

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра экологии и природопользования

А. А. Шайхутдинова

АТМОСФЕРА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ. МЕТОДЫ АНАЛИЗА И ОЧИСТКИ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 05.03.06 Экология и природопользование и 20.03.01 Техносферная безопасность

Оренбург
2019

УДК 502.3(076.5)
ББК 20.18я7
Ш17

Рецензент – кандидат сельскохозяйственных наук М. А. Коваль

- Ш17 **Шайхутдинова, А. А.**
Атмосфера промышленного предприятия. Методы анализа и очистки : методические указания/ А. А. Шайхутдинова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2019.

Методические указания состоят из 7 лабораторных работ по методам анализа атмосферы промышленного предприятия. Каждая работа включает цель, материалы и оборудование, теоретическое изложение материала, описание методики проведения опытов и контрольные вопросы для самоподготовки.

Методические указания предназначены для проведения лабораторных работ и организации самостоятельной работы по дисциплине «Атмосфера промышленного предприятия. Методы анализа и очистки» для обучающихся по образовательным программам высшего образования направлений подготовки 05.03.06 Экология и природопользование и 20.03.01 Техносферная безопасность.

УДК 502.3(076.5)
ББК 20.18я7

© Шайхутдинова А. А., 2019
© ОГУ, 2019

Содержание

Введение.....	4
1 Лабораторная работа «Биоиндикация состояния атмосферного воздуха по хвое сосны обыкновенной».....	5
2 Лабораторная работа «Экспресс-методы оценки токсичности снежного покрова вблизи источников загрязнения атмосферного воздуха с помощью биотестов».....	14
3 Лабораторная работа «Учет численности микроорганизмов в воздухе».....	18
4 Лабораторная работа «Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха по качеству пыльцы одуванчика лекарственного».....	23
5 Лабораторная работа «Оценка степени загрязнения воздуха по рН коры березы повислой».....	28
6 Лабораторная работа «Оценка экологической ситуации и безопасности территории по критериям аэрогенной нагрузки».....	31
7 Лабораторная работа «Радиационная безопасность. Экологические последствия радиации, меры безопасности и оценка радиационной безопасности территории».....	37
Список рекомендованных источников	46
Приложение А	47

Введение

В настоящее время в атмосферный воздух поступает значительное количество различных загрязняющих веществ антропогенного происхождения.

Большая часть загрязняющих веществ с осадками в виде дождя и снега из атмосферы попадают в воду и почву, вызывая изменения химического состава. Наибольшей самоочищающей способностью обладают атмосферный воздух и водная среда. В почве быстрого самоочищения не происходит и токсичные вещества накапливаются и приводят к изменению состава, что соответственно вызывает изменения в растительном и животном мире и, в конечном итоге, оказывает влияние на жизнедеятельность человека. Загрязнение атмосферы вредными веществами вызывает множество неизлечимых заболеваний, являющихся характерной особенностью современного общества.

Одним из основных источников выбросов в атмосферу являются промышленные предприятия. Атмосфера вокруг них особенно загрязнена. Многие промышленные предприятия расположены в черте города, вокруг них проживают люди. В связи с этим есть необходимость контролировать содержание вредных примесей в атмосфере, а также изучать закономерности их распространения.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Атмосфера промышленного предприятия. Методы анализа и очистки» и составлены для студентов, обучающихся по программам высшего образования по направлениям подготовки 05.03.06 Экология и природопользование и 20.03.01 Техносферная безопасность.

1 Лабораторная работа «Биоиндикация состояния атмосферного воздуха по хвое сосны обыкновенной»

Цель работы: овладеть навыками оценки газодымового загрязнения воздушной среды по состоянию хвои сосны обыкновенной.

Материалы и оборудование: лупа; пинцет; линейка; образцы хвои.

Основные положения. Для определения содержания вредных веществ в среде обитания огромное значение имеет биоиндикация состояния окружающей среды.

Биоиндикация – обнаружение и определение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ. Живые организмы, по наличию, состоянию и поведению которых можно судить об изменении в окружающей среде, называются биоиндикаторами.

Биоиндикация является составной частью биологического мониторинга – системы наблюдения и контроля за состоянием окружающей среды на определенной территории с целью рационального использования природных ресурсов и охраны природы.

Физические и химические методы дают качественные и количественные характеристики фактора, но лишь косвенно судят о его биологическом действии. Биоиндикация, наоборот, позволяет получить информацию о биологических последствиях изменения среды и сделать лишь косвенные выводы об особенностях самого фактора. Таким образом, при оценке состояния среды желательно сочетать физико-химические методы с биологическими.

Актуальность биоиндикации обусловлена также простотой, скоростью и дешевизной определения качества среды. Существует два основных метода биоиндикации: пассивный и активный.

В первом случае исследуют видимые или незаметные повреждения и отклонения от нормы, являющиеся признаками неблагоприятного воздействия, во втором используют ответную реакцию наиболее чувствительных к данному фактору организмов – биотестирование.

Под биотестированием обычно понимают процедуру установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов. К чувствительным биоиндикаторам относятся лишайники, мхи, почвенные и водные микроорганизмы (водоросли, бактерии, микрогрибы). В роли биоиндикаторов могут быть использованы пыльца растений, хвоя сосны обыкновенной и др. Среди животных также выделяются группы организмов, положительно или отрицательно реагирующие на различные формы антропогенной трансформации среды (ракообразные, хирономиды, моллюски, личинки ручейников, поденок, веснянок и др.). При этом используемые виды биоиндикаторы должны удовлетворять следующим требованиям:

- это должны быть виды характерные для природной зоны, где располагается данный объект;
- организмы-мониторы должны быть распространены на всей изучаемой территории повсеместно;
- они должны иметь четко выраженную количественную и качественную реакцию на отклонение свойств среды обитания от экологической нормы;

- биология данных видов-индикаторов должна быть хорошо изучена.

С помощью биоиндикаторов принципиально возможно:

- обнаруживать места скоплений в экологических системах различного рода загрязнений;
- проследить скорость происходящих в окружающей среде изменений;

- только по биоиндикаторам можно судить о степени вредности тех или иных веществ для живой природы;
- прогнозировать дальнейшее развитие экосистемы.

Преимуществом методов биоиндикации и биотестирования перед физико-химическими методами является интегральный характер ответных реакций организмов, которые:

- суммируют все без исключения биологически важные данные об окружающей среде и отражают ее состояние в целом;
- выявляют наличие в окружающей природной среде комплекса загрязнителей;
- в условиях хронической антропогенной нагрузки биоиндикаторы могут реагировать на очень слабые воздействия в силу аккумуляции дозы;
- фиксируют скорость происходящих в окружающей среде изменений;
- указывают пути и места скоплений различного рода загрязнений в экологических системах и возможные пути попадания этих веществ в организм человека.

Особую значимость имеет то обстоятельство, что биоиндикаторы отражают степень опасности соответствующего состояния окружающей среды для всех живых организмов, в том числе и для человека. Подчеркивая всю важность биоиндикационных методов исследования, необходимо отметить, что биоиндикация предусматривает выявление уже состоявшегося или происходящего загрязнения окружающей среды по функциональным характеристикам особей и экологическим характеристикам сообществ организмов. Но, отражая степень негативного воздействия в целом, биоиндикация не объясняет, какими именно факторами оно создано. Наиболее эффективно оценка окружающей среды может производиться в сочетании абиотических и биотических параметров. Это прием все шире входит в практику. Особенностью экологического мониторинга является то, что эффекты воздействия на экосистемы, малозаметные при изучении отдельных

организмов, выявляются при рассмотрении системы в целом. Под действием загрязнителей происходит подавление репродуктивности сосны. Число шишек на дереве снижается, уменьшается число нормально развитых семян в шишках. Биоиндикатором загрязненности атмосферы может служить ежегодный прирост деревьев на высоте, который на загрязненных участках может быть на 20 % – 60 % ниже, чем на контрольных. Информативной по техногенному загрязнению является продолжительность жизни хвои (от 1 до 5 и более лет).

Под влиянием ухудшения качества атмосферного воздуха у отдельных особей или групп некоторых растений отмечаются различные изменения: необычная окраска листвы, опадение листвы, изменение формы роста, плотности популяции, ареала вида и т. д. Наблюдая эти изменения, можно констатировать избыточное присутствие в атмосфере какого-либо газа.

Сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*) относится к древесным голосеменным вечнозеленым растениям. Растения отличаются по строению листьев: листья-иглы существуют до пяти лет и опадают ежегодно только частично, поэтому дерево кажется вечнозеленым. Древесина растений заполняет почти всю массу ствола, сердцевина у них развита слабо и кора очень тонкая. Считается, что для условий лесной полосы России наиболее чувствительны к загрязнению воздуха сосновые леса. По мнению В. И. Артамонова индикатором загрязненности атмосферы может служить сосна обыкновенная. Это обуславливает выбор сосны как важнейшего индикатора антропогенного влияния, принимаемого в настоящее время за «эталон биодиагностики».

