

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

А.Х. Султангареева

Р.З. Гибадуллин

ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ (ЧАСТЬ I)

Учебно-методическое пособие



КАЗАНЬ – 2015

УДК 504.05/06
ББК 20.1
С 89

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим советом факультета
лесного хозяйства и экологии КГАУ
(протокол № 2 от 16 сентября 2015 г.)

Рецензенты:

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент КазГАУ **И.К. Сингатуллин.**;
кандидат биологических наук, доцент Технологического института – филиала
Ульяновской ГСХА им.С.П.Столыпина, зав.кафедрой естественнонаучных и
гуманитарных дисциплин **З.М. Губейдуллина**

Султангареева А.Х.

С89. Инженерная экология (часть I): Учебно-методическое пособие / А.Х. Султангареева, Р.З. Гибадуллин. - Казань: Изд-во Казанский ГАУ, 2015.- 96 с. ISBN.....

Учебно - методическое пособие разработано в соответствии с программой общего экологического образования инженеров. В материале излагаются основные концепции биосферы и экологии, выделяются понятия ноосферы и техносферы, описываются процессы деградации и загрязнения природы, дается представление о методах, задачах и средствах инженерной экологии и защиты окружающей среды.

Данное пособие предназначено студентам вузов, инженеров-экологов, специалистов по инженерной защите окружающей среды, а также для преподавателей и аспирантов

**УДК 504.05/06
ББК 20.1**

ISBN.....

© Султангареева А.Х., 2015

© Гибадуллин Р.З.

СОДЕРЖАНИЕ

Наименование разделов	Стр.
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ И ЭКОЛОГИИ	5
1.1. Учение о биосфере	5
1.2. Техносфера	6
1.2.1. Система «человек - техника – среда»	7
1.3. Ноосфера	9
1.4. Учение об экологии	10
1.5. Влияние антропогенной нагрузки на жизнь организмов	11
ГЛАВА 2. ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ЕЕ ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА	13
2.1. Предмет инженерной экологии	15
2.2. Задачи инженерной экологии	18
2.3. Методы инженерной экологии	21
ГЛАВА 3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА	23
3.1. Основные источники загрязнения атмосферы	24
3.2. Нормирование атмосферных загрязнений	30
3.3. Методика определения запыленности воздуха	32
3.4. Автотранспорт и его влияние на окружающую среду	34
ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БИОТЫ	38
4.1. Методика определения устойчивости растений к сернистому газу	40
4.2. Методика определения устойчивости к хлору	41
4.3. Методика определения устойчивости к аммиаку	41
4.4. Методика определения устойчивости растений к высоким температурам	42
4.5. Методика определения омертвления и поражения тканей листа в загрязненной воздушной среде	44
4.6. Методика оценки фитонцидной активности растений и токсичности оседающей на них пыли	45
4.7. Методика количественного учета микроорганизмов в воздушной среде рабочих помещений	49
ГЛАВА 5. ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ	52
5.1. Методика определения влияния солей тяжелых металлов на плазмолиз растительной клетки	52
5.2. Соли тяжелых металлов и их влияние на коагуляцию растительных и животных белков	55
ГЛАВА 6. МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	57
6.1. Мониторинг атмосферного воздуха	57
6.1.1. Определение диоксида серы	60
6.1.2. Определение диоксида азота	63
6.2. Мониторинг водного бассейна	66
6.2.1. Органолептические свойства воды	68
6.2.2. Определение на эпидемическую безопасность воды	71
6.3. Антимикробные свойства высших растений	75
6.4. Определение кислотности и токсичности осадков	77
6.4.1. Определение pH осадков	78
6.4.2. Определение токсичности осадков	78
ГЛАВА 7. МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННО-БИОТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА	80
7.1. Биотестирование как наиболее целесообразный метод определения интегральной токсичности почвы	82
7.2. Оценка состояния почвенно-биотического комплекса	84
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	89
Литература	90

ВВЕДЕНИЕ

В современном обществе существует образное выражение, что мы живем в эпоху трех «Э»: экономика, энергетика, экология. При этом экология, как наука и образ мышления, привлекает все более и более пристальное внимание человечества.

Экологию рассматривают как науку и учебную дисциплину, которая призвана изучать взаимоотношения организмов и среды во всем их разнообразии. При этом под средой понимается как мир неживой природы, так и воздействие одних организмов или их сообществ на другие организмы и сообщества.

Термин «экология» был введен в употребление немецким естествоиспытателем Э. Геккелем в 1866 году и в дословном переводе с греческого обозначает науку о доме (ойкос — дом, жилище; логос-учение). В настоящее время термин «экология» существенно трансформировался. Она стала больше ориентированной на человека в связи с его исключительно масштабным и специфическим влиянием на среду.

Современную экологию можно рассматривать как науку, занимающуюся изучением взаимоотношений организмов, в том числе и человека со средой, определением масштабов и допустимых пределов воздействия человеческого общества на среду, возможностей уменьшения этих воздействий или их полной нейтрализации. В стратегическом плане — это наука о выживании человечества и выходе из экологического кризиса.

Становится все более ясным, что человек очень мало знает как сохранить окружающую среду. Раскрытие этих механизмов - одна из важнейших задач современной экологии и экологического образования. Экология стала проникать практически во все отрасли знаний, с ней связывается гуманизация естественных и технических наук, она активно внедряется в гуманитарные области знаний. Экология сегодня рассматривается как мировоззрение, призванное пронизывать все науки, технологические процессы и сферы деятельности людей.

