жидкости, который по мере надобности довести водой до первоначального.

При наличии в воздухе значительных количеств диоксида серы к поглотительным приборам по ходу воздуха присоединить очистительный патрон.

2. Содержимое двух поглотительных приборов анализировать отдельно. Для этого раствор из одного из поглотительных приборов перенести в мерную колбу на 10 мл или в пробирку с меткой 10 мл с притертой пробкой, добавить 0,5 мл раствора *n*-аминодиметиланилина, 0,5 мл раствора хлорида железа (III) и через 10 мин. долить водой до метки.
3. Затем через 10 мин. раствор поместить в кювету ФЭКа и измерить оптическую плотность при длине волны 665 нм и толщине слоя 2 см, сравнивая с контрольным раствором, который приготовить одновременно и в аналогичных условиях.
4. Содержание сероводорода определить по калибровочному графику, для построения которого приготовить шкалу стандартов в пределах 1–5 мкг в 10 мл.
5. Содержание сероводорода рассчитать по формуле:

$$X = \frac{a}{V_0},$$

где *a* — количество вещества, найденное во всем объеме исследуемого раствора, мкг; V_0 — объем исследуемого воздуха, приведенный к нормальным условиям, л.

6. Сравнить полученные результаты с ПДК по сероводороду и сделать выводы о загрязнении воздуха.

Работа № 4. Диоксид азота

Азот образует смесь различных оксидов, но только NO и NO_2 имеют значение как атмосферные загрязнители. Обычно суммарные концентрации NO и NO_2 в атмосфере обозначаются как NO_x .

Основными техногенными источниками выделения NO_x являются: энергетика, некоторые отрасли химической промышленности, все виды транспорта, сельское хозяйство и т.д. Причем на долю энергетической промышленности и транспорта приходится около 95% выбросов NO_x .

Характер действия оксидов азота на здоровье людей зависит от соотношения моно- и диоксида в смеси. Из всех образующихся в атмосфере оксидов азота 90% приходится на окись азота, 10% — на двуокись азота. Однако в воздухе большая часть NO преобразуется в NO_2 — гораздо более опасное соединение.

Монооксид азота не раздражает дыхательные пути, и поэтому человек может его не почувствовать. При вдыхании NO образует с гемоглобином нестойкое нитрозосоединение, которое быстро переходит в метгемоглобин. Концентрация метгемоглобина в крови 60–70% считается летальной. Но такое предельное значение может быть создано только в закрытом помещении, на открытом воздухе это невозможно.

По мере удаления от источника выброса все большее количество NO переходит в NO_2 — бурый газ с неприятным запахом, сильно раздражающий слизистые оболочки. Даже при очень малых концентрациях (230 мкг/м^3) при вдыхании ощущается его присутствие в воздухе. Но через короткий промежуток времени (примерно через 10 мин. вдыхания) способность обнаруживать этот газ пропадает, при этом появляется чувство сухости и першение в горле. Кроме того, двуокись азота ослабляет ночное зрение — способность глаз адаптироваться в темноте. Зрительные и обонятельные ответы на воздействие двуокиси азота можно назвать сенсорными эффектами.

На поверхности слизистых оболочек рта и носоглотки двуокись азота взаимодействует с влагой, образуя кислоты HNO_2 и HNO_3 , которые разъедают стенки альвеол легких. При этом стенки альвеол и кровеносных капилляров становятся настолько проницаемы, что пропускают

сыворотку крови в полость легких. В этой жидкости растворяется вдыхаемый воздух, образуя пену, препятствующую дальнейшему газообмену. Если своевременно не перекрыть доступ жидкости в альвеолы, то развивается отек легких, который может привести к смерти

NO₂ делает людей более восприимчивыми к патогенам, вызывая болезни дыхательных путей. Люди с хроническими заболеваниями дыхательных путей, а также страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями еще более чувствительны к прямым воздействиям NO₂.

Для растений оксиды азота также токсичны. В форме кислотных осадков оксиды азота наносят ущерб растениям, увеличивая кислотность почв. Прямой контакт растений с NO_x можно сразу определить зрительно по пожелтению или побурению листьев и игл. Причиной такого изменения окраски является превращение хлорофиллов а и b в феофитины и разрушение каротиноидов. Окисление жирных кислот, происходящее одновременно с окислением хлорофилла, приводит, кроме того, к разрушению мембран и некрозу. На растения оксиды азота могут воздействовать и косвенно, через фотохимическое образование окислителей, таких как озон (O₃) и пероксиацилнитраты (ПАН).

Действие одного диоксида азота растения переносят в концентрациях до 0,35 мг/м³, но в присутствии SO₂ то же количество NO₂ может причинить серьезный ущерб, так как диоксид серы уже в очень малых концентрациях подавляет активность нитроредуктазы в хлоропластах, нарушая нормальный ход детоксикации NO₂.

Принцип метода. Метод определения оксидов азота в воздухе с реактивом Грисса-Илосвая основан на взаимодействии нитрит иона и сульфаниловой кислоты с образованием диазосоединения, которое, реагируя с α-нафтиламином, дает азокраситель, окрашивающий раствор от бледно-розового до красно-фиолетового цвета. Интенсивность окраски пропорциональна концентрации нитратов. Оптическую плотность растворов измеряют с помощью фотоэлектроколориметра. Диапазон определяемых концентраций 10–1000 мг/м³. Погрешность измерения 13% определяемого значения.

Определению мешает диоксид серы. Влияние диоксида серы устраняется кристаллическим оксидом хрома (VI), трубка с которым помещается при отборе газа перед газовой пипеткой, и добавлением в погложительный раствор 10% ацетона.

Оборудование, реактивы: улавливающее устройство: аспиратор для отбора проб и поглотительный прибор Рихтера; аналитические весы; барометр; термометр; фотоколориметр; калий йодистый, х.ч.; натрий азотистокислый, х.ч.; натрий сернистокислый, х.ч., 0,06%-ный раствор (0,03 г Na_2SO_3 растворить в 50 мл воды, раствор готовить перед анализом); уксусная кислота, х.ч., 12%-ный раствор (64 мл концентрированной кислоты поместить в мерную посуду на 500 мл и довести до метки водой); сульфаниловая кислота, ч.д.а. (5 г сульфаниловой кислоты растворить в 150 мл 12%-ного раствора уксусной кислоты, хранить раствор в плотно закрытой склянке из темного стекла); а-нафтиламин, ч.д.а. (0,2 г а-нафтиламина растворить в 20 мл воды при нагревании на водяной бане до образования лиловых капель на дне колбы, раствор осторожно слить в темную склянку, оставляя осадок в колбе, прилить к раствору 150 мл 12%-ного раствора уксусной кислоты); составной реактив Грисса-Илосвая (перед анализом смешать растворы а-нафтиламина и сульфаниловой кислоты в отношении 1:1).

Поглотительный раствор. 20 г KI растворить в 250 мл воды, хранить в банке из темного стекла не более 2 недель (полученный раствор должен быть бесцветным).

Исходный стандартный раствор. 2–3 г азотистокислого натрия растереть и высушить при температуре 50–60 °С в течение 2 часов. Навеску NaNO_2 в 0,15 г растворяют в мерной колбе емкостью 100 мл. 1 мл полученного раствора соответствует 1000 мкг NO_2 . Раствор, 1 мл которого соответствует 10 мкг NO_2 , готовят разведением стандартного раствора поглотительным раствором в 100 раз. Исходный стандартный раствор хранить в течение 2 недель в склянке из темного стекла.

Рабочий стандартный раствор. Приготовить 10-кратным разбавлением раствора, содержащего 10 мкг/мл NO_2 , поглотительным раствором. 1 мл рабочего раствора соответствует 1 мкг NO_2 . Рабочий стандартный раствор приготовить перед анализом.

Материалы: пробы воздуха.

Ход работы

1. Отобрать пробы воздуха, избегая освещения поглотительного прибора солнечными лучами. Срок хранения отобранных проб не более 2 суток.

2. Для определения разовой концентрации NO_2 исследуемый воздух протянуть со скоростью 0,25 л/мин в течение 20 мин. через поглотитель Рихтера, наполненный 6 мл поглотительного раствора.
3. В лаборатории уровень раствора в поглотительном приборе довести дистиллированной водой до метки 6 мл. Для анализа 5 мл раствора из каждой пробы перенести в пробирку и добавить по 0,5 мл составного реактива.
4. Содержимое пробирок тщательно встряхнуть и через 20 мин. (непосредственно перед измерением) прилить по 5 капель 0,06%-ного раствора Na_2SO_3 , еще раз встряхнуть.
5. Оптическую плотность измерить в кюветах толщиной 10 мм при длине волны 540 нм относительно воды. Время от добавления составного реактива до измерения оптической плотности всех проб должно быть одинаковым.
6. Количество NO_2 в пробах найти по калибровочному графику.

Построение калибровочного графика. В мерные колбы на 50 мл налить по 1, 2, 4, 6, 8, 10, 20 мл рабочего стандартного раствора (1 мкг/мл). Разбавить до метки поглотительным раствором. Концентрация NO_2 в 5 мл стандартного раствора в мерных колбах составит соответственно 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 2,0 мкг.

Приготовление шкалы стандартов. Отобрать в пробирки по 5 мл каждого стандарта и провести действия по методике, описанной выше. Одновременно провести измерение оптической плотности нулевой пробы.

7. Расчет концентраций диоксида азота (мг/м^3) в воздухе рассчитать по формуле:

$$C = \frac{a \times m}{V_0 \times b},$$

где a — общий объем пробы в поглотительном приборе (6 мл); m — количество NO_2 в пробе, найденное по калибровочному графику, мкг; b — объем пробы для анализа (5 мл); V_0 — объем протянутого воздуха, приведенный к нормальным условиям, л.

8. Объем газа при нормальных условиях (V_0) рассчитывают по формуле:

$$V_0 = \frac{273 \times V_1 \times (P - P' - P'')}{101,3 \times (273 - t)},$$

где V_1 — объем отобранного на анализ газа, мл; P — атмосферное давление, Па; P' — остаточное давление газа в вакуумированном сосуде после отбора пробы газа из газохода, Па; P'' — остаточное давление в вакуумированном сосуде после отбора пробы газа из газохода, Па; t — температура окружающего воздуха, °С.

9. Сравнить результаты с ПДК по диоксиду азота и сделать вывод о загрязнении воздуха.

Работа № 5. Углекислый газ

Диоксид углерода, или углекислый газ (CO_2) — бесцветный газ без запаха, в 1,5 раза тяжелее воздуха. Он выделяется в воздух всеми живыми существами в процессе дыхания, образуется при горении, гниении и брожении. Кроме того, содержание CO_2 в атмосфере непрерывно повышается в результате деятельности человека. Огромное количество этого газа выбрасываются в воздух при производстве цемента, сжигании топлива, при пожарах и т.д.

Углекислый газ активно поглощается в процессе фотосинтеза. Он играет важную роль в тепловом балансе и изменении климата Земли. Благодаря процессам образования и ассимиляции содержание этого газа в атмосферном воздухе относительно постоянно — 0,03–0,04%.

При содержании в атмосфере 0,03–0,04% диоксид углерода не оказывает токсического действия на живые организмы. Однако находясь в избыточном количестве в воздухе, он вызывает снижение активности людей, повышение утомляемости. При концентрации CO_2 на уровне 5% уже нельзя нормально работать, появляется угроза удушья, отмечают покраснение лица, сердцебиение, возбужденное состояние. А при содержании 8–10% диоксида углерода в воздухе наблюдается быстрая потеря сознания и наступает смерть.