Отрицательно воздействуют на растения практически все выбросы, но особенно: оксиды серы, частицы тяжелых металлов, соединения фтора, фотохимическое загрязнение, углеводороды, оксид углерода, содержащийся в выхлопных газах автомобилей. Растения рано стареют, редет и уродуется их крона, преждевременно желтеет и опадает хвоя. К примеру, в нормальных условиях хвоя сосны опадает через 3 – 5 лет, а поблизости от источников загрязнения атмосферы – значительно раньше. Особенно чутко реагирует сосна

на загрязнения сернистым газом. Под влиянием токсиканта хвоя сосны в зонах сильного загрязнения приобретает темно-красную окраску, затем отмирает и опадает, просуществовав всего год. Периодическое воздействие оксидов азота и серы вызывает у сосны обыкновенной опадание хвои, которая сохраняется лишь на побегах последнего года.

Если сосновые иголки без пятен, воздух считают идеально чистым; если хвоинки с редкими мелкими пятнами, воздух чистый. Если имеются хвоинки с частыми мелкими пятнами, можно говорить о загрязненном воздухе, а при наличии желтых и черных пятен – об опасно грязном воздухе. Когда максимальный возраст хвои не превышает одного года и хвоинки все в многочисленных пятнах, можно говорить уже об очень грязном, вредном для здоровья воздухе. Под влиянием токсиканта у сосны происходят следующие изменения: уменьшение продолжительности жизни хвои; отмирание побегов; появление некрозов (омертвление тканей); изреживание кроны; уменьшение ширины годичных колец.

Хвоепад (листопад) у сосны происходит осенью. Зеленые хвоинки располагаются на прошлогодних и побегах этого года, а желтые на более старых, которым уже более 3 лет. Также у сосны происходит изреживание кроны, появляется много сухих веток, покрытых редкой короткой хвоей. Сернистый газ поглощается растением через устьица, растворяется в жидкой фазе клеток (цитоплазме) и вызывает отравление живых тканей. Скорость поступления фитотоксиканта сильно зависит от влажности воздуха и насыщенности листьев водой. Увлажненные хвоинки поглощают сернистый газ в несколько раз больше, чем сухие. Растение интенсивно накапливает в тканях серу. Молодые хвоинки (молодые деревья) активнее поглощают сернистый газ, чем старые. Поэтому возраст сосновой хвои указывает на степень загрязнения. При концентрации сернистого газа 1 : 1000000 хвоя сосны опадает. Фотосинтез полностью прекращается. Появление некрозов (омертвление тканей) чаще проявляется на хвоинках сосны под влиянием загрязняющих веществ. Различают следующие виды некрозов:

- краевой некроз (по краям хвоинки);
- срединный некроз;
- точечный – отмирание тканей листа в виде пятен, рассыпанных по всей поверхности хвоинки.

Изреживание кроны происходит в результате обесхвоенности (дефолиации), когда воздействие загрязняющих веществ (в том числе и сернистый газ) приводит к разрушению верхней части дерева.

Шкала оценки повреждения хвои (см. рисунок 1.1):

- 1 Хвоинки не имеют пятен.
- 2 Хвоинки имеют немногочисленные пятна.
- 3 На хвоинках большое количество желтых и черных пятен, в том числе во всю ширину хвоинки.

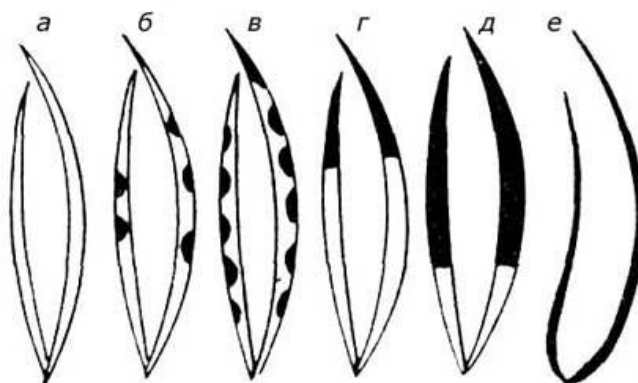


Рисунок 1.1 – Виды повреждения и усыхания хвои: а – хвоя без пятен (КП1), нет сухих участков (КУ1); б – хвоя с небольшим числом мелких пятен (КП2), нет сухих участков (КУ1); в – хвоя с большим числом черных и желтых пятен (КП3), усох кончик 2 – 5 мм (КУ2); г – усохла треть хвои (КУ3); д – усохла более половины длины хвои (КУ4); е – вся хвоя желтая и сухая (КУ4); КП – класс повреждения (некрозы); КУ – класс усыхания хвои.

Шкала оценки усыхания хвои (см. рисунок 1.1):

- 1 Сухие участки отсутствуют.

2 Кончики усохли на 2 – 5 мм (светлый шипик на конце хвоинки не учитывается).

3 Усохла треть хвоинки.

4 Усохло более половины хвоинки или вся желтая.

Ход работы:

При обследовании повреждений хвои основными параметрами являются некрозы и длина хвоинок. В точке обследования необходимо отобрать молодые деревья примерно одинакового возраста, произрастающие на открытом месте (обочине, опушке леса). Из них отобрать 5 деревьев и с каждого дерева взять по 20 хвоинок.

Определяется класс повреждения и усыхания по рисунку 1.1. Данные заносятся в таблицы 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 – Определение класса повреждения хвои

Класс повреждения хвои	1		2		3	
Номер дерева	Хвоинки без пятен КП-1		Хвоинки с небольшим числом пятен КП-2		Хвоинки с большим числом черных и желтых пятен, некоторые из них крупные, во всю ширину хвоинки КП-3	
	шт	%	шт	%	шт	%
1						
2						
3						
4						
5						
Улица ...						

Вывод: ____ % хвоинок – без пятен, на ____ % небольшое число мелких пятен желтого цвета, у ____ % много пятен по всей длине. Таким образом, доминирует ____ класс повреждения хвои.

Таблица 1.2 – Определение класса усыхания хвои

Класс усыхания хвои	1		2		3		4	
Номер дерева	У хвоинки нет сухих участков КУ-1		Усох кончик хвоинки на 2 – 5 мм КУ-2		Усохла треть хвоинки КУ-3		Вся хвоинка желтая или более половины ее длины сухая КУ-4	
	шт	%	шт	%	шт	%	шт	%
1								
2								
3								
4								
5								
Улица ...								

Вывод: ____ % хвоинок отсутствуют сухие участки, у ____ % усох кончик хвоинки, у ____ % усохла треть хвоинки, ____ % хвоинок – полностью сухие. Таким образом, доминирует ____ класс повреждения хвои.

Для сравнения морфологических признаков проводятся измерения хвоинок на побегах при помощи линейки: длина и ширина хвоинки. Полученные данные сводятся в таблицу 1.3.

Таблица 1.3 – Состояние хвои сосны обыкновенной на улице ...

Номер дерева	Длина хвоинки, мм			Ширина средняя, мм	Общая площадь средняя, мм ²
	max	min	средняя		
1					
2					
3					
4					
5					
Улица ...					

Величина полусферической и общей поверхности хвои имеет огромное значение для фотосинтеза у растений. Расчет полусферической стороны хвои и общей поверхности хвоинки проводится соответственно по формулам:

$$\text{Tan}_{\text{пл}} = \pi r L \quad (1.1)$$

$$\text{Tan}_{\text{оп}} = \pi r L + (2r) \cdot L \quad (1.2)$$

где r – $\frac{1}{2}$ ширины плоской части хвоинки;

L – длина хвоинки.

Данные исследований разных участков сводятся в таблицу 1.4. Сделать выводы о качестве атмосферного воздуха на различных участках.

Таблица 1.4 – Результаты исследования состояния хвои сосны обыкновенной на разных участках

Участок	Количество хвои	Длина средняя, мм	Ширина средняя, мм	Общая площадь средняя, мм ²
Контроль				

Контрольные вопросы:

- 1 Что такое хлороз, некроз, дефолиация? В чем причина таких изменений?
- 2 Обнаружены ли в паре такие повреждения? Где их больше вдали или на обочине дороги? Почему?
- 3 Какого возраста сосны произрастают в парке? Предположите, какое они имеют происхождение (естественное или искусственное)?
- 4 Для уменьшения загрязнения парка выгоднее высаживать вечнозеленые или листопадные породы?

2 Лабораторная работа «Экспресс-методы оценки токсичности снежного покрова вблизи источников загрязнения атмосферного воздуха с помощью биотестов»

Цель работы: овладеть навыками оценки качества снежного покрова с помощью тест-организмов.

Материалы и оборудование: чашки Петри; семена кресс-салата; фильтровальная бумага; пипетки на 10 мл; термостат; спирт этиловый 95 %; стерильная вата; образцы снежного покрова.

Основные положения. Биотестирование – процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов. Благодаря простоте, оперативности и доступности биотестирование получило широкое признание во всем мире и его используют наряду с методами аналитической химии.

Тест-объекты – это биоиндикаторы (растения и животные), которых используют для оценки качества воздуха, воды или почвы в лабораторных опытах.