В данном пособии сделана попытка показать учащимся возможности научных исследований в самых разных областях экологии: инженерной экологии, экологического мониторинга загрязнения окружающей среды, агроэкологии, социоэкологии. Описанные занятия по практическим работам, позволят учащимся более полно осуществлять научно-исследовательские работы и изыскания в различных отраслях экологии.

ГЛАВА 1. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ И ЭКОЛОГИИ

«Кончилось детство человечества, когда мать-природа ходила и убирала за нами. Наступил период зрелости. Теперь надо убирать самим, а вернее научиться жить так, чтобы не сорить. Отныне вся полнота ответственности за сохранение жизни на Земле ложится на нас» (Олдак, 1979).

1.1. Учение о биосфере

Биосфера - (греч . bios - жизнь , sphaira - шар) - это оболочка Земли, включающая область распространения жизни и часть вещества планеты, которое состоит в постоянном обмене с живыми организмами. Впервые представление о биосфере как наружной оболочке нашей планеты было предложено Ж.Б. Ламарком(1744-1829) в начале 19-го века. В научный обиход термин "биосфера" ввел австрийский ученый Э. Зюсс (1875), выделивший ее как одну из земных оболочек.

Основы научного понимания биосферы заложил русский ученый Владимир Иванович Вернадский (1863-1945). По Вернадскому биосфера - область существования живого вещества, которая включает нижние слои атмосферы (до озонового пояса - на высоте около 25 км), всю гидросферу (до максимальных глубин) и верхнюю часть литосферы. Биосфера включает:

- 1) живое вещество;
- 2) биогенное вещество;
- 3) биокосное вещество.

Пределы биосферы ограничиваются физическими условиями существования живых организмов. По современным представлениям, существование жизни обусловлено границами температур от +160 до –250°С и давлением от 0,001 до 3000 атм. Нижняя граница жизни в водной среде проходит на глубине 11500 м, в литосфере (в земной коре) - на глубине более 3000 м (на глубине 4500 м в нефтеносных водах обнаружены микроорганизмы). Верхняя граница распространения жизни в атмосфере обусловлена высотой озонового слоя, служащего для живых организмов защитной средой от смертоносного ультрафиолетового излучения Солнца и расположенного на высоте 25-45 км над уровнем моря.

Биосфера является мощной геологической силой, формирующей равновесие газов, жидкой и твердой фаз Земли и поставляющей огромную часть свободной энергии для усиления техносферы.

Биомасса современной биосферы составляет около 2,5 трлн. т сухого вещества (около 99% этой массы приходится на зеленые растения). Образование нового органического материала, т.е. чистая ежегодная продуктивность биосферы, составляет около 10% (150-200 млрд. т сухого вещества). При этом примерно 1/3 от годового суммарного показателя производства биомассы составляют морские фотосинтезирующие растения и микроорганизмы (хотя они имеют вес примерно в 100 раз меньше, чем наземные виды).

Жизнь в биосфере сосредоточена примерно в диапазоне нескольких десятков километров выше и ниже поверхности Земли. Поскольку радиус нашей планеты составляет около 6400 км (4000 миль), а толщина слоя атмосферы 288 км (180 миль), можно подсчитать, что слой биосферы (тонкий) составляет менее 1% общего объема планеты. А геологический объем биосферы, который определяется с учетом непрерывного отложения части объема производимой ею биомассы, находящейся вне цикла пищевой цепи, составляет, по современным данным, более 4% от общего объема нашей планеты.

В.И.Вернадский считал наличие фотосинтезирующих организмов решающим фактором активной жизни биосферы, так как именно они осуществляют постоянную связь между нашей планетой и космосом, используя солнечную энергию для получения различных химических элементов.

Суммарные запасы фитомассы Земли, по данным ученых, оцениваются в $2402,5 \cdot 10^9$ т (количества органического вещества измеряется в единицах сухого веса); суммарная годовая продукция фитомассы суши оценивается в $171,54 \cdot 10^9$ т.

1.2. Техносфера

В настоящее время под влиянием цивилизованного человечества биосфера претерпевает существенные изменения. Так, преобразующей силой на нашей планете стала *техносфера*, которую запустило человечество.

Неразумное использование человечеством ресурсов биосферы и достижение технического прогресса создало реальную опасность, связанную с последствиями загрязнения природной среды промышленными отходами. Это

послужило тому, что сегодня техносфера существует как автономное начало, которое вышло из под контроля биосферы и противоречит ее законам.

Современное общество находится в глубоком кризисе, хотя этого не скажешь, если ограничиваться некоторыми внешними проявлениями. Мы видим, что экономика развитых стран продолжает расти, пусть даже не такими бурными темпами, как было совсем недавно. Соответственно продолжают увеличиваться объемы добычи полезных ископаемых, что стимулируется ростом потребительского спроса. Наиболее заметно это опять-таки в развитых странах. Вместе с этим социальные контрасты в современном мире между развитыми в экономическом отношении и развивающимися государствами становятся все более выраженными и в некоторых случаях достигают 60-кратного разрыва по величине доходов населения этих стран.

Быстрая индустриализация и урбанизация, резкое увеличение численности населения планеты, интенсивная химизация сельского хозяйства, другие виды антропогенного давления на природу существенно нарушили круговорот веществ и естественные энергетические процессы в биосфере, повредили механизмы ее самовосстановления. На сегодняшний день техносфера существует как автономное начало, которое вышло из под контроля биосферы и противоречит ее законам, что ставит под угрозу здоровье и жизнь современного и будущего поколений людей и в целом дальнейшее существование цивилизации. Поэтому, человечество «еще вчера» должно было задуматься о том, какую среду вокруг себя оно формирует сегодня и какую «экоплатформу» создает для будущего планеты.