а) Экспресс-анализ воздуха в рабочих зонах на содержание CO_2 по реакции с раствором кальцинированной соды

Оборудование, реактивы: шприц объемом 100 мл; 0,005%-ный раствор кальцинированной соды с фенолфталеином, имеющий розовую окраску; пробирки объемом 30 мл; шприц объемом 20 мл; 25%-ный раствор аммиака; 1%-ный спиртовой раствор фенолфталеина (1 г фенолфталеина растворить в 80 мл этанола и довести объем до 100 мл водой); поглотительный раствор (к 500 мл дистиллированной воды добавить 0,04 мл раствора аммиака и 1–2 капли 1%-ного раствора фенолфталеина).

Материалы: пробы воздуха.

Ход работы

1. В шприц объемом 100 мл набрать 20 мл 0,005%-ного раствора кальцинированной соды с фенолфталеином, имеющего розовую окраску, а затем засосать 80 мл воздуха и встряхивать в течение 1 мин.
2. Если не произошло обесцвечивания раствора, воздух из шприца осторожно выжать, оставив в нем раствор, вновь набрать порцию воздуха и встряхивать еще 1 мин. Эту операцию повторить 3–4 раза, после чего добавляют воздух небольшими порциями по 10–20 мл, каждый раз встряхивая содержимое 1 мин. до обесцвечивания раствора.
3. Подсчитав общий объем воздуха, прошедшего через шприц, определить концентрацию CO_2 в воздухе по таблице зависимости содержания CO_2 в воздухе от объема воздуха, обесцвечивающего 20 мл 0,005%-ного раствора соды.

Объем воздуха, мл	Концентрация CO_2 , %	Объем воздуха, мл	Концентрация CO_2 , %	Объем воздуха, мл	Концентрация CO_2 , %
80	0,32	330	0,116	410	0,084
160	0,208	340	0,112	420	0,08
200	0,182	350	0,108	430	0,076
240	0,156	360	0,104	440	0,07
260	0,144	370	0,100	450	0,066
280	0,136	380	0,096	460	0,06
300	0,128	390	0,092	470	0,056
320	0,120	400	0,088	480	0,052

б) Экспресс-анализ атмосферного воздуха с использованием индикаторных трубок

Оборудование: барометр; термометр; индикаторные трубки для определения углекислого газа; вскрыватель для индикаторных трубок; мешок полиэтиленовый объемом 3–5 л; насос-аспиратор.

Материалы: пробы воздуха.

Ход работы

1. Внимательно прочитать инструкцию по применению индикаторных трубок и насоса. Вскрыть индикаторную трубку на CO_2 с обоих концов, обращая внимание на цвет ее наполнителя.
2. Присоединить индикаторную трубку со стороны выхода воздуха к насосу. Сделать необходимое по инструкции количество качков насосом, просасывая через индикаторную трубку воздух. Отметить изменение окраски наполнителя и длину прореагировавшего столбика наполнителя после прокачивания.
3. Для получения точных данных измерить и зафиксировать значения температуры воздуха ($t, ^\circ\text{C}$) и атмосферного давления (P , мм рт. ст.) в момент прокачивания воздуха насосом.
4. Расположить индикаторную трубку рядом со шкалой, изображенной на этикетке, и определить величину концентрации углекислого газа ($\text{мг}/\text{м}^3$) по границе столбика, изменившего окраску.
5. Привести значение концентрации к нормальным условиям ($t=20\text{ }^\circ\text{C}$, $P=760$ мм рт. ст.). Расчет провести по формуле:

$$C_p = \frac{C \times P \times 293}{760 \times (273 + t)},$$

где C_p — концентрация углекислого газа по границе столбика, изменившего окраску, в $\text{мг}/\text{м}^3$; t — температура воздуха в момент прокачивания, $^\circ\text{C}$; P — атмосферное давление в момент прокачивания воздуха, мм рт. ст.

При отсутствии данных о температуре и атмосферном давлении в момент прокачивания можно принять $t=20\text{ }^\circ\text{C}$ и $P=760$ мм рт. ст. (полученный результат анализа является приблизительным).

6. Занести полученные результаты в таблицу:

Место анализа воздуха	Условия анализа		Концентрация CO ₂	
	температура, °С	атмосферное давление, мм рт.ст.	мг/м ³	%
Улица				
Парк				
Помещение				

7. Проанализировать полученные результаты и сделать выводы о загрязнении воздуха.

в) Портативный экспресс-метод Лунге-Цеккендорфа в модификации Д.В. Прохорова на содержание CO₂

Принцип метода основан на пропускании исследуемого воздуха через титрованный раствор углекислого натрия в присутствии фенолфталеина. При этом происходит реакция $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = 2\text{NaHCO}_3$.

Раствор фенолфталеина, который имеет розовую окраску в щелочной среде, после связывания CO₂ обесцвечивается (кислая среда).

Оборудование, реактивы: пипетки градуированные вместимостью 2 и 10 мл; шприц вместимостью 100 мл; химический стакан вместимостью 25 мл; фенолфталеин C₂OH₁₄O₄, 0,1%-ный раствор (0,025 г фенолфталеина поместить в мерную колбу объемом 25 мл и довести до метки этиловым спиртом, перемешать); раствор углекислого натрия Na₂CO₃.

Стандартный раствор с концентрацией 0,5 М (растворить 53 г х.ч. Na₂CO₃ в небольшом количестве дистиллированной воды, затем раствор довести до 1 л).

Материалы: пробы воздуха.

Ход работы

1. Перед анализом воздуха приготовить рабочий раствор Na₂CO₃ с концентрацией 0,1 М путем разведения стандартного раствора Na₂CO₃. Для этого к 2 мл стандартного раствора Na₂CO₃ добавить 8 мл дистиллированной воды, раствор тщательно перемешать, добавить 2–3 капли 0,1%-ного раствора фенолфталеина.
2. Набрать в шприц 10 мл приготовленного раствора, держа его вертикально, затем набрать порцию исследуемого воздуха. Энергично

встряхивать (7–8 раз) шприц, приводя воздух в контакт с поглотителем. После этого воздух вытолкнуть из шприца, набрать следующую порцию воздуха и снова энергично встряхнуть шприц. Продолжить действия до полного обесцвечивания раствора в шприце. Посчитать количество объемов (порций) воздуха, затраченных на обесцвечивание раствора.

3. Содержание углекислого газа (С, %) вычислить по формуле:

$$C = 0,03 \times \frac{V_0}{V_n},$$

где 0,03 — содержание углекислого газа в атмосферном воздухе, %; V_0 — объем атмосферного воздуха, прошедшего через поглотитель, мл; V_n — объем воздуха помещения, прошедшего через поглотитель, мл.

4. Сравнить полученные результаты с ПДК и сделать выводы.

Работа № 6. Окись углерода

По суммарной массе выбросов монооксид углерода (угарный газ, СО) занимает 3-е место после взвешенных частиц и диоксида серы. СО образуется в атмосфере в основном естественными путями (70–80%), главным из которых является окисление метана. Но ежегодная доля выбросов СО от неполного сгорания топлива, автотранспорта, тепловых электростанций составляет дополнительно 20–30%.

Молекулы самого монооксида углерода сравнительно не реакционноспособны, но это инертное вещество опасно для здоровья. СО способен специфически связываться с гемоглобином (Hb), железосодержащим белком, переносчиком кислорода в крови, образуя прочный комплекс карбоксигемоглобина (HbCO). Молекулы угарного газа конкурируют с молекулами кислорода за право связаться с гемоглобином крови и превосходят в этом кислород в 210 (!) раз. Даже небольшое количество СО выводит из рабочего состояния существенную часть Hb крови, и организм соответственно получает меньше кислорода. Этот процесс сопровождается головной болью и снижением умственной деятельности.

Высокие, даже кратковременные локальные концентрации СО, вызванные в больших городах главным образом автомобильным транспортом, представляют собой так называемые «экологические ловушки». Создавая такую ловушку, монооксид углерода негативно влияет на поведение человека — у автомобилиста снижаются реакция, внимание, способность быстро и правильно оценивать ситуацию. Пешеходы и регулировщики на оживленных автострадах рискуют стать жертвами аварий да и просто могут отравиться.

Согласно имеющимся данным, высокое содержание СО в атмосфере городов способствует росту сердечно-сосудистых заболеваний среди городского населения, так как сердце подвергается значительным нагрузкам (изнашивается), вынужденное перегонять в более жестком ритме отравленную карбоксигемоглобином кровь.

Аналогичному воздействию СО подвергаются и курильщики. Существует прямая зависимость между курением и уровнем содержания карбоксигемоглобина в крови.

Угарный газ снижает способность атмосферы к самоочищению, уменьшая концентрацию гидроксильного радикала, который способен связываться даже с такими инертными примесями, как СО.

Принцип метода. Метод основан на восстановлении окисью углерода аммиачных растворов нитрата серебра и последующем колориметрическом определении окрашенных растворов. Чувствительность 0,1 мг в анализируемом объеме.

Оборудование, реактивы: дозировочная пипетка на 5 мл с ценой деления 0,1 мл с кранами; поглотительные приборы Полежаева; пипетки на 1, 2, 5, 10 мл; колориметрические пробирки; аспиратор; установка для получения окиси углерода; 0,05%-ный раствор нитрата серебра; 25%-ный раствор аммиака; 0,5%-ный раствор едкого натра; силикагель; поглотительный раствор (к 100 мл 0,05%-ного раствора нитрата серебра добавить 0,5 мл 25%-ного раствора аммиака).

Материалы: пробы воздуха.

Установка для получения окиси углерода. В перегонную колбу на 250 мл налить 100 мл серной кислоты, закрыть пробкой с отверстием, куда плотно вставить капельную воронку на 50 мл с оттянутым и дважды изогнутым концом. Колбу с содержимым осторожно нагреть на песчаной бане до 80–110 °С, а затем по мере охлаждения ввести из воронки по каплям муравьиную кислоту.

Выделяющийся газ проходит в очистительную систему, состоящую из промывных склянок на 50 мл и очистительной колонки. В одну из промывных склянок поместить 20 мл 30%-ного раствора едкого натра, в другую — 20 мл щелочного раствора гидросульфита натрия (2 г гидросульфита растворить в 10 мл воды и прибавить 10 мл 10%-ного раствора едкого натра).

Очистительную колонку наполнить гранулированным хлоридом кальция. Первые порции газа выпустить через третью промывную склянку для поглощения окиси углерода во избежание загрязнения им воздуха лаборатории. Эту склянку заполнить смесью из 10 мл 0,1 н раствора едкого кали, 10 мл 0,15 н раствора нитрата серебра и 10 мл раствора пирагаллола.

Очистительную колонку и последнюю промывную склянку необходимо соединить между собой двумя тройниками так, чтобы между обоими концами каждого тройника могла проходить окись углерода по резиновой трубке. От второго конца тройника отбирать требуемые количества окиси углерода.

Ход работы

1. Протянуть через два последовательно соединенных поглотительных прибора Полежаева, содержащих по 10 мл аммиачного раствора нитрата серебра, 5–6 л исследуемого воздуха со скоростью 0,5 л/мин.

Для очистки воздуха от мешающих примесей (альдегида и сероводорода) перед поглотительными приборами поместить гофрированную трубку с силикагелем и поглотительный прибор с 10 мл 0,5%-ного раствора NaOH.