Всхожесть – количество нормально проросших семян, выраженное в процентах к пробе, взятой для анализа. К нормально проросшим относятся семена, которые имеют корешок не менее длины семени и росток не менее половины длины семени (рожь, пшеница). Всхожесть бывает лабораторная (нормируется стандартом) и полевая.

Лабораторная всхожесть определяется после проращивания семян в течение 7 – 8 суток в термостате в специальных растильнях, заполненных увлажненным прокаленным песком, или чашках Петри, дно которых

простилают увлажненной фильтровальной бумагой, при температуре от 20 °С до 22 °С.

Полевая всхожесть – это количество появившихся всходов, выраженное в процентах к числу высеванных всхожих семян. Так как в поле невозможно создать оптимальные условия, как в лаборатории, то полевая всхожесть обычно ниже лабораторной. В среднем полевая всхожесть составляет для зерновых 60 % – 70 %, свеклы – 35 % – 73 %, многолетних трав – 36 % – 60 %.

Энергия прорастания – это процент проросших семян за определенный срок (3 – 4 суток). Определяется практически одновременно со всхожестью. Характеризует способность семян давать в полевых условиях дружные и ровные всходы, а значит, хорошую выровненность и выживаемость растений. Разницу между энергией прорастания и всхожестью называют показателем зрелости семян (разница до 10 % – семена созревшие, больше 10 % – физиологически незрелые).

Энергия прорастания семян дикорастущих и культурных растений зависит от качества воды.

В лабораторном биотестировании для оценки загрязнения снежного покрова используется тест-объект – семена кресс-салата (*Lepidium sativum*), обладающего высокой чувствительностью к химическим веществам.

Биотест основан на определении всхожести – количества проросших семян в исследуемой воде (образцы снежного покрова) по сравнению с прорастанием семян в дистиллированной воде, которое составляет точно 50 %. По результатам биотестирования вычисляются количественные показатели качества снежного покрова: всхожесть семян кресс-салата и индекс токсичности воды.

В качестве биотестов можно использовать семена любого культурного растения: гороха, капусты, томатов, ржи, овса и др.

Кресс-салатный тест легко выполнить в течение одних суток, отличается большой точностью и сходимостью с индексом токсичности воды,

определяемым с использованием чувствительного тест-объекта инфузории (*Paramecium caudatum*) по методу А. В. Пожарова (1995).

Критерии оценки степени загрязнения снежного покрова представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Показатели и критерии загрязнения снежного покрова

Показатели	Степень загрязнения			
	загрязнение отсутствует	слабое загрязнение	среднее загрязнение	сильное загрязнение
Всхожесть, %	90 – 100	65 – 90	30 – 65	< 30
Индекс токсичности	< 0,1	0,1 – 0,35	0,36 – 0,7	> 0,71

Ход работы:

1 В чашки Петри поместите два слоя фильтровальной бумаги. В опытных чашках бумагу смочите 7 мл исследуемой воды, а в контрольных чашках – 7 мл дистиллированной воды.

2 Чашки прикройте крышками и поместите на одни сутки в термостат при 27 °С.

3 Определите всхожесть семян кресс-салата в опытных чашках. При этом надо стремиться, чтобы подсчет всхожести совпал по времени, когда семена в контрольных чашках прорастут точно на 50 % (в момент, когда активность процессов прорастания достигает максимальной скорости и чувствительности к химическим веществам). Проросшим считается семя, у которого корешок прорвал семенную оболочку. Подсчет всхожести не должен занимать более 15 минут, т. к. семена кресс-салата прорастают очень быстро.

4 Вычислите среднюю всхожесть семян кресс-салата и выразите в процентах к соответствующей всхожести на дистиллированной воде, чистота которой принимается за 100 %. Такая величина контроля позволяет выявить не только тормозящий, но и стимулирующий эффект, унифицировать результаты и сравнить между собой данные различных опытов.

5 Для количественного выражения токсического действия воды на

всхожесть семян вычислите индекс токсичности по формуле 1:

$$J = \frac{B_{\text{контроль}} - B_{\text{опыт}}}{B_{\text{контроль}}} \quad (2.1)$$

где J – индекс токсичности;

$B_{\text{контроль}}$ – всхожесть семян в контроле, %;

$B_{\text{опыт}}$ – всхожесть семян в опытном варианте, %.

6 Постройте диаграмму (в виде вертикальных столбцов), показывающую отношения между непрерывной зависимой переменной (всхожестью семян кресс-салата) и нечисловой независимой переменной (образцы снежного покрова на различном расстоянии от дорожного полотна или санитарно-защитной зоны предприятия). Чем выше всхожесть семян (при контроле – 50 %), тем меньше в исследуемой воде токсических веществ, при 100 % их нет или действие маскируется.

7 После вычисления средней всхожести семян и индекса токсичности определите степень загрязнения природной воды по таблице 2.1 «Показатели и критерии загрязнения воды».

8 При высоком значении степени загрязнения и токсичности талой воды необходимо выявить их причины, возможности ликвидации причин и последствий загрязнения, поскольку биотестирование является интегральным экспресс-методом.

Контрольные вопросы:

- 1 Дайте определение понятию биотестирование.
- 2 Дайте определение понятию тест-объект.
- 3 Дайте определение понятию энергия прорастания семян.
- 4 Какие живые организмы применяются в качестве тест-объектов?

3 Лабораторная работа «Учет численности микроорганизмов в воздухе»

Цель работы: овладеть методикой учета микрофлоры воздуха и определить общее количество микроорганизмов в 1 м³ воздуха, а также произвести сравнение количества микроорганизмов в воздухе помещений.

Материалы и оборудование: чашки Петри; стеклянные палочки; пипетки на 10 мл; стерильная вата; спирт этиловый 95 %; мясопептонный агар; плитка; стеклянный стакан; термометр; колбы на 250 мл; весы.

Общие положения. В атмосферном воздухе содержится большое количество микробов – почвенные сапрофиты, попадающие в воздух с мельчайшими частицами почвы. Среди них находятся спорообразующие бациллы, пигментные бактерии, грибы и дрожжи. Чем выше концентрация в воздухе пыли, дыма, копоти, тем больше микробов. Каждая частица пыли обладает способностью адсорбировать на своей поверхности множество микроорганизмов. В 1 г пыли содержится до 1 млн бактерий. Воздух является неблагоприятной средой для микробов. Отсутствие питательных веществ, влаги, оптимальной температуры, губительное действие ультрафиолетовых лучей и высыхание не создают условий для сохранения микроорганизмов и большая часть их погибает. Однако и сравнительно короткое пребывание бактерий в воздухе бывает вполне достаточно, чтобы обеспечить передачу микробов от больных людей здоровым и вызвать эпидемию, например, гриппа.

В воздухе закрытых помещений обнаруживаются микроорганизмы, выделяющиеся постоянно со слизистых оболочек верхних дыхательных путей человека. От больных людей, наряду с условно патогенными микроорганизмами, например, стафилококками и зелеными стрептококками,

выделяются в окружающую среду патогенные микробы (возбудители дифтерии, коклюша, туберкулеза и других).

Количество микроорганизмов в рабочих помещениях и жилых зданиях находится в тесной связи с санитарно-гигиеническим режимом. При скоплении людей, плохой вентиляции, слабом естественном освещении, неправильной уборке помещений количество микробов увеличивается. Сухая уборка, редкое мытье полов, использование грязных тряпок и щеток, сушка их в том же помещении создают благоприятные условия для накопления в воздухе микроорганизмов. Микробы могут распространяться токами воздуха, воздушно-пылевым и воздушно-капельным путем. При чихании, кашле, разговоре больной человек выбрасывает в окружающую среду на расстояние 1 – 1,5 м и более, вместе с каплями слизи, мокроты, патогенные бактерии.

Лабораторное исследование воздуха проводят с целью определения количественного и качественного состава находящейся в нем микрофлоры. Этот показатель зависит, с одной стороны, от источника его заражения, с другой стороны, от тех условий, которые ведут к накоплению пыли и способствуют поступлению ее вместе с микрофлорой в воздух.

Методы учета воздушной микрофлоры. Воздух помещений содержит преимущественно витающую пыль, атмосферный же воздух, то есть воздух улиц, кроме витающей пыли в значительной степени обогащен оседающей пылью. Поэтому при изучении микрофлоры помещений пользуются аспирационными методами, при которых улавливают мелкие частицы витающей пыли и находящиеся на них и в воздухе микробы; при изучении же атмосферного воздуха приходится учитывать, как витающую микрофлору, так и микрофлору, оседающую вместе с пылью. Для исследования микрофлоры помещений и атмосферного воздуха чаще всего пользуются аппаратом Кротова. Одновременно с этим пользуются методом Коха, который дает возможность составить представление не об абсолютном содержании микроорганизмов в воздухе, а лишь об относительном: он дает возможность судить о степени загрязненности воздуха микрофлорой, оседающей с пылью.

Нормативов по оценке бактериальной загрязненности воздуха в настоящее время нет. В Арктике при 70°с.ш. в 1 м³ воздуха содержится от одной до 10 клеток. Морской воздух в таком же объеме содержит одну – две клетки, воздух городского парка – 200, улицы в городе – 5000, жилое помещение – 20000, скотный двор – 1 – 2 млн. бактерий.