1.2.1. Система «человек - техника – среда»

Развитие техники в процессе научно-технического прогресса текущего столетия привело к появлению огромного разнообразия машин и оборудования, используемых в промышленности, на транспорте, в строительстве, сельском хозяйстве, геологии, медицине, научных исследованиях, а также в военных целях. С увеличением мощности техники возрастала сложность управления машинами и загрязнение природной среды. Стали возникать новые технические задачи, решение которых требует научного понимания того, как ведут себя люди в сложных системах управления техникой и какие ситуации могут быть в экосистемах биосферы в связи с все возрастающим их загрязнением антропогенными выбросами. Главной целью решения задач подобного рода было

обеспечение безопасности жизнедеятельности человека и экосистем. Сохранение жизнедеятельности и работоспособности человека, по существу, означает, что организм способен адекватно выполнять весь комплекс кибернетических и метаболических функций. Информационно-кибернетические функции предполагают: а) восприятие важнейших факторов внешней среды; б) поиск и выбор оптимальных форм поведения в соответствии со средой и в) выполнение их. Метаболические (от греч. *metabole* - перемена, обмен веществ в организмах) функции состоят в том, чтобы предоставить организму необходимые вещества и энергию, а также поддерживать целостность всех структур организма.

Раньше большинство задач, связанных с присутствием человека в технических системах, а также решение проблем изготовления и применения технических средств, их согласование со свойствами организма как управляющего органа осуществлялись эмпирически. Оператору приходилось приспосабливаться к системам управления часто за счет преждевременного утомления, ошибок, а иногда и травм, что совершенно недопустимо в эргатических системах. Так возникла необходимость учитывать человеческий фактор при разработке систем, включающих взаимодействие человека и техники. Научное направление, изучающее влияние человеческого фактора (психофизиологии, антропометрии оператора) на производительность системы “человек - техника – среда”, появилось в последние десятилетия и получило название эргономики. Вместе с проблемой определения поведения человека-оператора в проектируемой системе возникла не менее важная проблема - установить, как будет влиять разрабатываемое техническое средство на окружающую среду и жизнедеятельность экологических систем. Прогнозирование поведения человека-оператора, а также загрязнений природной среды необходимо вести методами, совместными с описанием действия машины, т.е. моделировать и прогнозировать поведение оператора и загрязнение окружающей среды как компонент системы “человек - техника – среда”. Применение подобных моделей несколько ограничено по той причине, что методы, например, используемые для описания действия человека, не охватывают действительного разнообразия его действий. Поэтому, чтобы приносить пользу, моделирование не обязательно должно предоставлять точные и подробные прогнозы. Если модели помогают инженеру осмыслить поведение людей и степень загрязнения окружающей среды и дают возможность выделить существенные факторы и разработать эксперимент или модель для решения насущных проблем, это уже полезные модели. Такое

моделирование полезно и имеет большое значение для процесса обучения, а также в практической деятельности.

Взаимодействие систем организма и различных технических средств можно наблюдать повседневно во всех областях современной жизни. В общем случае все такие комплексы являются биотехническими и конструктор-разработчик технических средств должен согласовывать их характеристики с биологическими потребностями человека. Важнейшими проблемами систем "человек – техника" становятся проблемы охраны экологической среды от губительных последствий промышленного производства. В любом случае проектирование техники, выполнение гигиенических и эргономических требований (для обеспечения условий обитания человека) и экологических нормативов (для защиты среды) является обязательным условием оптимального решения задач конструирования. Отсюда вытекает необходимость проектирования и разработки систем, в которые входят как компоненты человек, технические средства и окружающая среда. Понятие "проектирование и разработка эргатических систем" в современном мире широко используется многими отраслями промышленности, в том числе в самолетостроении, кораблестроении, при строительстве космической техники, военными учреждениями и поставщиками военной продукции.

1.3. Ноосфера

Ноосфера (от греческого слова "ноос" - разум; сфера разума). Теория ноосферы впервые была выдвинута В.И.Вернадским в 20-х годах. Само понятие "Ноосфера" (сфера разума) было предложено французским математиком и философом Э. Леруа в 1927г. и в дальнейшем широко использовалось философом П.Тейяр де Шарденом.

В.И.Вернадский начал употреблять термин "ноосфера" в последние годы своей жизни. Однако в отличие от Леруа и Тейяра де Шардена, Вернадский придал понятию ноосфера совершенно другое содержание. Если у французских ученых с этим термином были связаны идеалистические и теологические идеи, то у Вернадского он был связан с неизбежно наступающим временем, когда человечество должно строить свою деятельность и свои взаимоотношения с природой на научной основе.

Обосновав высшую стадию эволюции биосферы, связанную с цивилизацией, управляемой разумной деятельностью человека, В.И.Вернадский

писал: "Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней впервые человек становится крупной геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше" (1988).

Воздействие человечества на окружающую природу растет столь быстро, что в недалеком будущем человеческое общество превратится в основную геологическую силу. На определенной ступени своего развития человечество должно будет принять на себя ответственность за дальнейшую судьбу развития биосферы и нашей планеты в целом. Природоохранной системой по своей сути является инженерная деятельность, суть которой заключается в создании вокруг себя мира посредством мудрости созидания, а не разрушения.