2. Для построения стандартной шкалы использовать дозировочную пипетку, в которую отобрать из установки для получения окиси углерода по 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 мл, что соответствует 0,125; 0,25; 0,375; 0,5; 0,625; 0,75 мг окиси углерода, и внести в колориметрические пробирки. Стандартная шкала устойчива в течение 3 суток.
3. Исследуемые растворы из каждого поглотительного прибора отдельно перелить в колориметрические пробирки, объем довести до 10 мл поглотительным раствором.
4. Все пробирки стандартной шкалы и пробы поместить в кипящую водяную баню на 5 мин. с момента закипания. После охлаждения сравнить интенсивность окраски проб со стандартной шкалой в колориметрических пробирках.

5. Концентрацию окиси углерода рассчитать по формуле:

$$X = a \times \frac{1000}{V_0},$$

где a — количество вещества, найденное во всем объеме исследуемого раствора, мкг; V_0 — объем исследуемого воздуха, приведенного к нормальным условиям, л.

6. Сравнить полученные результаты с ПДК по окиси углерода и сделать выводы о качестве воздуха.

Работа № 7. Кислород

Кислород (O_2) — газ без цвета, запаха и вкуса, плохо растворимый в воде (при $t=20$ °C в 100 объемах воды растворяется около 3 объемов кислорода). Жидкий кислород имеет светло-голубой цвет, притягивается магнитом, т.к. его молекулы парамагнитны, имеют два неспаренных электрона. В природе кислород существует в виде трех изотопов ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O и в виде двух аллотропных модификаций кислорода O_2 и озона O_3 . В воздухе кислорода в свободном состоянии содержится около 21%, в земной коре — около 47%.

Способность кислорода вступать в реакцию с большинством простых веществ и образовывать оксиды является важным химическим свойством. Кислород выделяется растениями и водорослями, используется при дыхании всеми видами живых организмов, расходуется при горении всех видов топлива и при гниении.

В последние годы увеличивающееся загрязнение атмосферы привело к снижению содержания кислорода в воздухе. В городе содержание кислорода ниже, чем в лесу или у реки.

Токсичные загрязняющие вещества (оксиды углерода, углеводороды, оксиды азота, цианиды и др.) являются конкурентами кислорода за связывание с гемоглобином крови. Накапливаясь в атмосфере воздуха городов, они затрудняют усвоение кислорода живыми организмами.

Снижение кислорода на 1% приводит к снижению работоспособности у человека на 30%. Длительное пребывание в помещениях с недоста-

точным уровнем содержания кислорода может привести к серьезным проблемам со здоровьем, выражающимся в нарушении обмена веществ и снижении иммунитета.

Внешними признаками кислородного голодания (гипоксии) являются: ухудшение цвета кожи, быстрая утомляемость, снижение умственной и физической активности, депрессия, раздражительность, нарушение сна, головные боли.

Принцип метода основан на реакции окисления соли марганца (II) в щелочной среде. При взаимодействии $Mn(OH)_2$ с иодидом калия в кислой среде выделяется йод, количество которого эквивалентно содержанию O_2 в анализируемой пробе воздуха.

Оборудование, реактивы: делительная воронка объемом 50–100 мл; пипетки объемом 1 и 10 мл; шприцы на 5 или 10 мл; конические колбы на 250 мл; бюретка для титрования объемом 25 мл; пробка резиновая; хлорид марганца ($425 \text{ г } MnCl_2 \cdot 4H_2O$ растворить в небольшом количестве воды и подкислить HCl (1:1), довести объем до 1 л) или сульфат марганца ($480 \text{ г } MnSO_4 \cdot 4H_2O$ растворить в небольшом количестве дистиллированной воды, подкислить HCl (1:1) и довести объем до 1 л); тиосульфат натрия, 0,01 н; титрованный раствор ($2,48 \text{ г } Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O + 0,04 \text{ г } Na_2CO_3$ в 1 л раствора); иодид калия ($150 \text{ г } KI + 700 \text{ г } KOH$ в 1 л раствора или 10%-ный раствор); серная кислота (1:4); гидроксид калия 40%-ный раствор; 1%-ный раствор крахмала.

Материалы: пробы воздуха.

Ход работы

1. Определить объем делительной воронки. Для этого сначала определить массу тщательно высушенной воронки вместе с пробкой, массу ее после заполнения дистиллированной водой при $20 \text{ }^\circ\text{C}$ с закрытой пробкой (пробка должна быть закрыта так, чтобы в воронке не оставалось пузырьков воздуха).
2. Делительную воронку с дистиллированной водой установить на месте отбора пробы воздуха, открыть кран и пробку и заполнить анализируемым воздухом. Делительную воронку закрыть резиновой пробкой.
3. Измерить температуру анализируемого воздуха.
4. С помощью шприцев в делительную воронку через резиновую пробку ввести 5 мл раствора Mn^{2+} и 5 мл 40%-ного KOH . Содержимое делительной воронки энергично встряхнуть в течение 10 мин.

5. Ввести с помощью шприца 10 мл KI и 10 мл H_2SO_4 (1:4). Через 5 мин. содержимое делительной воронки количественно перенести в колбу для титрования.
6. Титровать раствором тиосульфата натрия до светло-желтой окраски.
7. К титруемому раствору добавить 0,5 мл раствора крахмала и титровать до исчезновения синей окраски.
8. Содержимое кислорода в анализируемом воздухе (мг/м³) рассчитывается по формуле:

$$C(O_2) = \frac{1000 \times V_T \times C_T \times M \times \left(\frac{1}{Z} O_2\right)}{V_0},$$

где $M\left(\frac{1}{Z} O_2\right)$ — молярная концентрация эквивалента кислорода, рас-

творенного в воде, моль/л; V_0 — объем анализируемой пробы воздуха, приведенный к нормальным условиям, л; V_T — объем раствора $Na_2S_2O_3$, израсходованного на титрование пробы воды, мл; C_T — молярная концентрация эквивалента тиосульфата натрия, моль/л.

9. Концентрацию кислорода (объемную долю, %) в анализируемой пробе воздуха вычислить по формуле:

$$\varphi(O_2) = \frac{100 \times V_T \times C_T \times 5,6}{1000 \times V_0},$$

где 5,6 — молярный объем эквивалента кислорода, л/моль.

10. Результаты исследования занести в таблицу и сделать вывод.

Показатели	Значение
Температура воздуха, °С	
Атмосферное давление, мм. рт. ст. или Па	
Объем анализируемого воздуха V_1 , л	
Объем анализируемого воздуха при н. у. V_0 , л	
Объем раствора тиосульфата натрия V_T , мл	
Молярная концентрация эквивалента тиосульфата натрия C_T , моль/л	
Объемная доля кислорода в воздухе, %	

Работа № 8. Фенол

При оценке влияния отделочных материалов на состояние воздушной среды помещения отбор проб должен проводиться с соблюдением следующих правил:

- 1) помещение перед отбором проб не проветривать в течение суток;
- 2) пробы воздуха брать в центре комнаты, у приборов отопления и в наименее проветриваемых участках;
- 3) пробы отбирать на высоте 0,75 и 1,5 м от пола;
- 4) одновременно отобрать контрольную пробу наружного воздуха.

Из большого количества полимерных материалов, изготовленных на основе аминокформальдегидных смол, водостойких лаков, дифенилкетонных смол, в воздух выделяются главным образом фенол и формальдегид.

Принцип метода. Определение фенола основано на реакции взаимодействия его с диазотированным паранитроанилином в щелочной среде. В результате реакции проявляется окраска от желто-зеленого цвета (при малых концентрациях) до красно-коричневого (при больших концентрациях). Чувствительность определения — 0,2 мкг в анализируемом объеме. Определению мешают крезолы.

Оборудование, реактивы: спектрофотометр или фотоэлектроколориметр; улавливающее устройство: аспиратор для отбора проб, поглотительный прибор; колбы мерные объемом 50 мл и 100 мл; пипетки емкостью 1, 2, 5 и 10 мл с ценой деления 0,1 и 0,01 мл; фенол, перегнанный при температуре 182 °С; паранитроанилин; диазотированный паранитроанилин (0,01 г паранитроанилина растворить в 10 мл дистиллированной воды и 2,5 мл соляной кислоты, к раствору прибавить 2,5 мл NaNO_2 и через несколько минут раствор разбавить водой до 50 мл. Раствор хранить в прохладном месте не более 2–3 суток); натрий углекислый, 0,8%-ный раствор; соляная кислота; 25%-ный раствор натрия азотистокислого.

Стандартный раствор № 1: в мерную колбу на 50 мл влить 20 мл поглотительного раствора (0,8%-ный раствор углекислого натрия). Колбу взвесить. Раствор довести до метки поглотительным раствором и вычислить содержание фенола в 1 мл.

Стандартный раствор № 2: соответствующим разбавлением приготовить стандартный раствор № 2, содержащий 0,01 мг фенола в 1 мл.

Материалы: воздух помещений с полимерной отделкой.

Ход работы

1. Исследуемый воздух со скоростью 0,5 л/мин протянуть через поглотительный прибор, содержащий 6 мл поглотительного раствора (1–2 л).
2. 5 мл пробы внести в колориметрическую пробирку.
3. Одновременно приготовить шкалу стандартов согласно таблице:

Номер стандарта	Стандартный раствор № 2 фенола, мл	Поглотительный раствор, мл	Содержание фенола, мг
1	0	5	0
2	0,02	4,98	0,2
3	0,06	4,94	0,6
4	0,1	4,9	1,0
5	0,2	4,8	2,0
6	0,4	4,6	4,0
7	0,6	4,4	6,0
8	0,8	4,2	8,0
9	1,0	4,0	10,0

4. Во все пробирки шкалы стандартов и в пробу прибавить по 0,2 мл диазотированного паранитроанилина и через 10 мин. фотометрировать полученную окраску по сравнению с контролем (№ 1 стандартной шкалы) при длине волны 495 нм в кювете с толщиной слоя 1 см.
5. Концентрацию фенола в мг/м³ воздуха X вычислить по формуле:

$$X = \frac{a \times B \times 1000}{C \times V_0},$$

где B — количество фенола, найденное в анализируемом объеме пробы, мкг; a — общий объем пробы, мл (6 мл); C — объем пробы, взятый для анализа, мл (5 мл); V₀ — объем воздуха, отобранный для анализа и приведенный к нормальным условиям, л.

6. Сделать вывод о содержании фенола в воздухе помещений, отделанных полимерами.

Работа № 9. Аммиак

Аммиак (NH_3) — газ с резким характерным запахом, значительно легче воздуха, очень хорошо растворимый в воде, спирте, эфире. Высокая растворимость аммиака в воде в значительной степени обусловлена образованием водородных связей между молекулами аммиака и молекулами воды.

Аммиак вызывает резкое раздражение глаз, верхних дыхательных путей, головную боль, кашель, при высоких концентрациях наступает отек легких. Смертельными считаются концентрации аммиака 1500–2700 мг/м³, действующими в течение 0,5–1 часа.

Оборудование и реактивы: 0,01 н H_2SO_4 ; стандартный раствор А; стандартный раствор Б; дистиллированная вода; реактив Несслера; мерные колбы на 25 мл; поглотительная склянка; фильтр Шота; ФЭК.

Приготовление стандартного раствора А: 3,147 г хлорида аммония растворить в воде в мерной колбе емкостью 1 л и довести объем до метки. 1 мл раствора А содержит 1 мг NH_4^+ .

Приготовление стандартного раствора Б (подготовить непосредственно перед анализом): отобрать мерной пипеткой 10 мл раствора А и внести в мерную колбу емкостью 1 л, довести раствор до метки. 1 мл раствора Б содержит 0,01 мг NH_4^+ .