Метод Ю. А. Кротова. Улавливание микроорганизмов при этом методе производится с помощью прибора, сконструированного автором. Его работа основана на просасывании воздуха с определенной скоростью с помощью вентилятора через клиновидную щель, находящуюся над чашкой Петри. При обычных анализах общего обсеменения 50 л воздуха пропускают в течение 2 мин. Таким образом за час можно засеять около 25 чашек. При большом заражении воздуха экспозицию сокращают до 1 мин, так как на чашке не должно быть более 300 колоний. При использовании элективных сред пропускают по 350 – 300 л воздуха. Засеянные чашки ставят в термостат на проращивание и количество выросших колоний учитывают обычными методами.

Метод осаждения Р. Коха. Это самый простой метод для суждения о зараженности воздуха микроорганизмами, однако он дает лишь ориентировочное представление о содержании микрофлоры в воздухе. С его помощью можно учесть микрофлору тяжелой оседающей пыли, которая не захватывается воздушными токами, создаваемыми аппаратом Кротова, и которая не учитывается другими аспирационными методами. Для суждения о степени загрязненности воздуха по методу Коха чашки Петри со стерильными пластинками питательного агара в зависимости от предполагаемого загрязнения оставляют на некоторое время открытыми, обычно на 20 мин, в чистом воздухе примерно на 1 ч, а в грязном – на 5 – 10 мин. После экспозиции чашки закрывают и оставляют на сутки в термостате при 37 °С, что дает возможность развиваться бактериальной микрофлоре, затем чашки переставляют в термостат и держат при температуре 20 °С. При таких условиях прорастают бактерии, требующие для своего развития более низких температур, а также

плесневые грибы. На площади в 100 см^2 за 5 минут осаждается примерно столько же бактерий, сколько находится в 10 л воздуха ($0,01 \text{ м}^3$). Зная площадь чашки Петри можно подсчитать количество клеток в 1 м^3 воздуха. Для этого число колоний, выросших в чашке Петри, относят к общей площади чашки, затем пересчитывают, сколько таких колоний поместилось бы на 100 см^2 , и переводят на 1 м^3 воздуха.

Пример расчета. В чашке Петри диаметром 10 см выросло 45 колоний, площадь чашки составляет $3,14 \times 5^2 = 78,5 \text{ см}^2$. Чтобы подсчитать число клеток на 100 см^2 (равнозначных 10 л, или $0,01 \text{ м}^3$), составляют пропорцию:

$$78,5 \text{ см}^2 - 45 \text{ колоний}$$

$$100 \text{ см}^2 - X \text{ колоний}$$

$$X = (100 \cdot 45) / 78,5 = 57 \text{ колоний}$$

Таким образом, в $0,01 \text{ м}^3$ воздуха находится 57 клеток, а в 1 м^3 их будет в 100 раз больше, т. е. 5700.

В исследуемых помещениях размещают по три чашки Петри с питательным агаром. После подсчета в них микроорганизмов выводят среднее арифметическое. Для определения качественного состава микрофлоры колонии на чашках группируют по культуральным признакам, из каждой группы готовят препараты и микроскопируют. По морфологическим и культуральным признакам устанавливают род, а в отдельных случаях и вид бактерий.

Если чашки выставляют в разных помещениях в одно и то же время, то по результатам анализа можно судить об относительной чистоте воздуха каждого помещения. Чем больше пыли в воздухе, тем больше в нем микроорганизмов.

Метод улавливания воздушной микрофлоры жидкостями. Для этого определенный объем воздуха в течение заданного времени пропускают через поглотитель с определенным объемом воды или какой-либо жидкой среды. После пропускания воздуха производят посев на различные среды, затем чашки и пробирки ставят в термостат. Результаты опыта учитывают обычными методами.

Ход работы:

- разлить питательный агар в стерильные чашки Петри;
- установить чашки с агаром на ровной поверхности в аудитории, на лестничной площадке, улице и т. д.;
- произвести посев микроорганизмов воздуха в течение 5 мин, затем закрыть чашку крышкой;
- перенести чашки для выращивания в термостат при 37 °С в первые сутки и 20 °С, выдержать посеvy в течение 48 часов. Поскольку некоторые микроорганизмы развиваются медленно, окончательный подсчет колоний произвести на пятые сутки;
- произвести расчет количества микроорганизмов в 1 м³ воздуха исследуемых помещений;
- сделать вывод об относительной чистоте воздуха каждого помещения.

Полученные данные оформить в виде таблицы 3.1.

Таблица 3.1 – Результаты учета количества микроорганизмов в атмосферном воздухе жилых помещений

Место проведения исследования	Количество микроорганизмов в воздухе, шт/м ³

Контрольные вопросы:

- 1 Назовите источники поступления микроорганизмов в атмосферный воздух.
- 2 Приведите примеры территорий, наиболее загрязненных микроорганизмами.
- 3 Охарактеризуйте методику определения общего количества микроорганизмов в атмосферном воздухе.

4 Лабораторная работа «Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха по качеству пыльцы одуванчика лекарственного»

Цель работы: овладеть навыками оценки экологического состояния атмосферного воздуха по качеству пыльцы одуванчика лекарственного.

Материалы и оборудование: микроскоп; предметные и покровные стекла; препаровальные иглы; пипетки; 5 % раствор йода; дистиллированная вода; образцы одуванчиков.

Общие положения. Среди индикаторов загрязнения вод, почв, атмосферного воздуха широкое применение нашли аккумулирующие организмы-индикаторы. Они должны быть широко распространенными, легко определяемыми, устойчивыми к загрязнению и адекватно отражать в своем минеральном составе уровни химических элементов в окружающей среде. Наиболее адекватными биоиндикаторами качества среды как в море, так и на суше, признаны растительные организмы.

Среди наземных организмов-индикаторов широкое применение нашел одуванчик лекарственный *Taraxacum officinale*.

Одуванчик лекарственный – травянистое многолетнее растение со стержневым толстым ветвистым корнем. На сухих почвах при ярком солнце листья у одуванчика длиной не более 15 – 20 см., а во влажных и тенистых местах (в канавах, в тени деревьев и кустарников) они вырастают нередко в 3 раза длиннее.

Цветет в апреле – июне, иногда повторно осенью. Созревает одуванчик в мае – июне.

Одуванчик лекарственный распространен на всей территории России. Растет вдоль жилья, дорог, на залежах, пустырях, в огородах, парках и садах. Любит богатые, хорошо увлажненные почвы. Часто образует заросли.

Растение очень плодовито. Одно соцветие дает до 200 семян, а все растение – до 3000.

Одуванчик обладает развитой листовой поверхностью, способен сорбировать на ней взвешенные в атмосферном воздухе загрязняющие вещества и аккумулировать их в листовых пластинах.

Физическое и химическое загрязнение окружающей среды влияет на качество пыльцевых зерен, характеризующихся высокой чувствительностью к действию загрязнителей. Поэтому в разных районах, в зависимости от степени их загрязненности, пыльца одуванчика лекарственного может качественно различаться.

Пыльца (пыльцевые зерна) – мужские гаметофиты высших семенных растений (голосеменных и покрытосеменных), которые образуются в результате сложного процесса микроспорогенеза и при опылении образуют затем мужские половые клетки, необходимые для оплодотворения. Репродуктивные ткани, где наиболее активно идут процессы деления клеток, очень чувствительны к различным изменениям в окружающей среде – и к естественным типа погодных условий, и к искусственным типа загрязнений почвы и воздуха, повышенной радиации и другим – и очень чутко реагируют на них.

Выделяют:

- ненормальные (абортивные) пыльцевые зерна;
- нормальные пыльцевые зерна.

Сравнительная характеристика нормальных и ненормальных пыльцевых зерен представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Сравнительная характеристика нормальных и ненормальных пыльцевых зерен одуванчика лекарственного

Отличительные черты	Нормальные пыльцевые зерна	Ненормальные (абортивные) пыльцевые зерна
Интенсивность окрашивания раствором йода	Интенсивно окрашены	Не окрашены или слабо окрашены
По размеру	Одинаковые	Разные
По форме	Одинаковые	Неправильной формы (неодинаковые)

Методика анализа качества пыльцы заключается в определении процента ненормальных (абортивных) пыльцевых зерен (см. рисунок 4.1).

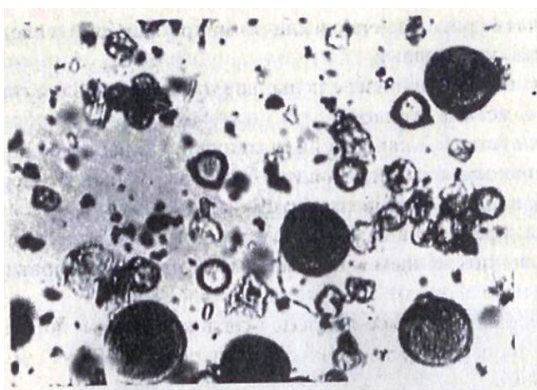


Рисунок 4.1 – Нормальные (окрашенные, круглые, крупные) и абортивные (неокрашенные, меньшего размера) пыльцевые зерна

Обычно у растений в нормальных условиях пыльца имеет хорошее качество и процент нормальных пыльцевых зерен близок к 100 %. Повышенное загрязнение среды произрастания может снизить этот процент до 50 % и ниже.