Проблемы оптимизации биосферы носят ярко выраженный междисциплинарный характер и экологическая проблема должна решаться как комплексная. Особая роль принадлежит инженерной экологии, которая создаст безопасную жизнедеятельность любых организмов и всей биоты в целом.

Таким образом, современное учение о ноосфере должно развиваться во взаимодействии процессов техносферы, биосферы и человеческого общества, что послужит гармоничному образованию и движущей силой на планете-силе разума.

1.4. Учение об экологии

Экология (от греческого "ойкос", означающее место обитания, жилище, дом, и "логос" – наука). Представляет собой синтез точных и гуманитарных наук. Экология занимается изучением закономерностей существования и развития сообществ растений и живых организмов во взаимодействии с окружающей средой обитания.

История экологии уходит корнями в древние времена, где еще на папирусах египтяне пытались отобразить написать о жизни и природе, о человеке и среде. Хотя систематизация и научные исследования в экологическом направлении были начаты во второй половине 20 в. В настоящее время современная экология представляет уже ряд междисциплинарных наук и разделов экологии: синэкология; экологию растений, животных, микроорганизмов, водных организмов; социальная экология, промышленная экология и др.

Предметом экологии выступает физиология и поведение отдельных организмов в естественных, природных условиях обитания (аутоэкология),

рождаемость, внутривидовые отношения, миграция, смертность (динамика популяций), взаимоотношения между различными видами, потоки энергии и круговорот веществ (синэкология).

Методы экологии - это наблюдения (косвенные, опосредованные, не опосредованные), мониторинг, эксперименты в реальных (искусственных) условиях, моделирование процесса в популяциях с помощью вычислительной техники.

В экологии какой-либо фактор принято называть элементом среды, который оказывает влияние на организм в любой из стадий его индивидуального развития. Такие факторы называются экологическими и классифицируются на биотические (живые), абиотические (неживые) и антропогенные (хозяйственная деятельность человека).

1.5. Влияние антропогенной нагрузки на жизнь организмов

В настоящее время природные экосистемы и человечество в целом переживает едва ли не самый критический момент за всю историю своего существования. С ростом индустриализации и хозяйственного освоения огромных территорий нарушается нормальная жизнедеятельность природы и живых организмов. Такого рода воздействия на живое принято называть антропогенным стрессом (от англ. - давление, напряжение). Природа практически не в состоянии сегодня справиться с такими нарушениями и это ведет к устойчивой деградации всего живого на планете. Особенно остро это ощущается в больших городах, где сильно развита металлургическая, химическая промышленность, а количество выхлопных газов от автотранспорта зашкаливает. Окружающая природная среда катастрофически разбалансирована. Атмосферный воздух, почвенный покров и водный бассейн загрязнены настолько, что оказывают губительный вред здоровью населения и всему, что живет на Земле.

Загрязнение природной среды – это любые изменения воздуха, воды, почв или пищевых продуктов от поступления в их среду каких-либо веществ и энергии, оказывающих неблагоприятное воздействие на здоровье человека, живые организмы и растения, "неживую" природу и любые объекты ноосферы. В роли загрязнителей природной среды в основном являются такие показатели, как выбросы тепла, шума, радиации, газов с примесью химических веществ и различных вредных излучений.

Зачастую микроклимат города ухудшают различные загрязняющие атмосферу вещества, увеличивая количество туманных дней, тем самым уменьшая освещенность и прозрачность воздуха. Образование смога ухудшает здоровье людей и вызывая головные боли, обострение хронических заболеваний. При смещении облака смога за пределы города поражаются или даже полностью погибают урожаи сельскохозяйственных культур. В ряде крупных промышленных городов планеты катастрофическое загрязнение воздуха вызвало трагические последствия, связанные с тяжелыми заболеваниями и гибелью людей, животных, умирают многие виды растений и деревьев.

Таким образом, влияние антропогенной нагрузки на живые организмы может привести к следующим последствиям:

1. Вред для здоровья человека – распространение инфекционных заболеваний, изменения на генетическом уровне, увеличение количества детских заболеваний, нервные и раковые заболевания, ухудшение репродуктивной функции, снижение иммунитета, болезни легких;

2. Ущерб растительности и животному миру – эпидемии, болезни животных и их гибель, снижение качества и урожайности продовольственных культур, ухудшение продуктивности лесов;

3. Изменение климата – нарушение естественных процессов круговорота и поступления энергии, нарушение систем жизнеобеспечения,;

4. Ущерб для материальных средств – загрязнение зданий, зеленых насаждений, физические и химические разрушения материалов, коррозия металлов;

5. Эстетический ущерб – загрязнение городов, памятников культуры, уменьшение видимости в атмосфере, смог, неприятный запах и вкус и т.д.

ГЛАВА 2. ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА И ЕЕ ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА

Природа - это есть весь материально-энергетический и информационный мир Вселенной. Природа – совокупность естественных условий существования человеческого общества, на которую прямо или косвенно воздействует человечество, с которой оно связано в хозяйственной деятельности.

Взаимодействия человека с природой – проблема вечная и одновременно современная: человечество связано своим происхождением с природным окружением, существованием и будущим. Человек как элемент природы является частью сложной системы «природа – общество». Благодаря природе человек может удовлетворить многие свои потребности.