Материал: пробы воздуха.

Ход работы

1. В поглотительную склянку с фильтром Шота залить 10 мл 0,01 н раствора серной кислоты и 1 мл реактива Несслера.
2. Протягивать исследуемый воздух со скоростью 10 л/мин (V) в течение 2–3 мин. (t) через прибор, содержащий поглотительный раствор, до появления желтой окраски раствора.
3. Через 15 мин. содержимое поглотителя перенести в мерную колбу емкостью 25 мл и довести водой до метки.
4. Измерить оптическую плотность полученного раствора при длине волны 450 нм.
5. По величине оптической плотности А найти по калибровочному графику концентрацию NH_4^+ в мг/проба (С).

Построение калибровочной кривой. В 5 мерных колб емкостью по 25 мл внести 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0 мл раствора Б. Прибавить по 20 мл воды и по 1 мл реактива Несслера, довести водой до метки и перемешать. Через 10 мин. замерить оптические плотности растворов при длине волны 450 нм в кювете с толщиной светопоглощающего слоя 50 мм относительно нулевого раствора. Предварительно проверить правильность выбора рабочей длины волны и кюветы. По результатам измерений построить кривую зависимости оптической плотности раствора от количества аммиака (мг) в пробе.

6. Рассчитать объем воздуха, пропущенный через поглотительный раствор — V_1 :

$$V_1 = V \times t,$$

где V — объем воздуха, протягиваемый через поглотительную склянку с фильтром Шота со скоростью 10 л/мин в течение 2–3 мин. (t).

7. Рассчитать концентрацию NH_3 , мг/м³:

$$X = \frac{C \times 1000}{V_1},$$

где C — концентрация NH_4^+ , в мг/проба, V_1 — объем воздуха, пропущенный через поглотительный раствор.

8. Сделать вывод о содержании аммиака в пробе воздуха.

Работа № 10. Формальдегид

Формальдегид — бесцветный газ с резким запахом, хорошо растворимый в воде, этаноле, эфире. Класс опасности второй. Содержание его нормируется в воздухе населенных мест, в воздухе рабочей зоны и в воздухе помещений с полимерными покрытиями.

Формальдегид широко используется для получения полимерных материалов, как консервант — в медицине и пищевой промышленности. Почти вся мебель, изготовленная из ДСП, МДФ и фанеры, выделяет

свободный формальдегид. МДФ — самый опасный источник выделения формальдегида. Интенсивнее всего формальдегид выделяется в теплых помещениях с высокой влажностью воздуха.

При воздействии формальдегида у человека возникает воспаление слизистых оболочек глаз и дыхательных органов, возможна кожная аллергия.

Принцип метода: метод основан на реакции взаимодействия формальдегида с ацетилацетоном в среде уксуснокислого аммония и последующем фотометрическом измерении оптической плотности окрашенного в желтый цвет продукта реакции. Чувствительность измерения — 0,2 мкг в анализируемом объеме. Диапазон измеряемых концентраций формальдегида в воздухе — от 0,25 до 3,0 мг/м³.

Оборудование, реактивы: улавливающее устройство: аспиратор для отбора проб, поглотительный прибор Зайцева; спектрофотометр или фотоэлектроколориметр; колбы мерные емкостью 50 и 1000 мл; цилиндры измерительные емкостью 200–250 мл; бюретки емкостью 25 мл; пипетки емкостью 2, 15, 20, 25 мл без делений и емкостью 1, 2, 5, 10 мл с делениями; пробирки емкостью 10–20 мл с пришлифованными пробками; баня водяная; натрий гидроксид, х.ч., 20%-ный раствор; соляная кислота, х.ч., 10%-ный раствор; натрий серноватисто-кислый (тиосульфат натрия) фиксанал, 0,1 н раствор; йод фиксанал, 0,1 н раствор; крахмал, 0,5%-ный раствор; аммоний уксуснокислый, ч.д.а. 20%-ный раствор; ацетилацетон, ч.д.а. 0,4%-ный (объем) раствор; формалин 40%-ный и 1%-ные растворы; стандартный раствор № 1 с концентрацией формальдегида примерно 0,5 мг/мл (соответствует 0,85%-ному раствору; готовят разбавлением 1%-ного раствора формалина водой, устойчив полгода, точное содержание формалина определяют йодометрическим титрованием); раствор составной, состоящий из ацетилацетона и аммония уксуснокислого 1:1 (по объему) (готовят перед применением); поглотительный раствор состоит из равных объемов составного раствора и воды (готовится перед анализом).

Материалы: воздух помещений с полимерной отделкой.

Ход работы

а) Определение титра стандартного раствора формальдегида

1. В коническую колбу с пришлифованной пробкой вместительностью 200–250 мл внести 25 мл приготовленного стандартного раствора № 1 и 0,1 н раствора йода.

2. Добавить 2 мл 20%-ного раствора NaOH, закрыть пробкой и оставить смесь на 20 мин. при комнатной температуре.
3. Затем добавить 5 мл 10%-ного раствора HCl и выдержать снова 10 мин. при комнатной температуре.
4. Выделившийся йод оттитровать 0,1 н раствором тиосульфата натрия в присутствии 0,5 мл раствора крахмала, который добавить перед концом титрования (когда титруемый раствор приобретает светло-желтую окраску).
5. Одновременно в таких же условиях проводят контрольное титрование 25 мл дистиллированной воды.
6. Количество йода, израсходованное на реакцию с формальдегидом, определяется по разности объемов растворов тиосульфата натрия, израсходованных на контрольное титрование и на титрование стандартного раствора № 1.
7. Рассчитать массу формальдегида (а, мг), содержащуюся в 1 мл стандартного раствора № 1, по формуле:

$$a = \frac{[(25 - V_2) - (25 - V_1)] \times 1,5015}{V_3} = \frac{V_1 - V_2}{V_3} \times 1,5015,$$

где: V_1 — объем раствора тиосульфат натрия, израсходованный на контрольное титрование, мл; V_2 — объем раствора тиосульфат натрия, израсходованный на титрование стандартного раствора № 1, мл; V_3 — объем стандартного раствора, взятого на титрование (25 мл); 25 — объем 0,1 н раствора, взятого на титрование контрольной и анализируемой проб, мл; 1,5015 — масса формальдегида, соответствующая 1 мл 0,1 н раствора йода, мг.

б) Отбор проб воздуха

1. Исследуемый воздух протягивается со скоростью 1 л/мин через поглотительный прибор, содержащий 5 мл поглотительного раствора, 10 мин. Отобранная проба устойчива в течение 2 суток.
2. После отбора пробы раствор в поглотительном сосуде перемешать, смывая адсорбированный формальдегид со стенок входной трубки этим же раствором с помощью резиновой груши.

3. Поглотительные сосуды с отобранной пробой воздуха и поглотительным раствором (раствор сравнения) поместить на 10 мин. в кипящую водяную баню, охладить и измерить оптическую плотность на спектрофотометре при длине волны 412 нм или на фотоэлектроколориметре при длине волны 400 нм в кювете с толщиной слоя 1 см.
4. Концентрацию формальдегида в анализируемой пробе находят по калибровочной кривой.

в) Построение калибровочной кривой

Приготовить шкалу стандартов согласно таблице:

№ стандарта	Стандартный раствор № 2	Раствор А, мл	Дистиллированная вода, мл	Содержание формальдегида, мкг/мл
1	0	25	25	0
2	2	25	23	0,2
3	5	25	20	0,5
4	10	25	15	1,0
5	15	25	10	1,5
6	20	25	5	2,0
7	25	25	0	2,5

Подготовленные растворы перемешать и кипятить 10 мин. на водяной бане. После охлаждения растворов до комнатной температуры провести измерение их оптической плотности на спектрофотометре при длине волны 412 нм или на фотоэлектроколориметре при длине волны 400 нм в кювете с толщиной слоя 1 см по отношению к холостому раствору. По полученным данным построить калибровочную кривую.

5. Концентрацию формальдегида C в воздухе (мг/м³) вычислить по формуле:

$$C = \frac{a \times B}{V_0},$$

где a — концентрация формальдегида в растворе пробы, найденная по графику, мкг/мл; B — объем поглотительного раствора, мл, V_0 — объем воздуха (л), отобранный для анализа и приведенный к нормальным условиям.

6. Сделать вывод о содержании формальдегида в воздухе помещений с полимерным покрытием.

Работа № 11. Отработанные газы автотранспорта (по концентрации СО)

Одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха является автотранспорт. В выхлопных газах двигателей содержится более 200 химических соединений и элементов. Наибольший вклад в структуру загрязняющих веществ вносят оксиды углерода и азота, углеводороды, сернистые соединения и сажа.

Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей оценивают по концентрации окиси углерода. Исходными данными для оценки загрязнения воздушной среды служат сведения о загруженности улиц разными видами автотранспорта.

Оборудование: часы; эклиметр; психрометр; анемометр; калькулятор; бумага для записей.

Ход работы

а) Определение загруженности улиц автотранспортом и параметров окружающей среды, усугубляющих загрязнение

1. Для работы необходимо разделиться на группы по 3–4 человека (один считает, другой записывает, остальные дают общую оценку обстановки), затем разместиться на определенных участках разных улиц с односторонним движением. В случае двустороннего движения каждая группа располагается на своей стороне. Сбор материала по загруженности улиц автотранспортом может проводиться как путем разового практического занятия, так и более углубленно с замерами в 8, 13 и 18 часов, в ночные часы.
2. Определить интенсивность движения автотранспорта методом подсчета автомобилей разных типов 3 раза по 20 мин. в каждой из точек и в каждом временном сроке. Автомобили разделить на категории:
 - 1) легковой;
 - 2) легкий грузовой;
 - 3) средний грузовой;
 - 4) тяжелый грузовой (дизельный);
 - 5) автобус.

Результаты исследования занести в таблицу:

Точка наблюдения	Время наблюдения	Тип автотранспорта				
		1	2	3	4	5
	8.00					
	13.00					
	18.00					

Примечание: 1 — легковой, 2 — легкий грузовой, 3 — средний грузовой, 4 — тяжелый грузовой (дизельный), 5 — автобус.

3. Построить график движения автотранспорта по отдельным улицам и оценить интенсивность движения согласно данным: 2,7–3,6 тыс. автомобилей в сутки — низкая интенсивность движения, 8–17 тыс. автомобилей в сутки — средняя интенсивность движения, 18–27 тыс. автомобилей в сутки — высокая интенсивность движения.
4. Провести в каждой точке наблюдения оценку условий по следующим параметрам:
 - а) тип улицы: городские улицы с односторонней застройкой (набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи), жилые улицы с двусторонней застройкой, дороги в выемке, магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон, транспортные тоннели и др.;
 - б) уклон улицы (определить глазомерно или эклиметром);
 - в) скорость ветра (определить анемометром);
 - г) относительная влажность воздуха (определить психрометром);
 - д) наличие защитной полосы из деревьев и др.

Занести данные в таблицу:

Показатели	Результат наблюдения
Тип улицы	
Уклон	
Скорость ветра	
Относительная влажность воздуха	
Защитная полоса из деревьев	

5. Сравнить транспортную нагрузку на разных улицах города и сделать выводы.

б) Определение загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта (по концентрации CO)

1. Рассчитать концентрацию окиси углерода (K_{CO}) по формуле (Бегма и др., 1984; Шаповалов, 1990):

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01N \times K_T) \times K_A \times K_Y \times K_C \times K_B \times K_P,$$

где 0,5 — фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м³; N — суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автом./час.; K_T — коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода; K_A — коэффициент, учитывающий аэрацию местности; K_Y — коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона; K_C — коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра; K_B — коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха; K_P — коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений.