Ход работы:

1 Пыльца извлекается из пыльников препаровальными иглами, помещается на предметное стекло, сюда же добавляют каплю 4 %-ного раствора йода и перемешивают пыльцу с красителем (йод – реактив на белок и крахмал), стараясь как можно равномернее распределить пыльцу в капле по

предметному стеклу. Приготовление слабого раствора йода, необходимого для окраски пыльцы: 2 мл 5 %-ной йодной настойки разбавить водой до 10 мл дистиллированной водой.

2 Выдерживают препарат в течение 2 минут, накрывают его покровным стеклом и рассматривают под микроскопом при малом увеличении.

3 Подсчитывают количество нормальных и стерильных (абортивных) пыльцевых зерен либо в нескольких полях зрения, либо по всему мазку, передвигая препарат методом «челнока» (зигзагом). Нормальные – интенсивно окрашены, одинаковы по размерам и форме; стерильные – не окрашены или окрашены слабо, разных размеров и неправильной формы. Подсчет сделать для каждого цветка и определить среднее.

4 Определить процент (%) нормальных и ненормальных пыльцевых зерен как отношение их числа к общему числу пыльцевых зерен для каждого подсчета, цветка, растения и т. д., умноженное на 100, т. е. определяется доля нормальных пыльцевых зерен в %. Заполнить таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Доля нормальных пыльцевых зерен

№ цветка	Общее число пыльцевых зерен, шт.	Число нормальных пыльцевых зерен, шт.	Доля, %	Число ненормальных пыльцевых зерен, шт.	Доля, %
1					
2					
3					
4					
5					
среднее					

Результаты исследования различных районов оформить в виде таблицы 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты исследования качества пыльцы одуванчика лекарственного на различных участках

Участок	Количество пылевых зерен				
	всего	нормальные		ненормальные	
		шт.	%	шт.	%

Контрольные вопросы:

- 1 Опишите отличительные черты нормальных и ненормальных пылевых зерен.
- 2 Охарактеризуйте методику определения состояния атмосферного воздуха по качеству пыльцы одуванчика лекарственного.
- 3 Какие части одуванчика лекарственного наиболее подвержены к различным изменениям в окружающей среде.

5 Лабораторная работа «Оценка степени загрязнения воздуха по pH коры березы повислой»

Цель работы: овладеть навыками определения степени загрязнения атмосферного воздуха по показателю pH коры березы повислой.

Материалы и оборудование: иономер лабораторный И-160МИ; химический стакан на 50 мл; дистиллированная вода; сушильный шкаф; фильтровальная бумага; воронка; колба; образцы коры березы повислой.

Общие положения. Корой обычно называют наружную, периферическую часть ствола или ветви, более или менее легко отделяемую от внутренней (гораздо более плотной) массы древесины. В ботанике корой у древесных растений называют совокупность специализированных клеток и тканей, находящихся с внешней стороны от камбия и выполняющих защитную и проводящую функции. Наружная часть древесной коры взрослого дерева – корка состоит в основном из мертвых тканей и поэтому физиологически не активна. Кора хвойного дерева имеет более простое строение по сравнению с корой лиственных деревьев. Древесная кора как губка поглощает загрязнители исключительно из атмосферного воздуха. Отбор проб коры деревьев можно проводить в любое время года. Методика исследований состоит из отбора проб коры с деревьев, методики определения pH водного настоя проб коры.

Оценка степени загрязнения воздуха по pH суспензии коры проводится по таблице 5.1.

Ход работы:

Для проведения исследования необходимо выбрать фоновую и загрязненную территории. На выбранных участках необходимо осмотреть деревья и выбрать неповрежденные, отдельно стоящие деревья, с прямым

стволом, с диаметром стволов не менее 30 см. Необходимо выбирать деревья, отстоящие друг от друга на небольшом расстоянии.

Таблица 5.1 – Ранжирование территории по показателю pH коры

Оценка степени загрязнения воздуха по pH коры №	pH	Степень загрязнения воздуха (зона)
1	6,98 – 7,09	Чистый воздух (нормальная)
2	6,65 – 6,98	Слабое загрязнение (смешанная)
3	6,40 – 6,65	Среднее загрязнение (смешанная)
4	6,09 – 6,40	Сильное загрязнение (борьба)
5	6,00 – 6,06	Очень сильное загрязнение (борьба)
6	меньше 6,00	Очень сильное загрязнение (лишайниковая пустыня)

Отбор проб коры:

- пробы коры отбирают по окружности ствола на высоте 1,5 м от земли;
- кору срезают в виде стружки или пластинок толщиной 0,5 – 3 мм;
- пробы коры очищают от посторонних примесей, например, лишайников и помещают в бумажные пакеты;
- отобранные пробы транспортируют в лабораторию.

Пробы коры измельчают, высушивают в сушильном шкафу при 100 °С в течение двух часов, затем готовят суспензию коры с использованием дистиллированной воды в соотношении 1 : 5 по массе, суспензию настаивают в течение суток и измеряют ее pH с использованием иономера лабораторного И-160МИ.

Пробы водных почвенных вытяжек в пронумерованных химических стаканчиках переносят к иономеру. Исследование показателя pH проводится в нескольких параллелях. Схема работы на иономере И-160МИ следующая:

- 1 Включить прибор в сеть.
- 2 Прогреть прибор до установления стабильных показаний pH дистиллированной воды.

- 3 Просушить электродную пару фильтровальной бумагой.
- 4 Промыть электродную пару отобранной частью исследуемого раствора.
- 5 Опустить электродную пару в химический стаканчик с исследуемым раствором. Время проведения измерений не превышает 3 минут с момента погружения электродной пары в исследуемую среду. При измерении рН сильноокислых и сильнощелочных растворов время установления показаний может составлять до 10 минут.
- 6 После установления стабильных показаний считать результат измерения с дисплея прибора.
- 7 Соблюдать осторожность при работе со стеклянными электродами и следить, чтобы шарик стеклянного электрода не прикасался к стенкам и дну стакана.

После каждого измерения промывают электродную пару в дистиллированной воде и высушивают фильтрованной бумагой. По окончании работы с прибором электроды помещают в стакан с дистиллированной водой.

Результаты исследования заносят в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Результаты определения рН коры березы повислой в разных районах исследования

Участок	рН	Степень загрязнения

Сделайте выводы и степени загрязнения атмосферного воздуха в различных районах исследования.

Контрольные вопросы:

- 1 Дайте определение понятию кора.
- 2 Охарактеризуйте методику отбора проб коры деревьев.
- 3 Охарактеризуйте методику определения степени загрязнения атмосферного воздуха по величине рН коры деревьев.

6 Лабораторная работа «Оценка экологической ситуации и безопасности территории по критериям аэрогенной нагрузки»

Цель работы: ознакомиться с методикой оценки экологической безопасности и принципами ранжирования территорий с разными уровнями воздействия на атмосферу; освоить расчет удельной токсичности веществ загрязнителей атмосферы.

Общие положения. Атмосфера является одним из необходимых условий существования жизни на Земле, она определяет климат и многие другие факторы существования жизни на планете.

Основной компонент атмосферы – азот (N) – 78,09 %. Содержание кислорода около 21 %, на долю CO₂ приходится 0,03 %, остальное – инертные газы: аргон, неон, криптон, гелий и др. Кроме того, в атмосфере всегда есть вода. Очень часто в атмосфере присутствуют посторонние вещества-загрязнители: пыль, аэрозоли, микроорганизмы, химические соединения и т. д., которые оказывают неблагоприятное воздействие на организм человека, растений, животных, на состояние воды, почвы, архитектурных сооружений и даже климата.

По происхождению загрязнители бывают природные, образующиеся при выветривании горных пород, почвы, в результате вулканической деятельности и т. д., и антропогенные, вызванные активной деятельностью человека.

Антропогенные загрязнения можно подразделить на локальные, региональные и глобальные.

Все загрязнители делятся на химические, биологические, физические и физико-химические.

Самыми распространенными загрязнителями являются пыль, окислы углерода – CO и CO₂, окислы серы, азота, углеводороды. Основным путем поступления атмосферных загрязнителей в организм человека – органы

дыхания и кожные покровы. Частицы пыли могут вызывать различные заболевания органов дыхания – пылевой бронхит, пневмокониоз, силикоз, асбестоз и др. Поэтому содержание пыли в воздухе рабочих помещений, учебных аудиторий и жилья строго нормируется.

Окислы азота и серы, соединяясь в атмосфере с водой, образуют кислотные дожди, которые, попадая в почву и гидросферу, изменяют их кислотность, а попадая на кожу человека, вызывают серьезные ожоги.