Все элементы природы представляют собой окружающую среду. В понятие «окружающая среда» не входят созданные человеком предметы (здания, автомобили и др.), так как они окружают отдельных людей, а не общество в целом. Однако участки природы, измененные деятельностью человека (города, сельскохозяйственные угодья, водохранилища, лесополосы) входят в окружающую среду, так как создают среду общества, часто их называют урбанизированной средой.

Окружающая среда (ОС) – совокупность природных тел (атмосферы, гидросферы, литосферы, биосферы) и культурных (техногенных) объектов, предметов социальной и производственной деятельности человека.

Природная среда представляет собой сложное и разнообразное сочетание и взаимодействие абиотических и биотических систем и компонентов литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы в целом. В ней действуют экзогенные, эндогенные и космические факторы и процессы, приводящие к самым разнообразным физическим, химическим и биологическим реакциям, определяющие развитие рельефа, разрушения пород и минеральные новообразования, геохимические процессы миграции вещества, его рассеяние и концентрацию, развитие органического мира, формирование специфических типов ландшафтов, природных средств и геосистем, характерных для суши и Мирового океана

Окружающая человека природа выступает как система. В ней каждый компонент зависит от остальных. Изменения одного из компонентов вызывают изменения и других. Такие системы называют природными комплексами. Географическая оболочка является самым крупным природным комплексом на

нашей планете. В нем взаимодействуют верхняя часть литосферы, вся гидросфера и биосфера, низкие слои атмосферы.

Природные ресурсы (естественные) – это природные объекты и явления, используемые в настоящем, прошлом и будущем для прямого и непрямого потребления, способствующие созданию материальных богатств, воспроизводству трудовых ресурсов. К природным ресурсам относят в настоящее время полезные ископаемые, почву, растительность и животный мир, атмосферный воздух, воду, климат, солнечную и космическую радиацию.

Совокупность природных ресурсов и природных условий жизни общества, используемая в настоящее время или которая может быть использована в обозримом будущем, называют природными благами [4].

Экосистема – совокупность различных видов растений (продуцентов), животных (*консументов*) и микроорганизмов (редуцентов), взаимодействующих друг с другом и с окружающей их средой таким образом, что вся эта совокупность может сохраняться неопределенно долгое время.

Экологический кризис – нарушение биогеохимического круговорота в результате разрушения и угнетения человеком естественных экосистем и, как следствие, нарушение устойчивости окружающей среды.

Возникает положительная обратная связь – проявление кризиса ослабляет устойчивость многих экосистем, сообществ организмов, что, в свою очередь, усиливает нарушение биогеохимического круговорота и т.д.

Человек в созданной им искусственной среде обитания, которая погружена в естественную среду и очень жестко зависит от нее, всегда будет жить и действовать рискуя вызвать необратимые изменения в окружающей среде.

Обеспечение экологической безопасности – такое ограничение действия детерминированных и случайных факторов, когда допустимые уровни опасности не превышают порога устойчивости биоты.

Признаками выхода за пределы устойчивости являются следующие:

- сокращение запасов ресурсов;
- увеличение концентрации загрязнителей;
- отвлечение капитала, материальных, трудовых ресурсов от производства конечной продукции на эксплуатацию более скудных, отдаленных, более рассеянных ресурсов или на виды деятельности, которые раньше бесплатно делала природа (обработка сточных вод, очистка воздуха, восстановление

питательных веществ в почве, сохранение биоразнообразия), или для охраны, поддержания, получения доступа к оставшимся ресурсам;

- сбой природных механизмов очистки от загрязнений;
- возрастание числа конфликтов из-за владения источниками ресурсов.

2.1. Предмет инженерной экологии

Предметом инженерной экологии является инженерное творчество, разрабатывающее проекты и конструкции технических устройств с целью сохранения экологического равновесия и обеспечения безопасности жизнедеятельности экологических систем.

Инженерная экология возникла на стыке технических и экологических наук, поэтому для нее являются характерными черты обеих.

Один из реальных путей разрешения противоречий между развитием техники и экологией природной среды заключается, в том, что сегодня разработчик технических средств должен обладать современным уровнем экологических знаний. В проектировании и конструировании эргономических систем возникла неотложная потребность в специалистах – инженерах-экологах, синтезирующих высокий профессионализм инженера-разработчика технических средств с опытом и знаниями эколога.

Умение пользоваться экологическими знаниями при создании технических средств любых уровней и отраслей, обязательно для каждого специалиста. В ВУЗах технического направления должны выполняться задачи экологии, непосредственно связанные с основами понимания законов природы, чтоб будущий специалист мог предотвратить или ослабить негативное влияние на природу разрабатываемого им объекта.

В последнее время получили распространение такие понятия, как "инженерная экология", "инженерная защита окружающей среды", "промышленная экология", "техническая экология", которые объединяет общая цель – решение проблем сохранения качества природной среды и ее биоты.

Инженерная экология – это научная дисциплина, изучающая объективные закономерности процессов и средств системного взаимодействия человека, технических средств и природной среды с целью создания безопасных для человека и природы систем "человек – техника – среда".

Таким образом, экологические задачи решаются с помощью инженерных задач, поэтому речь идет не о дифференциации экологии на новые отрасли, а об

инженерной защите окружающей среды. Решение экологических проблем с помощью инженерных методов возможно только тогда, когда специалист владеет методологией и экологическим мышлением.