2. Значения коэффициентов найти по таблицам № 1–5, вставить в формулу и определить уровень загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода.

Таблица 1

Значение коэффициента аэрации

Тип местности по степени аэрации	Коэффициент K_A
Транспортные тоннели	
Транспортные галереи	2,7
Магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон	1,5
Жилые улицы с одноэтажной застройкой, улицы и дороги в выемке	1,0
Городские улицы и дороги с односторонней застройкой, набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи	0,6
Пешеходные тоннели	0,4
	0,3

Таблица 2

Значение коэффициента продольного уклона

Продольный уклон	Коэффициент K_y
0	1,00
2	1,06
4	1,07
6	1,18
8	1,55

Таблица 3

Значение коэффициента скорости ветра

Скорость ветра, м/с	Коэффициент K_c
1	2,70
2	2,00
3	1,50
4	1,20
5	1,05
6	1,00

Таблица 4

Значение коэффициента относительной влажности воздуха

Относительная влажность	Коэффициент K_v
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	0,85
50	0,75

Таблица 5

Значение коэффициента у пересечений

Тип пересечения	Коэффициент K_p
Регулируемое пересечение:	
• со светофорами обычное	1,8
• со светофорами управляемое	2,1
• саморегулируемое	2,0
Нерегулируемое:	1,9
• со снижением скорости	2,2
• кольцевое	3,0
• с обязательной остановкой	

3. Определить коэффициент токсичности автомобилей как средневзвешенный для потока автомобилей по формуле:

$$K_T = \sum P_i K_{T,i},$$

где P_i — состав автотранспорта в долях единицы; $K_{T,i}$ — коэффициент токсичности (определить для каждого типа автомобиля по таблице 6).

Таблица 6

Значение коэффициента токсичности
в зависимости от типа автомобиля

Тип автомобиля	Коэффициент $K_{T,i}$
Легковой	1,0
Легкий грузовой	2,3
Средний грузовой	2,9
Тяжелый грузовой (дизельный)	0,2
Автобус	3,7

4. Сравнить полученные значения с ПДК выбросов автотранспорта по окиси углерода ($\text{ПДК}_{\text{CO}} = 5 \text{ мг/м}^3$) и сделать выводы.

Работа № 12. Уровень шума

Шум — один из видов физического загрязнения среды. Под термином «шум» понимают всякий неприятный или нежелательный звук либо совокупность звуков различной частоты и интенсивности, мешающих восприятию полезных сигналов, нарушающих тишину, оказывающих вредное или раздражающее действие на организм человека и снижающих его работоспособность. Уровень шума измеряется в децибелах (дБ).

Шум воздействует на кровообращение, центральную нервную систему, создает напряжение в организме, вызывает агрессивность, нарушение сна. Шум приводит к затруднению общения между людьми, к раздражению. Длительно действующий шум на уровне 85–90 дБ и выше опасен и может привести к потере слуха.

В качестве допустимого принимают такой уровень шума, при длительном действии которого не происходит отрицательных изменений в физиологических реакциях, наиболее чувствительных и адекватных шуму, и в субъективном самочувствии.

Регламентируемыми параметрами постоянного шума являются уровни звукового давления в октавных полосах частот — 31,5, 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц, а также уровни звука по интегральной обобщающей шкале «А», называемые децибел А (дБА).

Уровень шума нормируется в зависимости от времени суток и территории, где находится человек (таблица).

Допустимые уровни шума по шкале «А» в дневное время (7.00–23.00)

Территория	Уровень шума по шкале «А», дБА
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам	55
Территории больниц, санаториев	45
Аудитории школ и учебных заведений	50
Жилые комнаты квартир	40
Палаты больниц, санаториев	35

Для измерения уровня шума используют шумомеры различных марок, принцип работы которых заключается в том, что звуковые колебания, воспринимаемые микрофоном, преобразуются в пропорциональные электрические сигналы, которые затем усиливаются и измеряются индикатором, проградуированным в децибелах.

Оборудование: анализатор шума «Ассистент».

Ход работы

1. Подготовка прибора к работе и техника проведения измерения:

- 1) включить прибор, выбрать раздел «Акустика»;
- 2) выбрать кнопками ▲, ▼ режим работы прибора dB SLM (уровень звука с частотной коррекцией «А» и октавный спектр). В этом режиме на экране представлены все значения нормируемых параметров шума. Значения уровней звука с частотной коррекцией «А» и временными характеристиками «медленно» — LAS, «быстро» — LAF, «импульс» — LAI; средний по времени (эквивалентный) уровень звука — LAT (рисунок);
- 3) с помощью кнопок ►◄ выбрать средний по времени (эквивалентный) уровень звука — LAT. На гистограмме выбранный параметр выделен цветом и вертикальным маркером.



Рис. Вид дисплея при измерении уровня шума

2. Выбрать места измерения уровня шума вне здания (улицы, перекрестки, скверы и т.п.) и в помещениях (дома, в учебном заведении). Выбранные пункты заносят в таблицу.
3. Измерить величину шума в децибелах (дБ) в выбранных пунктах. В помещении измерения проводят в 5 точках на расстоянии 1–1,5 м от пола.
4. Полученные данные занести в таблицу:

Помещение	Уровень шума, дБ	
	результаты измерений	допустимые уровни
Учебная аудитория		
Автомагистраль		
Парк		
Около здания		

5. Провести сравнение уровня зарегистрированного шума с предельно допустимыми значениями. В выводах должны быть отражены: оценка степени шумового загрязнения учебных помещений, жилых помещений, улицы, скверов и т.п.; рекомендации по снижению интенсивности шума.

Контрольные вопросы

1. Какие методы используют для количественной характеристики запыленности воздуха?
2. Охарактеризуйте метод определения диоксида серы в воздухе.
3. Как влияет загрязнение атмосферного воздуха диоксидом серы на живые организмы?
4. Принцип метода определения сероводорода в атмосферном воздухе.
5. В чем опасность загрязнения воздуха населенных мест оксидами азота?
6. В чем суть экспресс-анализа атмосферного воздуха на содержание углекислого газа?
7. В чем опасность присутствия в атмосферном воздухе высоких концентраций окиси углерода?
8. Охарактеризуйте методы определения окиси углерода в атмосферном воздухе.
9. Каково значение кислорода для живых организмов?

10. Принцип метода определения кислорода в атмосферном воздухе.
11. Принцип метода определения фенола в воздухе помещений, отделанных полимерами.
12. Принцип метода определения формальдегида в воздухе помещений, отделанных полимерами.
13. Каковы признаки отравления организма человека аммиаком?
14. Каким образом определяется содержание аммиака в воздухе?
15. Как влияет шумовое загрязнение на организм человека?
16. Как можно оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта?

Глава 3.

Оценка качества атмосферного воздуха по степени загрязнения снежного покрова

Снежный покров служит эффективным накопителем аэрозольных загрязняющих веществ, выпадающих из атмосферного воздуха. При таянии снега эти вещества поступают в воду и почву, загрязняя их. Концентрация загрязняющих веществ в снегу обычно на 2–3 порядка выше, чем в атмосферном воздухе, поэтому определение содержания таких веществ может проводиться простыми методами с высокой степенью надежности. Оценка загрязнения атмосферного воздуха по степени загрязнения снежного покрова широко используется для проведения мониторинга окружающей среды.

Подготовка к работе. Перед началом исследования необходимо составить схему изучаемой территории с указанием точек отбора снега, расположения зданий и сооружений и их назначения.

Отбор проб. Отбор проб снега для анализа проводится с участков нетронутого снежного покрова на всю его мощность, не доходя 5 см до почвы во избежание загрязнения пробы грунтом. Снег берется почти на всю глубину залегания для того, чтобы суммировать все загрязнения, накопившиеся за сезон в снегу. Снег анализируется в зонах влияния стационарных источников загрязнений, около основных магистралей города, в парках и на фоновых участках.

Процедура отбора снега для анализов имеет свои особенности. Для достоверности данных в каждой точке пробу берут в трехкратной повторности. При этом выбирается площадка для отбора проб, на которой можно построить треугольник со сторонами не менее 10 м (10–30 м). В вершинах этого треугольника размечаются квадраты со сторонами 1 м. Получается 3 таких квадрата. В каждом квадрате снег собирается

методом «конверта», т.е. пробы берут по углам квадрата (4 шт.) и в центре квадрата.

Снег отбирают цилиндром, лопатой или совком. Следует учитывать, что объем снега при таянии уменьшается в 10 раз. Для получения 1 л талой воды надо собрать 10 л снега (примерно ведро). В качестве емкостей для отбора снега можно пользоваться полиэтиленовыми бутылками объемом 1,5–2 л, у которых отрезают ножницами верхнюю суживающуюся часть. Собранный в бутылки снег плотно утрамбовывают. На емкостях со снегом закрепляют таблички с указанием места отбора проб и номера пробы.

Пробы снега для анализа оттаивают при комнатной температуре в химических стаканах объемом 250–500 мл. В зависимости от определяемого вещества и метода определения талую воду используют без фильтрования (ионометрические методы) или после фильтрования (оптические методы). При определении очень малых концентраций загрязняющих веществ проводят их концентрирование методами экстрагирования, соосаждения, выпаривания и т.д.

Работа № 1. Запах

Запах вызывают летучие пахнущие вещества. На запах воды оказывают влияние состав растворенных веществ, температура, значения pH и другие факторы.

Запах воды характеризуется интенсивностью, которую оценивают по 6-балльной шкале при нормальной (20 °С) и при повышенной (60 °С) температуре воды (табл.).

Оборудование: коническая колба на 250 мл; резиновые пробки.

Материалы: пробы снега или талой воды.

Определение интенсивности запаха воды
(ГОСТ Р 57164-2016)

Характер проявления запаха	Интенсивность запаха	Оценка интенсивности запаха, баллы
Запах не ощущается	Нет	0
Запах очень слабый, не замечаемый потребителем, но обнаруживаемый специалистом	Очень слабая	I
Запах слабый и не вызывает неодобрительный отзыв о воде	Слабая	II
Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде	Заметная	III
Запах отчетливый, вызывает неодобрительный отзыв о воде и заставляет воздержаться от питья	Отчетливая	IV
Запах настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению	Очень сильная	V

Ход работы

1. Растопить пробы снега. Для определения запаха заполнить коническую колбу объемом 250 мл водой на 1/3 объема при 20 °С и закрыть пробкой.
2. Несколько раз перемешать вращательными движениями, не взбалтывая, затем открыть ее и осторожно, не допуская глубоких вдохов, определить характер запаха и его интенсивность, используя шкалу из приведенной выше таблицы.

При определении запаха не рекомендуется делать длинные вдохи и вдыхать запах много раз, чтобы не притупить свои ощущения.

3. Результаты исследования занести в таблицу:

Точка отбора проб	Интенсивность запаха	Оценка интенсивности запаха, баллы

4. Сделать вывод по проделанной работе.

Работа № 2. Мутность

Мутность воды вызвана присутствием примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения. Мутность воды определяют фотометрическим путем сравнения проб исследуемой воды со стандартными суспензиями. В России мутность чаще всего измеряют в нефелометрических единицах мутности НЕФ (NTU). В условиях большой мутности обычно применяется измерение единиц мутности по формазину (ЕМФ). Пределы измерений — 40–400 ЕМФ. Индикатор по НЕФ (NTU) — рассеивание излучения, по ЕМФ — ослабление потока излучения.