Соединения хлора и сам хлор поражает органы дыхания человека. Соединения фтора вызывают вымывание кальция из костей и становятся причиной флюорозов. Соли тяжелых металлов – свинец, кадмий, алюминий и др. – обладают общетоксическим действием. Угарный газ (СО) препятствует переносу кислорода кровью, что приводит к кислородному голоданию и даже смерти. Окислы серы поражают кожу. Различные углеводороды вредны для органов зрения, дыхания, являются сильными наркотическими веществами и обладают достаточно мощным канцерогенным действием. Фенолы, органические сульфиды поражают центральную нервную систему. В населенных пунктах атмосферные загрязнители являются причиной многих заболеваний человека.

Загрязнение атмосферы отрицательно влияет на растительный покров, снижает продуктивность сельскохозяйственных растений. Изменение климата, состояние озонового экрана Земли также связывают с загрязнением атмосферы.

Основные свойства главных загрязнителей атмосферы представлены в таблице 6.1.

Для контроля безопасности воздушной среды введен норматив предельно-допустимая концентрация.

Предельно-допустимая концентрация – это количество вредного вещества в среде, практически не влияющее на здоровье человека при постоянном контакте с ним или при воздействии его на организм человека за определенное время практически не влияющее на здоровье человека и не вызывающее неблагоприятных последствий у его потомства.

Таблица 6.1 – Перечень основных загрязнителей атмосферного воздуха и характеристика их свойств

Наименование загрязнителя	Основные его свойства	Источники поступления в атмосферу	ПДК _{мр}	ПДК _{сс}	Класс опасности
Диоксид серы SO ₂	Бесцветный газ с характерным запахом. Сильно раздражает дыхательные пути. Образует «кислотные осадки»	Сгорание углей, выбросы металлургических и химических предприятий	0,5	0,05	3
Диоксид азота NO ₂	Желтовато-бурого цвета, с характерным запахом, раздражает дыхательные пути	Выхлопные газы, продукт сгорания топлива, мусора, отходы химического производства	0,085	0,04	2
Монооксид азота NO	Бесцветный газ, быстро превращается в диоксид азота	Выхлопные газы, продукт сгорания топлива, мусора, отходы химического производства	0,4	0,06	3
Углекислый газ CO ₂	Бесцветный газ без запаха	Продукт жизнедеятельности организмов, разложение органических соединений, выбросы предприятий	нет	680	нет
Угарный газ CO	Бесцветный, ядовитый газ, без запаха. Обладает кумулятивным действием. Угнетает дыхание	Выхлопные газы, выбросы промышленных предприятий	5,0	3,0	4
Углеводороды, нефтепродукты C ₅ – C ₁₁	Бесцветные пары с характерным запахом, обладают наркотическим эффектом	Выхлопные газы. Разлив топлива	100	25	4
Озон O ₃	Газ с характерным запахом	Образуется в атмосфере в результате фотохимических процессов и реакций (разряд молнии, электросварка и т. д.)	0,16	0,03	4

Продолжение таблицы 6.1

Наименование загрязнителя	Основные его свойства	Источники поступления в атмосферу	ПДК _{мр}	ПДК _{сс}	Класс опасности
Хлор Cl ₂	Газ, желто-зеленого цвета с резким запахом, вызывает сильное раздражение дыхательных путей и глаз	Разлив жидкого хлора. Выбросы промышленных предприятий	0,1	0,03	2
Фтороводород HF	Бесцветный газ с резким запахом. Раздражает дыхательные пути	Выбросы промышленных предприятий	0,02	0,005	2
Аммиак NH ₃	Газ с резким характерным запахом	Холодильные установки, выбросы животноводческих комплексов и канализации	0,2	0,04	4
Сероводород H ₂ S	Газ с запахом тухлых яиц	Выбросы химических и промышленных предприятий, природные минеральные источники	0,008	0,008	2
Ртуть металлическая Hg	Бесцветные пары без запаха, обладают кумулятивным действием	Разлив металлической ртути, выбросы промышленных предприятий, сжигание мусора	нет	0,0003	1

Различают ПДК – максимальную разовую, среднесуточную, для рабочей зоны.

Обобщенной характеристикой веществ-загрязнителей является класс опасности. По степени воздействия вредных веществ на организм человека выделяют 4 класса опасности:

- 1 – чрезвычайно опасные;
- 2 – высоко опасные;
- 3 – умеренно опасные;
- 4 – малоопасные.

Ход работы:

На основании ситуационных задач (приложение А) и табличных коэффициентов опасности веществ-загрязнителей оценить экологическую безопасность территории по критериям аэрогенной нагрузки. Для этого необходимо рассчитать показатели, характеризующие аэрогенную нагрузку.

1 Рассчитайте выброс конкретного вещества в условных тоннах в год по формуле:

$$M = m_j \cdot A_j \quad (6.1)$$

где M – приведенная масса годового выброса загрязнителя в усл. т/год;

m_j – масса годового выброса исследуемого вещества, т/год;

A_j – показатель активности (коэффициент опасности) исследуемого вещества-загрязнителя (см. таблицу 6.2).

Таблица 6.2 – Величины коэффициента опасности (относительной активности) веществ, загрязняющих атмосферу

Наименование вещества	Коэффициент опасности (A_j)	Наименование вещества	Коэффициент опасности (A_j)
Азота двуокись	4,11	Сероводород	54,8
Аммиак	10,4	Спирт метиловый	4,12
Ангидрид сернистый	22,0	Спирт этиловый	9,3
Ацетон	2,22	Углеводороды	1,26
Бензапирен	12600,0	Углерода окись	1,0
Ванадия окись	122,5	Толуол	0,34
Водород хлористый	33,9	Хлор	89,4
Водород цианистый	282,0	Хром	1000,0
Кислота уксусная	1,7	Фенол	31,0
Кислота серная	49,0	Формальдегид	12,0
Ксилол	0,6	Фтор	180,0
Марганец	707,0	Фтористые соединения	980,0

Продолжение таблицы 6.2

Наименование вещества	Коэффициент опасности (A_j)	Наименование вещества	Коэффициент опасности (A_j)
Свинец	224,0	Пыль	33,9
Стирол	15,7	Цементная пыль	100,0

2 Проведите критериальную оценку загрязнения и выделите 3 приоритетных загрязнителя атмосферы.

3 Опишите их физиологическое действие на организм человека.

4 Предложите меры по снижению аэрогенной нагрузки и повышению безопасности изучаемой территории.

Результаты расчетов и выводы занесите в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Результаты оценки экологической ситуации и безопасности территории по критериям аэрогенной нагрузки

Наименование вещества	Масса, т/год	Коэффициент опасности	Приведенная масса годового выброса загрязнителя, усл. т/год	Ранг

Контрольные вопросы:

1 Дайте определение понятию ПДК.

2 Какие основные виды ПДК применяют для оценки безопасности воздушной среды?

3 Какие токсические вещества являются приоритетными загрязнителями атмосферы? Объясните их влияние на здоровье человека.

4 Перечислите, какие вещества являются основными загрязнителями атмосферы современного города.

5 Какие токсические вещества содержатся в выхлопных газах автомобиля? Перечислите основные виды их влияния на организм человека.

7 Лабораторная работа «Радиационная безопасность. Экологические последствия радиации, меры безопасности и оценка радиационной безопасности территории»

Цель работы: приобрести практические навыки в проведении измерений α , β и γ -излучений; овладеть навыками работы с дозиметром-радиометром.

Общие положения. Естественные радиоактивные элементы условно можно разделить на три группы:

- 1 Изотопы радиоактивных семейств урана, тория и актиноурана.
- 2 Не связанные с первой группой радиоактивные элементы – калий – 40, кальций – 48, рубидий – 87 и др.
- 3 Радиоактивные изотопы, возникающие под действием космического излучения – углерод – 14 и тритий.

Радиоактивность – это испускание атомными ядрами излучения вследствие перехода ядер из одного состояния в другое.

Атомные ядра испускают:

- электромагнитные волны высокой энергии (гамма-лучи);
- электроны и позитроны (бета-частицы);
- ядра атомов гелия (альфа-частицы), протоны, нейтроны и ядра некоторых легких элементов;
- некоторые тяжелые ядра спонтанно делятся на почти одинаковые осколки.

Ионизирующим излучением называют потоки корпускул (элементарных частиц) и потоки фотонов (квантов электромагнитного поля), которые при движении через вещество ионизируют его атомы и молекулы.

Альфа-излучение представляет собой поток альфа-частиц, распространяющихся с начальной скоростью около 20 тыс. км/с. Их

ионизирующая способность огромна, а так как на каждый акт ионизации тратится определенная энергия, то их проникающая способность незначительна: длина пробега в воздухе составляет 3 – 11 см, а в жидких и твердых средах – сотые доли миллиметра. Лист плотной бумаги полностью задерживает их. Надежной защитой от альфа-частиц является также одежда человека. Поскольку альфа-излучение имеет наибольшую ионизирующую, но наименьшую проникающую способность, внешнее облучение альфа-частицами практически безвредно, но попадание их внутрь организма весьма опасно.