Предметом инженерной экологии является система "человек – техника – среда" (ЧТС), ее исследование и оптимизация в стадии проектно-конструкторских разработок сложных эргатических комплексов. Методологическую основу инженерной экологии представляет системный подход, включающий в спектр своих исследований человеческий фактор оператора, управляющего системой (повышение эффективности, качества труда, сохранение здоровья и трудоспособности, развитие личности и удовлетворение творческих потребностей человека), и проектирование технических средств и охрану окружающей природной среды.

Проблемы инженерной экологии составляют весьма широкий круг вопросов, связанных с развитием гуманизированных, экологичных, эргатических систем. К основным проблемам относятся: анализ процессов совместимости человека, технических средств и экологических систем биосферы и других планетарных систем; анализ проектных и конструкторских задач взаимодействия человека-оператора, технического средства и окружающей природной среды, а также оптимизация распределения функций между элементами системы ЧТС; исследование деятельности человека-оператора и систем управления техническим средством; анализ конструкторских характеристик технических средств, включая комплексы управления и оборудования рабочего места оператора; исследование сложных процессов адаптации человека, управляемой техники и природной среды, а также разработка принципов и методов приспособления конструкции к возможностям человека и к функциям, обеспечивающим экологическую чистоту данного устройства на уровне современных достижений науки и техники. Научные данные инженерной экологии внедряются в практику разработки технических средств в стадии начального проектирования, в процессе которого важное место отводится решению задач взаимной адаптации человека, техники и среды. В данном случае нас интересует экологическая сторона адаптации всех элементов системы ЧТС.

Система управления адаптивная – это система, в процессе функционирования которой происходит адаптация, направленная на улучшение качества управления.

Адаптация в экологии (от лат. – приспособляю) – одно из уникальнейших свойств живого: приспособление организмов к условиям среды. Способность к адаптации, к саморазвитию, усовершенствованию в широко изменяющихся условиях окружающей среды при постоянном воздействии многообразных возмущающих факторов является существенным отличием всего живого от самых гениальных творений человека. Перед наукой и практикой создания новой техники стоит сложная задача – проникнуть в тайны биологических процессов и использовать выработанные природой в ходе тысячелетий свойства для поиска и разработки принципиально новых технических решений. При разработке технических средств интересы социально-экономического прогресса требуют, чтобы новая техника обладала качеством "вариации структур", т.е. свойством гибкого регулирования конструкции для обеспечения высокой приспособляемости к условиям среды и возможностям организма человека. Не менее важна также приспособляемость конструкции к выполнению регламента предельно допустимых концентраций загрязняющих выбросов в окружающую среду.

Развитие инженерной экологии направлено на комплексное решение проблем повышения производительности труда, всестороннего и гармоничного развития личности человека и окружающей природной среды, улучшения условий и гуманизации труда человека, управляющего современной сложной техникой.

Современная самая сложная техника создается для человека, для социально-экономического развития общества. Создание наиболее благоприятных условий жизнедеятельности человека и всего живого на нашей планете сегодня является важнейшей задачей человечества.

Инженерная экология помогает решать эту задачу, вместе с другими науками. Изучение этой науки необходимо каждому современному инженеру и организатору производства.

Проблематика инженерной экологии может быть разделена на несколько направлений. Основные из них: методологическое, экологическое, системотехническое, эргономическое, эксплуатационное и мониторинговое.

Системотехническое направление инженерной экологии связано с изучением инженерно-экологических вопросов разработки эргатических систем ЧТС. Решает основные группы задач:

1. Разработка инженерно-экологических принципов построения технических элементов системы ЧТС, включая разработку принципов

конструирования средств защиты окружающей среды и обеспечения безопасности жизнедеятельности человека.

2. Инженерно-экологическое проектирование, анализ и оценка проектируемой эргатической системы. Сюда относится распределение инженерно-экологических задач по стадиям проектирования системы.

3. Проектирование и разработка принципов и методов инженерной эргономики, оценка условий труда оператора эргатической системы, рабочего места и всего комплекса управления, анализ и проектирование деятельности оператора (группы людей), управляющего системой на разных уровнях решения задач.

Новейшим направлением в инженерной экологии является мониторинг, который позволяет выявлять факторы воздействия технических средств системы на окружающую среду, производить оценку экологичности эксплуатируемых систем и влияния промышленных и других объектов на среду. К этим функциям мониторингового направления относится, в частности, и моделирование антропогенных загрязнений среды, связанных с работой технических средств.

2.2 Задачи инженерной экологии

Инженерная экология возникла на стыке технических и экологических наук, поэтому для нее являются характерными черты обеих. Актуальнейшей проблемой этой новой прикладной науки является преодоление узости взглядов на принципы как инженерных, так и экологических явлений.

Как экологическая наука инженерная экология исследует экологические процессы, на которые оказывают влияние современные технические устройства и производственные комплексы, изучает требования к конкретным техническим средствам и построению системы ЧТС, которые вытекают из особенностей жизнедеятельности человека и биосферы. Иначе говоря, решает задачу приспособления техники, сложных производств к естественным условиям жизни и деятельности человеческого общества и экосистем планеты.

Как техническая наука инженерная экология изучает принципы построения сложных систем, технологические процессы для изучения и выполнения требований, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности человека и биосферы. Сложные системы следует понимать как эргатические системы "человек – техника – среда", сущность которых и их роль в разработке новых технических средств рассматривается подробно в последующих главах книги.

Сложность и многообразие развития технических средств и техносферы в целом порождает много проблем, в решении которых принимает участие инженер. Многие из этих проблем, вырастающие до уровня чрезвычайных экологических ситуаций, появляются в результате частных позиций, одной из которых является ориентация предпринимателя на достижение прибыли.