Оборудование: пробирки; воронка; фотоэлектроколориметр.

Материалы: пробы снега или талой воды.

Ход работы

а) Качественное определение мутности

1. Заполнить пробирку талой водой до 10–12 см.
2. Определить мутность талой воды, рассматривая пробирку сверху на темном фоне при достаточном боковом дневном или искусственном освещении.
3. Оценить мутность по характеристикам, приведенным в таблице:

Оценка интенсивности мутности	Оценка интенсивности мутности
Мутность не заметна (отсутствует)	Слабо мутная
Слабо опалесцирующая	Мутная
Опалесцирующая	Очень мутная

б) Количественное определение мутности воды

Количественное определение мутности талой воды осуществляется фотоколориметрическим способом путем сравнения проб исследуемой воды со стандартными суспензиями (ГОСТ Р 57164-2016). Результаты измерений выражают в ЕМФ/дм³ (единицы мутности на дм³). Переход от ЕМФ/дм³ к мг/дм³ осуществляется, исходя из соотношения: 1 ЕМФ/дм³ соответствует 0,58 мг/дм³.

1. Построить калибровочный график для определения мутности по ниже приведенным данным:

ЕМФ	1	5	10	20	50
A (оптическая плотность)	0,0628	0,067	0,12	0,22	0,50

2. Налить в кюветы высотой 5 см талую воду и определить ее оптическую плотность при длине волны 540 нм по отношению к дистиллированной воде.
3. Определить количественное значение мутности по калибровочному графику и выразить ее в мг/дм³.
4. Результаты исследования занести в таблицу:

Точка отбора проб	Оценка интенсивности мутности	ЕМФ/дм ³	Содержание мутности, мг/дм ³

5. Сделать вывод по проделанной работе.

Работа № 3. Цветность

Цветность — показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных соединений; выражается в градусах платиново-кобальтовой шкалы (ГОСТ 31868-2012).

Оборудование: фотоэлектроколориметр; мерный стакан на 100 мл.

Материалы: пробы снега или талой воды.

Ход работы

1. Построить калибровочный график для определения мутности по ниже приведенным данным:

Градусы	Оптическая плотность, A
0	0,007
5	0,028
10	0,076
20	0,163

Градусы	Оптическая плотность, А
25	0,193
30	0,234
40	0,319
50	0,409
60	0,477
70	0,561
80	0,635

2. Определить оптическую плотность талой воды в кюветах толщиной поглощающего слоя 5 см при длине волны 340 нм относительно дистиллированной воды (холостая проба).
3. Цветность талой воды определить по калибровочному графику и выразить в градусах цветности.
4. Результаты анализа талой воды внести в таблицу:

Точка отбора проб	Цветность талой воды

5. Сделать вывод по проделанной работе.

Работа № 4. Кислотность

Оборудование и реактивы: метиловый оранжевый; фенолфталеин; универсальная индикаторная бумага; пробирки; воронка; мерный стакан на 50–100 мл; рН-метр.

Материалы: пробы снега или талой воды.

Ход работы

а) Определение рН талой воды с помощью индикаторов

1. Налить в три пробирки по 2–3 мл исследуемой талой воды.
2. В первую пробирку добавить 1–2 капли метилового оранжевого, во вторую — 1–2 капли фенолфталеина, в третью — полоску универсальной индикаторной бумаги.
3. Записать окраску индикаторов в воде, определить характер среды в воде и сделать выводы.

б) Определение величины рН раствора с помощью рН-метра

1. Налить талую воду в стаканчики. Электроды погрузить в стаканчик с исследуемым раствором талой воды и измерить рН.
2. Рассчитать концентрацию ионов H^+ , используя соотношение: $pH = -\lg a(H^+) \approx -\lg C(H^+)$ или $C(H^+) = 10^{-pH}$.
3. Результаты измерений занести в таблицу. Сделать заключение о кислотности снежного покрова, степени загрязнения воздуха кислотными оксидами на разных участках территории города.

Точка отбора проб	Определение рН по индикаторам			Определение рН с помощью рН-метра	
	1	2	3	рН	С (H^+)

Примечание: 1 — индикаторная бумага, 2 — метиловый оранжевый, 3 — фенолфталеин.

Работа № 5. Запыленность

Оборудование: бумажные фильтры; сушильный шкаф; аналитические весы; стеклянные колбы; воронка.

Материалы: пробы снега или талой воды.

Ход работы

1. Растаять снег, измерить объем талого снега каждой пробы.
2. Отфильтровать талую воду через предварительно взвешенный складчатый фильтр.
3. Бумажные фильтры поместить в сушильный шкаф, нагретый до температуры 60–80 °С, или оставить при комнатной температуре для дальнейшего анализа.
4. После высушивания фильтры взвесить и определить массу осадка.
5. Рассчитать количество пыли на 1 л (кг) талого снега по формуле:

$$X = \frac{(a - a_1) \times 1000}{V},$$

где X — масса сухого остатка в исследуемом объеме воды (мг/л или мг/кг); a — масса фильтра с сухим остатком, мг; a_1 — масса фильтра, мг; V — объем воды, взятый для определения, мл.

6. Полученные результаты занести в таблицу и сделать выводы.

Точка отбора проб	Масса фильтра, мг	Масса фильтра с сухим остатком, мг	Объем воды, мл	Количество пыли, мг/кг

Работа № 6. Сухой остаток

Сухой остаток — это количество растворенных солей, содержащееся в 1 л воды. Сухой остаток дает представление о степени минерализации воды. Минеральный состав воды на 85% и более обусловлен катионами Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ и анионами HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} . Остальная часть минерального состава представлена макроэлементами Na^+ , K^+ , PO_4^{3-} и др. и микроэлементами Fe^{2+} , Fe^{3+} , I , Cu^{2+} , Mo^{3+} и др.

Воду с сухим остатком до 1000 мг/л называют пресной, свыше 1000 мг/л — минерализованной. Воду, содержащую до 20–100 мг/л солей, считают слабо минерализованной, 100–300 мг/л — удовлетворительно минерализованной, 300–500 мг/л — повышено минерализованной.

Оборудование: фарфоровые чашки; сушильный шкаф; эксикатор; аналитические весы; колбы на 500 мл; водяная баня.

Материалы: пробы снега или талой воды.

Ход работы

1. Фарфоровую чашку выдержать в сушильном шкафу при температуре 110 °С в течение 2 часов, затем охладить в эксикаторе и взвесить на аналитических весах.
2. Из общего объема профильтрованной через беззольный фильтр исследуемой воды 250 мл отлить небольшими порциями в фарфоровую чашку и выпаривать на водяной бане.
3. После выпаривания чашку выдержать в сушильном шкафу при температуре 110 °С до постоянной массы, охладить и взвесить.
4. Расчет массы сухого остатка провести по формуле:

$$X = \frac{(a - a_1)}{V},$$

где X — масса сухого остатка в исследуемом объеме воды (мг/л или мг/кг); a — масса чашки с сухим остатком, г; a_1 — масса пустой чашки, г; V — объем воды, взятый для определения, мл.

5. Результаты исследования занести в таблицу и сделать выводы о содержании сухого остатка в анализируемой пробе талой воды и степени ее минерализации.

Точка отбора проб	Объем воды, мл	Масса чашки, мг	Масса чашки с сухим остатком, мг	Масса сухого остатка, мг

Работа № 7. Органические вещества

Признаками наличия органических веществ в снегу являются радужная пленка на поверхности воды, масляное пятно на фильтровальной бумаге после высыхания, обесцвечивание подкисленного раствора перманганата калия.

Оборудование, реактивы: дистиллированная вода; пробирки; фотоэлектроколориметр; 5%-ный раствор перманганата калия KMnO_4 .

Материалы: пробы снега или талой воды.

Ход работы

а) Качественная реакция на органические вещества

1. В одну пробирку налить 5 мл дистиллированной воды, в другую — исследуемую воду.
2. В каждую пробирку прибавить по капле 5%-ного раствора перманганата калия KMnO_4 . В пробирке с дистиллированной водой окраска сохранится. Исчезновение окраски в исследуемой воде указывает на присутствие в ней органических веществ (иногда неорганических восстановителей).

б) Фотометрическое определение органических веществ

1. Определить при помощи фотоэлектроколориметра величину поглощения светового потока органическими веществами при 364 нм.
2. Рассчитать количество органических примесей, используя закон Бугера-Ламберта-Бера:

$$D = \frac{\lg I_0}{I_c} = \varepsilon \times C \times l,$$

где D — оптическая плотность раствора; I_0 — интенсивность света, падающего на раствор; I_c — интенсивность света, прошедшего через раствор; ε — молярный коэффициент светопоглощения; C — концентрация растворенного вещества, моль/л; l — толщина слоя раствора, см.

3. Результаты исследования занести в таблицу. Сделать вывод о наличии органических веществ в пробах снега на разных участках территории города.

Точка отбора проб	Концентрация органических веществ, моль/л

Работа № 8. Жесткость

Оборудование, реактивы: колба на 250 мл; конические колбы на 150, 200 мл; бюретка; воронки; нагревательный прибор; бумажные фильтры; 0,1 н раствор соляной кислоты; 0,1%-ный водный раствор метилоранжа; щелочная смесь (равные части 0,1 н раствора карбоната натрия и гидроксида натрия).

Материалы: пробы снега или талой воды.

Ход работы**а) Определение бикарбонатной жесткости**

1. В колбу налить 100 мл воды, добавить 2 капли метилоранжа.
2. Титровать соляной кислотой до слабо-розового окрашивания.
3. Рассчитать бикарбонатную жесткость воды, умножая количество мл 0,1 н раствора соляной кислоты, пошедшее на титрование, на 2,8.

б) Определение общей жесткости

1. К жидкости, оставшейся в колбе после определения карбонатной жесткости, добавить 20 мл щелочной смеси. При этом кальций и магний выпадают в осадок с образованием карбоната кальция и гидроксида магния.
2. Смесь кипятить в течение 3 мин., охладить до 20 °С, перелить в колбу на 200 мл, долить дистиллированной водой до метки, перемешать и отфильтровать.
3. В колбу налить 100 мл фильтрата, добавить 2–3 капли 0,1%-ного раствора метилоранжа и титровать 0,1 н раствором соляной кислоты до слабо-розового окрашивания. Поскольку для титрования была взята только половина смеси, то количество раствора, пошедшее на титрование, умножить на 2, и получится количество щелочного раствора, не вступившее в реакцию с солями щелочноземельных металлов. Вычтешь это значение из 20 мл щелочного раствора и умножить на 2,8, полученная цифра — это общая жесткость.

в) Определение постоянной жесткости

Постоянная жесткость определяется как разность между общей и бикарбонатной жесткостью.

1. Результаты исследования занести в таблицу:

Точка отбора проб	Жесткость воды		
	бикарбонатная	общая	постоянная

2. Сделать вывод о степени жесткости талой воды на территории города.

Работа № 9. Хлорид-ионы

Качественная реакция обнаружения анионов хлора основана на малой растворимости галогенидов серебра в воде и в разбавленной азотной кислоте. Осадок растворяется в избытке аммиака.

Оборудование, реактивы: пробирки; воронка; 10%-ный раствор азотнокислого серебра.

Материалы: пробы снега или талой воды.

Ход работы

1. К 5 мл исследуемой талой воды добавить 3 капли 10%-ного раствора азотнокислого серебра, подкисленного азотной кислотой. Появление осадка или мути указывает на наличие анионов хлора.
2. Используя данные таблицы, провести полуколичественное определение хлоридов.