Бета-излучение – поток бета-частиц, которые в зависимости от энергии излучения могут распространяться со скоростью, близкой к скорости света (300 тыс. км/с). Заряд бета-частиц меньше, а скорость больше, чем у альфа-частиц, поэтому они имеют меньшую ионизирующую, но большую проникающую способность. Длина пробега бета-частиц с высокой энергией составляет в воздухе до 20 м, воде и живых тканях – до 3 см, металле – до 1 см. На практике бета-частицы почти полностью поглощают оконные или автомобильные стекла и металлические экраны толщиной в несколько миллиметров. Одежда поглощает до 50 % бета-частиц. При внешнем облучении организма на глубину около 1 мм проникает 20 % – 25 % бета-частиц. Поэтому внешнее бета-облучение представляет серьезную опасность лишь при попадании радиоактивных веществ непосредственно на кожу (особенно на глаза) или же внутрь организма.

Гамма-излучение – это электромагнитное излучение, испускаемое ядрами атомов при радиоактивных превращениях. Оно, как правило, сопровождает бета-распад, реже альфа-распад.

По своей природе гамма-излучение представляет собой электромагнитное поле с длиной волны $10^{-8} - 10^{-10}$ см. Оно испускается отдельными порциями (квантами) и распространяется со скоростью света. Ионизирующая способность его значительно меньше, чем у бета-частиц и, тем более у альфа-частиц. Зато гамма-излучение имеет наибольшую проникающую способность и в воздухе может распространяться на сотни метров. Для ослабления его энергии в два

раза необходим слой вещества (слой половинного ослабления) толщиной: воды – 23 см, стали – около 3, бетона – 10, дерева – 30 см. Из-за наибольшей проникающей способности гамма-излучение является важнейшим фактором поражающего действия радиоактивных излучений при внешнем облучении. Хорошей защитой от гамма-излучений являются тяжелые металлы, например, свинец, который для этих целей используется наиболее часто.

Природное ионизирующее излучение присутствует повсюду. Оно поступает из космоса в виде космических лучей. Оно есть в воздухе в виде излучений радиоактивного радона и его вторичных частиц. Радиоактивные изотопы естественного происхождения проникают с пищей и водой во все живые организмы и остаются в них. Ионизирующего излучения невозможно избежать. Естественный радиоактивный фон существовал на Земле всегда, и жизнь зародилась в поле его излучений, а затем – много-много позже – появился и человек. Эта природная (естественная) радиация сопровождает нас в течение всей жизни.

Радиоактивные излучения разного типа с разным энергетическим спектром характеризуются разной проникающей и ионизирующей способностью. Эти свойства определяют характер их воздействия на живое вещество биологических объектов.

Биологическое действие ионизирующего излучения заключается в том, что поглощенная веществом энергия проходящего через него излучения расходуется на разрыв химических связей атомов и молекул, что нарушает нормальное функционирование клеток живой ткани.

Различают следующие эффекты воздействия ионизирующего излучения на организм человека:

- соматические – острая лучевая болезнь, хроническая лучевая болезнь, местные лучевые поражения;
- сомато-стохастические – злокачественные опухоли, нарушения развития плода, сокращение продолжительности жизни;
- генетические – генные мутации, хромосомные aberrации.

Если источники радиоактивного излучения находятся вне организма человека и тем самым человек облучается снаружи, то говорят о внешнем облучении.

Если радиоактивные вещества, находящиеся в воздухе, пище, воде, попадают внутрь организма человека, то источники радиоактивного излучения оказываются внутри организма и свидетельствуют о внутреннем облучении.

Внешнее облучение происходит от непосредственного взаимодействия радиоактивных ионизирующих излучений внешних источников с атомами биологических субстратов организма. Защититься от внешнего излучения можно, поставив на пути движения излучений тот или иной защитный экран и/или применив средства индивидуальной защиты (СИЗ). В частности, специальная защитная одежда полностью защищает от альфа-излучения и частично – от бета-излучения, рентгеновского или гамма-излучения. Для этой цели служат антиконтаминационные костюмы, перчатки, капюшоны, сапоги, перчатки, очки, освинцованные фартуки.

Внутреннее облучение всегда связано с попаданием в организм человека радиоактивных веществ, разнообразие которых обуславливает разнообразие механизмов поглощения, усвоения и вывода этих веществ из организма, степень участия в метаболизме. В результате радиоактивные вещества могут задерживаться и даже накапливаться в организме. Распадаясь, они облучают расположенные вокруг них ткани. Уменьшение внутреннего облучения достигается только средствами индивидуальной защиты органов дыхания, служащих для защиты дыхательных путей от радиоактивных веществ, находящихся в воздухе, и специальным рационом питания.

Обеспечение радиационной безопасности требует комплекса многообразных защитных мероприятий, зависящих от конкретных условий работы с источниками ионизирующих излучений, а также от типа источника.

Защита временем основана на сокращении времени работы с источником, что позволяет уменьшить дозы облучения персонала. Этот

принцип особенно часто применяется при непосредственной работе персонала с малыми радиоактивностями.

Защита расстоянием – достаточно простой и надежный способ защиты. Это связано со способностью излучения терять свою энергию во взаимодействиях с веществом: чем больше расстояние от источника, тем больше процессов взаимодействия излучения с атомами и молекулами, что в конечном итоге приводит к снижению дозы облучения персонала.

Защита экранами – наиболее эффективный способ защиты от излучений. В зависимости от вида ионизирующих излучений для изготовления экранов применяют различные материалы, а их толщина определяется мощностью и излучением.

Средства индивидуальной защиты – это группа предметов, предназначенных для защиты (обеспечения безопасности) одного человека от радиоактивных, опасных химических и биологических веществ, а также светового излучения ядерного взрыва.

Средства индивидуальной защиты при работе с ионизирующими излучениями условно можно подразделить на средства повседневного назначения и средства кратковременного использования.

К средствам повседневного назначения относятся халаты, комбинезоны, костюмы, спецобувь и некоторые типы противопылевых респираторов. К средствам кратковременного использования относятся изолирующие костюмы, которые делятся на шланговые, часто называемые пневмокостюмами, и автономные.

По своему назначению они делятся на:

- средства защиты органов дыхания;
- средства защиты кожи.

К СИЗ органов дыхания относят фильтрующие противогазы (общевойсковые, гражданские, детские, промышленные), изолирующие противогазы, респираторы и простейшие средства.

К СИЗ кожи относят изолирующие костюмы (комбинезоны, комплекты), защитно-фильтрующую одежду, простейшие средства (рабочая и бытовая одежда), приспособленные определенным образом.

Средства защиты органов дыхания и кожи нужны не только на случай возможного применения отравляющих веществ в ходе боевых действий. Они нашли широкое применение и в мирные дни, особенно на предприятиях, изготавливающих или использующих в производстве аварийно химически опасных веществ (АХОВ). В противогазах приходится работать отрядам газо- и горноспасателей. Их надевают пожарные в сильно задымленных и загазованных помещениях, а также население при авариях на предприятиях, с выбросом или выливом химически опасных веществ.

По принципу защитного действия СИЗ органов дыхания делятся на: фильтрующие и изолирующие.

В фильтрующих противогазах воздух, поступающий для дыхания, очищается от отравляющих веществ, радиоактивной пыли, бактериальных средств.

В изолирующих противогазах дыхание осуществляется за счет запасов кислорода, находящегося в самом противогазе. Ими пользуются в случае, когда невозможно использовать фильтрующие противогазы, например, при недостатке кислорода в воздухе или когда концентрация отравляющих веществ высока или неизвестна.

В фильтрующих СИЗ кожи защита обеспечивается за счет обезвреживания паров отравляющих веществ специальной пропиткой, нанесенной на ткань и герметичностью конструкции костюма.

В изолирующих – использованием прорезиненных тканей и полимерных пленочных материалов.

Респираторы по своему назначению подразделяются на:

- противопылевые;
- противогазовые;
- газо-пылезащитные.

В зависимости от срока службы респираторы могут быть одноразовые и многоразовые с заменой фильтров. Когда нет ни противогаза, ни респиратора, необходимо воспользоваться простейшими СИЗ – ватно-марлевой повязкой (ВМП) или противопыльной тканевой маской (ПТМ).

Немаловажную роль выполняют средства индивидуальной защиты по обеспечению безопасного нахождения человека в загрязненной радиацией зоне. К простейшим СИЗ кожи можно отнести бытовую одежду и обувь герметичного типа: комбинезоны, брюки, запахивающие куртки, пальто, резиновые сапоги, кожаная обувь и одежда, производственная одежда из брезента, прорезиненной ткани, грубого сукна и т. д.

Ход работы:

Дозиметр – устройство для измерения дозы или мощности дозы ионизирующего излучения, полученной прибором (и тем, кто им пользуется) за некоторый промежуток времени, например, за период нахождения на некоторой территории или за рабочую смену. Измерение описанных величин называется дозиметрией.