В ходе технического прогресса мы все лучше понимаем необходимость целостного охвата решения разных технических задач. Технические науки подошли сегодня к рубежу необходимости решения различных задач не только с позиции удовлетворения потребностей человека в общественной жизни, но и обеспечения естественных, чистых экологических условий для окружающей нас природы и всего живого.

Анализ традиционных программ высших технических учебных заведений позволяет достаточно обоснованно утверждать, что в них преобладает частный подход в изучении технических проблем. В них не достает таких общетехнических дисциплин, которые могут стать основой комплексного поиска необходимых решений. Одной из таких новых дисциплин и является инженерная экология.

Проблематика инженерной экологии может быть разделена на несколько направлений. Основные из них: методологическое, экологическое, системотехническое, эргономическое, эксплуатационное и мониторинговое.

Методологические проблемы позволяют выделить предметы в объект исследований, определить методы их изучения, установить принципы раскрытия закономерностей в исследуемой области, определить место инженерной экологии в системе наук, а также ее значение для обыкновенной практики. Методология инженерной экологии – это ее идейные позиции. Основой ее является подход, рассматриваемый в отдельном разделе книги.

Экологическое направление связано с изучением тех свойств биосферы и отдельных экосистем, а также лимитирующих факторов, которые имеют большое значение в процессе эксплуатации технических средств и производственных комплексов. Частные задачи экосистемы, лимитирующие факторы и примеры подробно будут рассмотрены ниже.

Системотехническое направление инженерной экологии связано с изучением инженерно-экологических вопросов разработки эргатических систем ЧТС. В это направление входят следующие основные группы задач:

1. Разработка инженерно-экологических принципов построения технических элементов системы ЧТС, включая разработку принципов

конструирования средств защиты окружающей среды и обеспечения безопасности жизнедеятельности человека.

2. Инженерно-экологическое проектирование, анализ и оценка проектируемой эргатической системы. Сюда относится распределение инженерно-экологических задач по стадиям проектирования системы.

3. Проектирование и разработка принципов и методов инженерной эргономики, оценка условий труда оператора эргатической системы, рабочего места и всего комплекса управления, анализ и проектирование деятельности оператора (группы людей), управляющего системой на разных уровнях решения задач.

Термин системотехника появился в 60-е годы XX века в связи с развитием автоматизированных систем управления предприятием и отраслями народного хозяйства. Системотехника в настоящее время находит применение в автоматизации проектирования, автоматизации сложных научно-экспериментальных работ, автоматизации управления производством, отраслями промышленности и систем и т.д. Системотехника является прикладной научной отраслью, теоретическую основу которой составляет общая теория (более подробно об этом см. разд.7.3.3).

4. Определение экономической эффективности и оценка социальных характеристик, а также разработка методов и критериев оценки надежности и эффективности системы ЧТС в целом.

Прогрессивное эргономическое направление инженерной экологии характеризуется изучением и учетом человеческого фактора при проектировании и эксплуатации технических систем. В настоящее время развивается инженерная эргономика* – научная дисциплина, исследующая объективные закономерности процессов и средств взаимодействия человека, техники и среды с целью приложения их к проектированию и конструированию сложных технических средств, предусматривающих повышение эффективности и качества труда, всестороннее развитие личности, защиту здоровья человека в техносфере.

Эксплуатационное направление инженерной экологии связано с обеспечением эффективности и безопасности функционирования эргатической системы. Дело в том, что чрезвычайные ситуации, аварии и катастрофы, приносящие огромный ущерб окружающей среде и ставящие под угрозу здоровье и жизнь человека, обусловлены эксплуатационными причинами. Среди этих

причин большую роль играют ошибки человека, связанные с недостатками в подготовке оператора, слабыми знаниями и навыками в управлении и безопасности обслуживания техники, плохой организацией его труда.

В задачи эксплуатационного направления входят: профессиональная подготовка операторов для работы в системе ЧТС, инженерно-экологическое обеспечение научной организации труда операторов, вопросы групповой деятельности операторов, инженерно-экологические и технологические методы повышения экологической чистоты в процессе эксплуатации технических средств.

Новейшим направлением в проблематике инженерной экологии является мониторинг, который позволяет выявлять факторы воздействия данной эргатической системы, в частности технических средств системы, на окружающую среду, производить оценку экологичности эксплуатируемых систем и влияния объектов техносферы на среду. К этим функциям мониторингового направления относится, в частности, и моделирование антропогенных загрязнений среды, связанных с работой технических средств.

Изложенная классификация задач инженерной экологии в какой-то мере условна, но она в методическом отношении удобна, так как позволяет раскрыть направления, по которым эти задачи решаются.

2.3. Методы инженерной экологии

Метод (греч. *methodos* – путь, способ исследования, обучения, изложения) – система правил и приемов подхода к изучению процессов и закономерностей природы, общества и мышления. В инженерной экологии метод используется как прием теоретического исследования или практического осуществления чего-нибудь исходя из знаний закономерностей развития объективной действительности и исследуемого предмета, системы, процесса.

Независимо от объекта исследований, научные исследования имеют общие черты. При создании системы ЧТС, естественно, разработчик стремится к порядку в действиях, а это ведет к использованию приемов, соответствующих научному методу. Научный метод, как правило включает рациональный метод: наблюдение – гипотеза – эксперимент – теория.