Определение
содержания хлоридов в воде

Характеристика осадка или мути	Содержание хлоридов, мг/л
Опалесценция или слабая муть	1–10
Сильная муть	10–50
Образуются хлопья, осаждаются не сразу	50–100
Белый объемистый осадок	Более 100

3. Результаты анализа занести в таблицу:

Точка отбора проб	Концентрация хлоридов, мг/л

4. Сделать выводы о содержании ионов хлора в пробах снега.

Работа № 10. Сульфат-ионы

Метод определения массовой концентрации сульфат-аниона основан на реакции сульфат-анионов с катионами бария с образованием нерастворимой суспензии сульфата бария по реакции.

Оборудование, реактивы: пробирки; воронка; 10%-ный раствор HCl ; 5%-ный раствор BaCl_2 ; гликолевый реагент; стандартный раствор сульфата калия (0,5 мг в 1 мл); дистиллированная вода; фотоэлектроколориметр.

Гликолевый реагент: в мерной колбе смешать 1 объем 5%-ного водного раствора хлорида бария, 3 объема этиленгликоля и 3 объема 96%-ного этанола. Добавить разбавленную соляную кислоту (1:1) до $\text{pH}=2,5-2,8$ и оставить раствор на 1–2 суток.

Материалы: пробы снега или талой воды.

Ход работы

- а) Качественное определение массовой концентрации сульфат-иона**
1. К 5 мл исследуемой воды добавить 4 капли 10%-ного раствора HCl и столько же капель 5%-ного раствора BaCl_2 . В присутствии сульфат-иона выпадает осадок белого цвета или появляется муть.
 2. Чтобы убедиться, что наблюдаемый осадок образован именно сульфатами, а не фосфатами или карбонатами, часть полученного раствора отлить в отдельную пробирку и добавить несколько капель соляной кислоты. Не растворяющийся в соляной кислоте осадок указывает на сульфат-ионы. Содержимое пробирки можно подогреть на пламени спиртовки, если осадок сразу не появляется.
 3. Оценить содержание сульфат-ионов, используя данные таблицы:

Прозрачность раствора	Содержание SO_4^{2-} , мг/л
Слабая муть, проявляющаяся через несколько минут	1,0–10,0
Слабая муть, проявляющаяся сразу	10,1–100,0
Сильная муть	100,1–500,0
Большой осадок, быстро оседающий на дно пробирки	Более 500,0

б) Количественное фотометрическое определение сульфат-иона

Оптимальные интервалы концентраций для турбидиметрического определения сульфат-иона соответствуют 2–25 мг/л.

1. К 5 мл отфильтрованной талой воды добавить 1–2 капли соляной кислоты (1:1), 5 мл гликолевого реагента и тщательно перемешать.
2. Через 30 мин. измерить оптическую плотность раствора на фотоэлектроколориметре в кюветках толщиной 20 мм при длине волны 364 нм. В качестве раствора сравнения использовать пробу с добавлением гликолевого реагента, приготовленного без хлорида бария.
3. Построить калибровочную кривую: в мерные колбы на 50 мл внести 0, 0,1, 0,2, 0,4, 0,6, 1,0, 1,4, 2,0 стандартного раствора сульфата калия (0,5 мг в 1 мл) и довести объем раствора до метки дистиллированной водой. Полученные растворы соответствуют концентрациям сульфат-иона 0, 1, 2, 4, 6, 10, 14, 20 мг/л. Отмерить по 5 мл из каждого раствора в мерные цилиндры на 10 мл и добавить по 1–2 капли разбавленной соляной кислоты (1:1) и 5 мл гликолевого реагента, пере-

- мешать и через 30 мин. измерить оптическую плотность полученных растворов. По этим значениям построить калибровочный график.
4. Содержание сульфатов определить по калибровочной кривой.
 5. Результаты исследования занести в таблицу:

Точка отбора проб	Метод определения массовой концентрации сульфат-иона		Фотометрическое определение сульфат-иона	
	прозрачность раствора	содержание SO_4^{2-} , мг/л	оптическая плотность раствора	содержание SO_4^{2-} , мг/л

6. Сделать выводы о содержании сульфат-ионов в пробах снега.

Работа № 11. Карбонат-ионы

Оборудование, реактивы: пипетки; пробирки; 10%-ный раствор соляной кислоты.

Материалы: пробы снега или талой воды.

Ход работы

1. К 5 мл талой воды пипеткой по каплям добавить несколько капель 10%-ного раствора соляной кислоты. Образующийся по реакции оксид углерода CO_2 выделяется в виде пузырьков. По интенсивности их выделения можно судить о более или менее значительном содержании карбонатов.
2. Результаты исследования занести в таблицу:

Точка отбора проб	Интенсивность выделения CO_2

3. Сделать выводы о содержании карбонат-ионов в пробах снега на территории города.

Работа № 12. Ионы железа

Оборудование, реактивы: концентрированная HCl, 10%-ный раствор роданистого аммония NH_4CNS или KCNS,

Материалы: пробы снега или талой воды.

Ход работы

1. К 5 мл талой воды добавить 1–2 капли концентрированной соляной кислоты и 5 капель 10%-ного раствора роданистого аммония NH_4CNS или KCNS.
2. Определить примерное содержание трехвалентного железа по цвету раствора в соответствии с таблицей.

Шкала оценки содержания ионов Fe_3^+

Цвет раствора	Концентрация Fe^{3+}
Отсутствие цвета	Менее 0,05
Едва заметный желтовато-розовый	0,05–0,1
Слабый желтовато-розовый	0,1–0,5
Желтовато-красный	0,5–1,0
Красный	1,1–3,0
Ярко-красный	3,1–10

Примечание: окрашивание, видимое при рассмотрении пробирки сверху вниз на белом фоне.

3. Результаты исследования занести в таблицу:

Точка отбора проб	Цвет раствора	Концентрация Fe^{3+}

4. Сделать вывод о содержании ионов Fe^{3+} в пробах снега на территории города.

Работа № 13. Ионы свинца

Иодид калия (KI) дает в растворе с ионами свинца характерный осадок иодида свинца PbI_2 .

Оборудование, реактивы: 1 н раствор KI; 6%-ная азотная кислота; пробирки; пипетки.

Материалы: пробы снега или талой воды.

Ход работы

1. К 1 мл талой воды прибавить 1 мл 1 н KI и 1 мл 6%-ного азотной кислоты. При наличии свинца выпадает желтый осадок.
2. Сделать вывод о содержании ионов свинца в пробах снега на территории города.

Работа № 14. Ионы меди

Оборудование, реактивы: фарфоровые чашки; водяная баня; пипетки; концентрированный раствор NH_3 .

Материалы: пробы снега или талой воды.

Ход работы

1. В фарфоровую чашку поместить 3–5 мл исследуемого талого снега, выпарить досуха.
2. Прибавить 1 каплю концентрированного раствора аммиака NH_3 . Появление интенсивно синего цвета свидетельствует о присутствии меди в снеге.
3. Сделать вывод о содержании ионов меди в пробах снега на территории города.

Работа № 15. Нитраты

Оборудование, реактивы: раствор дифениламина в серной кислоте; фарфоровые чашки; автоматические пипетки; 0,5%-ный раствор салицилата натрия; водяная баня; концентрированная H_2SO_4 ; стеклянные

палочки; дистиллированная вода; 10 н раствор гидроксида натрия; колба на 50 мл.

Материалы: пробы снега или талой воды.

Ход работы

а) Качественная реакция на нитраты

Налить в пробирку 2 мл талой воды и по каплям добавить раствор дифениламина в серной кислоте. При наличии нитратов раствор окрашивается в синий цвет.

б) Колориметрический метод определения нитратов

Данный метод основан на реакции нитратов с салицилатом натрия в присутствии серной кислоты с образованием соли нитросалициловой кислоты, окрашенной в желтый цвет.

1. В фарфоровую чашку поместить 10 мл исследуемой талой воды и добавить в нее 1 мл 0,5%-ного раствора салицилата натрия. Выпарить досуха.
2. Охладить и сухой остаток залить 1 мл концентрированной серной кислоты, тщательно перемешать содержимое чашки стеклянной палочкой и оставить на 10 мин.
3. Добавить в чашку 5–10 мл дистиллированной воды, перемешать и раствор перенести в мерную колбу объемом 50 мл.
4. В колбу добавить 7 мл 10 н раствора гидроксида натрия, довести объем дистиллированной водой до метки и перемешать. Через 10 мин. фотометрическим методом измерить оптическую плотность раствора (фиолетовый светофильтр).
5. Построить калибровочную кривую. В пробирки отобрать 0, 0,5, 1, 2, 4, 6, 10 мл стандартного раствора нитрата калия KNO_3 (в 1 мл раствора — 0,01 мг азота) и довести дистиллированной водой до 10 мл. Полученные растворы соответствуют содержанию нитратного азота: 0,5, 1, 2, 4, 6, 10 мг/л. Растворы перенести в фарфоровые чашки, добавить по 1 мл раствора салицилата натрия и выпаривать на водяной бане досуха. Сухой остаток обработать, как описано выше. Для построения калибровочного графика из полученных величин оптической плотности растворов вычесть оптическую плотность нулевой пробы, результаты нанести на график.
6. Содержание нитратов определить по калибровочному графику. Результаты исследования занести в таблицу:

Точка отбора проб	Фотометрическое определение нитратов	
	оптическая плотность раствора	содержание нитратов, мг/л

7. Сделать выводы о содержании нитратов в пробах снега.

Контрольные вопросы

1. Каким образом по степени загрязнения снежного покрова можно судить о степени загрязнения атмосферного воздуха?
2. Какие загрязнения снежного покрова следует ожидать в радиусе действия автотранспорта, теплоэлектростанций, предприятий черной и цветной металлургии, предприятий органического синтеза?
3. Почему необходимо рассчитывать результаты на 1 л талого снега?
4. Какие показатели характеризуют органолептические свойства талого снега?
5. По какому показателю можно судить о наличии кислотных оксидов в атмосфере?
6. Какие виды жесткости воды вы знаете? Как их определить?
7. Каковы характерные реакции на ионы хлора и сульфат-ионы?
8. Качественные реакции на нитрат- и карбонат-ионы?
9. Какие качественные реакции на катионы металлов вы знаете?
10. Охарактеризуйте колориметрический метод определения нитратов.

Библиографический список

1. Алексеев С.В., Груздева Н.В., Муравьев А.Г., Гущина Э.В. Практикум по экологии : учебное пособие. М., 1996. 192 с.
2. Афанасьев Ю.А., Фомин С.А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды : учебное пособие в 2-х ч. Ч. 1. М., 1998. 208 с.
3. Афанасьев Ю.А., Фомин С.А., Меньшиков В.В. и др. Мониторинг и методы контроля окружающей среды : учебное пособие в 2-х ч. Ч. 2. М., 1998. 337 с.
4. Ашихмина Т.Ю., Сюткин В.М. Комплексный экологический мониторинг региона. Киров, 1997. 228 с.
5. Беспямятнов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Л., 1985. 528 с.
6. Выполнение измерений концентрации пыли в воздухе рабочей зоны. Барнаул, 2001. 8 с.
7. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
8. ГОСТ 12.1.050-86 ССБТ Методы измерения шума на рабочих местах.
9. ГОСТ 31868-2012 Вода. Методы определения цветности.
10. ГОСТ Р 57164-2016 Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности.
11. Занько Н.Г., Ретнев В.М. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности : учебник для вузов. М., 2004. 288 с.
12. Карташов А.Г. Введение в экологию : учебное пособие. Томск, 1998. 384 с.
13. Кремлев Е.П. Лабораторный практикум по курсу «Экология». Гродно, 2002. 159 с.
14. Майорова Л.П., Тищенко В.П., Черенцова А.А. Защита атмосферы : практикум. Хабаровск, 2014. 115 с.
15. Небел Б. Наука об окружающей среде : в 2-х т. М., 1993. Т. 1–2. 420 с.
16. Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология : учебник для вузов. М., 2004. 624 с.