Измерение плотности потока α -частиц от поверхностей:

- открыть входное окно детектора, сдвинув экран в нижнее положение;
- включить прибор и кнопкой «МЕНЮ» установить режим «АЛЬФА»;
- разместить прибор тыльной стороной непосредственно над исследуемой поверхностью на расстоянии 1 – 2 мм;
- при достижении статистической погрешности менее 20 % зафиксировать показание дисплея.

Измерение плотности потока β -частиц от поверхностей:

- открыть входное окно детектора, сдвинув экран в нижнее положение;
- включить прибор и кнопкой «МЕНЮ» установить режим «БЕТА»;

- разместить окно детектора непосредственно над исследуемой поверхностью на расстоянии 3 – 5 мм;

- при достижении статистической погрешности менее 20 % зафиксировать показание дисплея.

Измерение мощности дозы:

- закрыть входное окно детектора, сдвинув экран в верхнее положение;

- включить питание прибора (однократно нажать и отпустить кнопку «ВКЛ/ВЫКЛ»); после включения прибор первоначально устанавливается в режим «ГАММА»;

- расположить прибор на расстоянии не менее 1 метра от поверхности пола (земли) и любых окружающих предметов;

- через 2 – 3 секунды на дисплее появится первое усредненное значение мощности дозы естественного радиационного фона и первое значение погрешности, примерно ± 90 %;

- для более точного определения мощности дозы целесообразно зафиксировать показания дисплея через 1 – 2 минуты, при этом статистическая погрешность достигнет 20 %.

Поиск источников радиоактивных излучений, предметов и объектов, загрязненных радиоактивными нуклидами:

- поиск радиоактивных аномалий необходимо проводить после подготовки прибора к работе в режиме измерения мощности дозы «ГАММА»;

- плавно перемещая прибор вдоль поверхности контролируемого объекта, необходимо располагать его на минимальном расстоянии от обследуемой поверхности;

- в случае заметного увеличения показаний прибора в 1,5 – 2 раза и более прекратить перемещение прибора и в течение 30 – 40 с убедиться в стойком увеличении показаний;

– затем, перемещая прибор в различных направлениях, определить границы радиоактивного загрязнения и выявить в этих границах предметы, загрязненные радиоактивными нуклидами;

– оценить уровень мощности дозы фотонного излучения на интересующем оператора расстоянии от источника излучения.

Нормы γ -излучения:

– для открытой местности 0,3 мкЗв/ч;

– для помещений 0,5 мкЗв/ч;

– β -излучения – 20 част./($\text{мин} \cdot \text{см}^2$);

– α -излучения – 50 част./($\text{мин} \cdot \text{см}^2$).

Сделайте вывод об уровне радиационной безопасности территории или помещения для постоянного пребывания человека.

Результаты измерения представить в виде таблицы 7.1.

Таблица 7.1 – Результаты проведенных измерений в помещениях

Место проведения замеров	Показания прибора		
	α -излучения, част./($\text{мин} \cdot \text{см}^2$)	β -излучения, част./($\text{мин} \cdot \text{см}^2$)	γ -излучения, мкЗв/ч

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные виды радиоактивного излучения.
2. Назовите эффекты воздействия ионизирующего излучения на организм человека.
3. Перечислите методы защиты от радиации.
4. Перечислите средства индивидуальной защиты от радиации.
5. Опишите методику поиска радиоактивных аномалий.

Список рекомендованных источников

- 1 Бродский, А. К. Общая экология : учебник для вузов / А. К. Бродский. – М. : Академия, 2008. – 256 с.
- 2 Валова, В. Д. Экология : учебник / В. Д. Валова. – М. : Дашков и Ко, 2012. – 213 с.
- 3 Воробьев, А. А. Медицинская и санитарная микробиология : учеб. пособие для студ. высш. мед. заведений / А. А. Воробьев, Ю. С. Кривошеин, В. П. Широкобоко. – М. : Издательский центр «Академия», 2003. – 464 с.
- 4 Куксанов, В. Ф. Экология региона : учеб. пособие / В. Ф. Куксанов, А. И. Байтелова, М. Ю. Гарицкая. – Оренбург : ГОУ ОГУ, 2008. – 177 с.
- 5 Николайкин, Н. И. Экология : учебник для вузов / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова. – 6-е изд., испр. – М. : Дрофа, 2008. – 622 с.
- 6 О состоянии и об охране окружающей среды в Оренбургской области в 2017 году : государственный доклад. – М. : Минприроды России; НИА-Природа. – 2018. – 639 с.
- 7 Перечень и коды веществ, загрязняющих атмосферный воздух. – Ленинград, 1998. – 48 с.
- 8 Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) № 6229-91.
- 9 СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». Утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 25 сентября 2007 г. № 74.
- 10 Хотунцев, Ю. Л. Экология и экологическая безопасность : учеб. пособие для вузов / Ю. Л. Хотунцев. – М. : Академия, 2002. – 480 с.
- 11 Экология и экономика природопользования / Э. В. Гирусов [и др.]. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, Единство, 2003. – 519 с.

Приложение А

(обязательное)

Варианты заданий для оценки экологической ситуации и безопасности территории по критериям аэрогенной нагрузки

Таблица А.1 – Варианты заданий для оценки экологической ситуации и безопасности территории по критериям аэрогенной нагрузки

№ варианта	Вещество	Масса, т/год
1	Пыль	4506,0
	Аммиак	3,67
	Спирт этиловый	308,55
	Оксид углерода	1509,85
	Хлор	2,19
	Хром	0,07
2	Пыль	1795,0
	Ксилол	0,71
	Углеводороды	23362,0
	Оксид углерода	9012,33
	Двуокись азота	1453,64
	Стирол	1,16
3	Сероводород	1,04
	Кислота серная	24,55
	Сернистый ангидрид	11887,0
	Оксид углерода	752,66
	Азота двуокись	2076,57
	Пыль	3888,66
4	Оксид углерода	633,38
	Формальдегид	0,82
	Спирт метиловый	1,99
	Свинец	0,11
	Кислота серная	29,56
	Пыль	4322,78
5	Оксид углерода	1888,92
	Свинец	0,99
	Ангидрид сернистый	221,47
	Бенз(а)пирен	0,03
	Марганец	10,04
	Пыль	1467,5

Продолжение таблицы А.1

№ варианта	Вещество	Масса, т/год
6	Пыль	1676,0
	Свинец	0,29
	Окись углерода	13686,65
	Углеводороды	29898,0
	Хром	0,18
	Ванадия окись	12,58
7	Углеводороды	2767,0
	Хлор	3,77
	Фтористые соединения	2,26
	Пыль	7700,6
	Ацетон	4,45
	Окись углерода	1454,57
8	Пыль	2600,0
	Углеводороды	2928,2
	Ацетон	3,44
	Окись углерода	2442,45
	Хлор	0,88
	Аммиак	13,21
9	Пыль	7603,3
	Фтористые соединения	2,22
	Аммиак	3,0
	Окись углерода	2452,42
	Фенол	29,9
	Этиловый спирт	368,65
10	Пыль	3688,8
	Сернистый ангидрид	768,55
	Фенол	4,04
	Формальдегид	1,70
	Кислота серная	24,38
	Аммиак	5,76
11	Пыль	4711,5
	Аммиак	1,89
	Спирт этиловый	216,72
	Окись углерода	2106,52
	Хлор	1,96
	Хром	0,12

Продолжение таблицы А.1

№ варианта	Вещество	Масса, т/год
12	Пыль	2115,6
	Ксилол	0,59
	Углеводороды	19561,2
	Окись углерода	10184,6
	Двуокись азота	1515,7
	Стирол	2,01
13	Сероводород	1,16
	Кислота серная	19,11
	Сернистый ангидрид	12602,8
	Окись углерода	811,16
	Азота двуокись	2567,2
	Пыль	4562,7
14	Окись углерода	720,8
	Формальдегид	0,69
	Спирт метиловый	2,51
	Свинец	0,16
	Кислота серная	25,0
	Пыль	5110,82
15	Окись углерода	2116,7
	Свинец	1,02
	Ангидрид сернистый	215,17
	Бенз(а)пирен	0,02
	Марганец	11,6
	Пыль	1592,8
16	Пыль	2110,7
	Свинец	0,30
	Окись углерода	15615,5
	Углеводороды	31862,8
	Хром	0,16
	Ванадия окись	13,00
17	Углеводороды	3150,7
	Хлор	4,05
	Фтористые соединения	2,19
	Пыль	8100,9
	Ацетон	5,0
	Окись углерода	1672,42

Продолжение таблицы А.1

№ варианта	Вещество	Масса, т/год
18	Пыль	3102,8
	Углеводороды	2817,82
	Ацетон	2,68
	Окись углерода	3110,17
	Хлор	0,92
	Аммиак	11,23
19	Пыль	6730,3
	Фтористые соединения	2,23
	Аммиак	3,09
	Окись углерода	2964,8
	Фенол	35,8
	Этиловый спирт	418,83
20	Пыль	4891,8
	Сернистый ангидрид	811,32
	Фенол	3,92
	Формальдегид	2,40
	Кислота серная	29,67
	Аммиак	7,65