17. Оценка запыленности воздушной среды и воздействие пыли на организм человека : метод. указания / сост. Ф.М. Шакиров, С.С. Козий, Т.Б. Козий. Самара, 2009. 36 с.
18. Перегуд Е.А., Горелик Д.О. Инструментальные методы контроля загрязнения атмосферы. Л., 1981. 370 с.
19. Пивоваров Ю.П., Королик В.В., Зиневич Л.С. Гигиена и основы экологии человека : учебник для вузов. М., 2010. 528 с.
20. Руководство к лабораторным занятиям по гигиене и основам экологии человека / под ред. Ю.П Пивоварова. М., 2001. 432 с.
21. Смоленская Л.М., Рыбина С.Ю. Экология : лабораторный практикум. Белгород, 2013. 91 с.
22. Тарарина Л.Ф. Экологический практикум для студентов и школьников. М., 1997. 80 с.
23. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды : учебное пособие для вузов. М., 2001. 288 с.
24. Чеснокова С.М., Гришина Е.П. Практикум по экологическому мониторингу. Владимир, 2004. 144 с.
25. Экологический мониторинг атмосферы : практикум / сост. Е.Н. Калюкова. Ульяновск, 2015. 131 с.
26. Экологический практикум : учебное пособие с комплектом карт-инструкций / под ред. А.Г. Муравьева. СПб., 2003. 176 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ПДК некоторых загрязняющих веществ
в атмосферном воздухе населенных мест, мг/м³
(ГН 2.1.6.3492-17)

Вещества	ПДКм.р.	ПДКс.с.	Класс опасности
1	2	3	4
Азота диоксид	0,085	0,04	2
Азота оксид	0,6	0,06	3
Акролеин	0,03	0,03	2
Альдегид масляный	0,015	0,015	3
Аммиак	0,2	0,04	4
Ангидрид уксусный	0,1	0,03	3
Анилин	0,05	0,03	2
Ацетальдегид	0,01	0,01	3
Ацетон	0,35	0,35	4
Бенз(а)пирен	–	0,00001	1
Бензин	5	1,5	4
Бензол	1,5	0,1	2
Бутан	200	–	4
Взвешенные вещества (пыль)	0,5	0,15	3
Диметиламин	0,005	0,005	2
Дихлорэтан	3	1	2
Диэтиламин	0,05	0,05	4
Диэтиловый эфир	1	0,6	4
Железа сульфат (в пересч. на Fe)	–	0,007	3
Железа хлорид (в пересч. на Fe)	–	0,004	2
Йод	–	0,03	2
Кадмия оксид (в пересчете на Cd)	–	0,001	2
Кислота азотная по молекуле HNO ₃	0,4	0,15	2
Кислота серная по молекуле H ₂ SO ₄	0,3	0,1	2
Кислота уксусная	0,2	0,06	3

Вещества	ПДКм.р.	ПДКс.с.	Класс опасности
1	2	3	4
Кобальт металлический	–	0,001	1
Ксилол	0,2	0,2	3
Магния оксид	0,4	0,05	3
Марганец и его соединения (в пересчете на оксид марганца)	0,01	0,001	2
Мышьяк, неорганические соединения	–	0,003	2
Никель металлический	–	0,001	2
Нитробензол	0,008	0,008	2
Озон	0,16	0,03	1
Растворитель мебельный	0,09	0,09	3
Сероводород	0,008	–	2
Ртуть металлическая	–	0,0003	1
Сажа	0,15	0,05	3
Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца (в пересчете на свинец)	–	0,0003	1
Сероуглерод	0,03	0,005	2
Серы диоксид	0,5	0,05	3
Спирт метиловый	1	0,5	3
Спирт этиловый	5	5	4
Стирол	0,04	0,002	2
Толуол	0,6	0,6	3
Трихлорметан (хлороформ)	–	0,03	2
Углерода оксид	5	3	4
Фенол	0,01	0,003	2
Формальдегид	0,035	0,003	2
Фтористые соединения (в пересчете на фтор)	0,02	0,005	2
Хлор	0,1	0,03	2
Хлорбензол	0,1	0,1	3
Хлороводород	0,2	0,2	2
Циклогексан	1,4	1,4	4

Вещества	ПДКм.р.	ПДКс.с.	Класс опасности
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Этилбензол	0,02	0,02	3
Этилен	3	3	3
Этиленамин	0,001	0,001	1

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Вещества, обладающие эффектом суммации
(ГН 2.1.6.3492-17)

№	Наименование веществ
1	Акриловая и метакриловая кислоты
2	Аммиак, сероводород
3	Аммиак, сероводород, формальдегид
4	Азота диоксид и оксид, мазутная зола, серы диоксид
5	Азота диоксид, гексан, углерода оксид, формальдегид
6	Ацетальдегид, винилацетат
7	Ацетон, акролеин, фталевый ангидрид
8	Ацетон, фенол
9	Ацетон, фурфурол, формальдегид и фенол
10	Бензол и ацетофенон
11	Валериановая, капроновая и масляная кислоты
12	Вольфрамовый и сернистый ангидриды
13	Гексахлоран и фозалон
14	Изопропилбензол и гидроперекись изопропилбензола
15	Мышьяковистый ангидрид и свинца ацетат
16	Мышьяковистый ангидрид и германий
17	Озон, двуокись азота и формальдегид
18	Пропионовая кислота и пропионовый альдегид
19	Свинца оксид, серы диоксид
20	Сероводород, формальдегид
21	Сернокислые медь, кобальт, никель, серы диоксид
22	Серы диоксид, углерода оксид, фенол и пыль
23	Серы диоксид, фенол
24	Серы диоксид, фтористый водород
25	Серы диоксид и трехокись серы, аммиак и окислы азота
26	Сильные минеральные кислоты (H_2SO_4 , HCl , HNO_3)
27	Углерода оксид и пыль цементного производства

№	Наименование веществ
28	Уксусная кислота, фенол, этилацетат
29	Фурфурол, метиловый и этиловый спирты
30	Циклогексан и бензол
31	Этилен, пропилен, бутилен и амилен

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Предельно допустимые концентрации
некоторых загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны
(ГОСТ 12.1.005-88)

Вещества	Агрегатное состояние	Класс опасности	ПДКм.р., мг/м ³
Азота окислы (в пересчете на NO ₂)	п	2	5
Акролеин	п	2	0,2
Альдегид масляный	п	3	5
Амины алифатические первичные (C7–C9)	п	2	1
Амины алифатические высшие (C15–C19)	п+а	2	1
Аммиак	п	4	20
Ангидрид серный	а	2	1
Ангидрид сернистый	п	3	10
Ангидрид хромовый	п	1	0,1
Анилин	п	2	0,1
Барий углекислый	а	1	0,5
Бензин — растворитель (в пересчете на С)	п	4	300
Бензин топливный (в пересчете на С)	п	4	100
Бензол+	п	2	5
3,4-Бензпирен	а	1	0,00015
Дивинил (1,3 бутадиен)	п	4	100
Керосин (в пересчете на С)	п	4	300
Кислота серная	а	2	1
Кислота соляная	п	2	5
Кислота уксусная	п	3	5
Ксилол	а	3	50
Масла минеральные (нефтяные)	а	3	5
Медь металлическая	а	2	1–0,5

Вещества	Агрегатное состояние	Класс опасности	ПДКм.р., мг/м ³
Метилмеркаптан	п	2	0,8
Нафталин	п	4	20
Озон	п	1	0,1
Ртуть металлическая	п	1	0,01–0,005
Ртуть двухлористая (сулема)	а	1	0,1
Свинец и его неорганические соединения	а	1	0,01–0,007
Сероводород	п	2	10
Сероуглерод	п	2	1
Синильная кислота соли (в пересчете на HCN)	п	2	0,3
Сольвент-нафта (в пересчете на С)	п	4	100
Спирт метиловый	п	3	5
Спирт этиловый	п	4	1000
Уайт-спирит (в пересчете на С)	п	4	300
Углерода окись	п	4	20
Углерод четыреххлористый	п	2	20
Фенол	п	2	0,3
Формальдегид	п	2	0,5
Фосфористый водород	п	1	0,1
Фтористый водород	п	2	0,5
Хлор	п	2	1
Хлористый водород	п	2	5
Хлоропрен	п	1	0,05

Примечание: п — пары и (или) газы, а — аэрозоли, п+а — смесь паров и аэрозоля.

Содержание

Глава 1. Оценка экологического состояния воздушной среды.....	3
1.1. Химический состав атмосферы.....	3
1.2. Виды атмосферных загрязнений и источники загрязнения воздуха.....	5
1.3. Регламентация качества атмосферного воздуха.....	6
1.4. Отбор проб атмосферного воздуха.....	8
Глава 2. Оценка загрязнения воздуха	13
Работа № 1. Запыленность.....	13
Работа № 2. Диоксид серы.....	17
Работа № 3. Сероводород.....	21
Работа № 4. Диоксид азота.....	24
Работа № 5. Углекислый газ.....	28
Работа № 6. Окись углерода.....	32
Работа № 7. Кислород.....	35
Работа № 8. Фенол.....	38
Работа № 9. Аммиак.....	40
Работа № 10. Формальдегид.....	41
Работа № 11. Отработанные газы автотранспорта (по концентрации СО).....	45
Работа № 12. Уровень шума.....	50
Глава 3. Оценка качества атмосферного воздуха по степени загрязнения снежного покрова	54
Работа № 1. Запах.....	55
Работа № 2. Мутность.....	57

Работа № 3. Цветность.....	58
Работа № 4. Кислотность.....	59
Работа № 5. Запыленность.....	60
Работа № 6. Сухой остаток.....	61
Работа № 7. Органические вещества.....	62
Работа № 8. Жесткость.....	63
Работа № 9. Хлорид-ионы.....	64
Работа № 10. Сульфат-ионы.....	65
Работа № 11. Карбонат-ионы.....	67
Работа № 12. Ионы железа.....	68
Работа № 13. Ионы свинца.....	69
Работа № 14. Ионы меди.....	69
Работа № 15. Нитраты.....	69

Библиографический список.....	72
--------------------------------------	-----------

Приложения.....	74
------------------------	-----------

Учебное издание

Шарлаева Елена Анатольевна
Бобина Инна Викторовна
Соколова Галина Геннадьевна
Яковлев Роман Викторович

БОЛЬШОЙ ПРАКТИКУМ ПО ЭКОЛОГИИ

ЧАСТЬ 3.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Учебное пособие

Редактор Т.Б. Беломестнова
Подготовка оригинал-макета, оформление обложки: Ю.В. Плетнева

Издательская лицензия ЛР 020261 от 14.01.1997.

Подписано в печать 18.12.2019
Формат 60x80/16. Бумага офсетная.
Усл.-печ. л. 4,88. Тираж 100 экз. Заказ 603.

Типография Алтайского государственного университета
656049 Барнаул, ул. Дёповская, 66