Для правильного понимания и использования методов, применяемых в инженерной экологии, нужна прежде всего их классификация. В основу такой классификации целесообразно положить способы получения данных о деятельности человека-оператора, работе технического устройства и изменения

экологических характеристик среды. При таком подходе удобно выделить методы: проектно-конструкторские (с использованием достижений науки технического творчества), экологического мониторинга, изучения экосистем, эргономические, математические, имитационные и кибернетические.

Сегодня необходимость целостного охвата многообразных технических задач приобретает особую актуальность, мы все лучше понимаем, что создание сложных технических средств связано с учетом безопасной жизнедеятельности человека и экосистем, понимаем и то, что сущность создания таких систем (человек – техника – среда) заключается в удовлетворении человеческих потребностей в условиях общественной жизни. Основой создания системы ЧТС должен стать комплексный поиск необходимых решений конструкторских задач.

ГЛАВА 3. ЗАГРЯЗНЕНИЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Газовая оболочка Земли представлена атмосферой, роль которой, в природных процессах биосферы огромна. В состав атмосферы входят: первостепенные компоненты (кислород, азот) и второстепенные компоненты (углекислый газ, инертные газы, аммиак, метан, диоксид серы, озон, твердые частицы примесей и т.п.). Негативные изменения разного уровня в атмосфере связаны с изменением концентрации именно второстепенных компонентов воздуха. На настоящий момент основным загрязнителем атмосферы является антропогенная деятельность. Основные источники загрязнения атмосферы это - предприятия топливно-энергетического комплекса, транспорт, машиностроительные предприятия и предприятия химической промышленности. В результате хозяйственной деятельности человека в атмосферу поступает не только большое количество различных газов, но и огромное количество твердых частиц: пыль, копоть, сажа.

Газовый состав атмосферы сформировался в процессе эволюции жизни на планете и имеет биогенное происхождение.

Самая важная для жизнедеятельности человека составная часть воздуха – это кислород. Наибольшая часть атмосферы – азот – для биологических процессов в биосфере имеет сравнительно небольшое значение. В атмосфере всегда присутствуют инертные газы: аргон, неон, гелий, криптон, ксенон, не оказывающие биологического воздействия на человека. В воздухе встречаются также радон и его изотопы в сравнительно ничтожных концентрациях. В верхних слоях атмосферы из атомарного кислорода в результате фотохимической реакции под влиянием солнечной радиации образуется озон – активный газ, неблагоприятно действующий на человека. Обычно в нижней части атмосферы концентрация озона незначительна и опасности для человека не представляет.

Газовый состав атмосферы Земли для сухого воздуха представлен следующими соединениями: азот- 78,1%; кислород -20,9%; аргон и инертные газы- 0,95%; озон- 0,000002%; углекислый газ- 0,03%. Помимо этого в атмосфере всегда имеются пары воды – примерно до 4%, частицы аэрозолей и в малых количествах другие газы.

Более 80% массы воздуха и почти весь водяной пар находятся в приземном слое – тропосфере (высота до 10 км над полюсами и до 18 км над экватором). В слоях тропосферы температура воздуха уменьшается по мере

отдаления от поверхности Земли на каждый километр приблизительно на 6°C , достигая минимума на высоте 10-15 км – минус $60-70^{\circ}\text{C}$.

Выше тропосферы располагаются еще четыре сферы:

Стратосфера – находится на высоте около 50 км от границы тропосферы и характеризуется разреженным слоем атмосферы с ничтожным содержанием влаги. Температура воздуха на высоте 30 км сохраняет постоянную величину (-50°C).

Мезосфера – простирается от стратосферы до высоты 80 км и характеризуется значительным понижением температуры (от -75 до -90°C).

Ионосфера – верхняя граница этой сферы достигает высоты 800 км, характеризуется резким повышением температуры, при этом газы, благодаря ультрафиолетовому излучению Солнца, находятся в ионизированном состоянии.

Экзосфера – расположена на высоте от 800 км до 3000 км от поверхности Земли, где господствуют атомы водорода и гелия, образуя экзотическую корону планеты, достигающую 20 тыс. км.

В атмосфере содержится около 0,03% CO_2 , или $2,3 \cdot 10^{12}$ т, источником которого являются вулканические газы, горячие ключи, дыхание живых организмов и растений и сжигание человеком различных горючих ископаемых. При сжигании топлива выбрасывается в атмосферу ежегодно около $1 \cdot 10^{10}$ т углекислоты, причем объем этих выбросов постоянно увеличивается. В непрерывном обменном круговороте между атмосферой и океаном находится примерно $1 \cdot 10^{11}$ т CO_2 . Время обмена углекислоты в верхних слоях океана составляет 5-25 лет, в глубоких слоях – 200-1000 лет, а полный обмен CO_2 в атмосфере происходит примерно за 300-500 лет.

3.1. Основные источники загрязнения атмосферы

Источники загрязнения бывают двух типов: природные (естественные) и антропогенные (искусственные).

К природным источникам относятся: пыльные бури, пожары, различные аэрозоли растительного, животного или микробиологического происхождения и т.п. Антропогенные выбросы в атмосферу ежегодно составляют более 19 млрд. т, из них более 15 млрд. т углекислого газа, 200 млн. т оксида углерода, более 500 млн. т углеводородов, 120 млн. т золы и др.

На территории Российской Федерации, например, в 1991г., выбросы загрязняющих веществ в воздушную среду составили около 53 млн. т, в том числе промышленностью – 32 млн. т (61%), автотранспортом 21 млн. т (39%). Загрязнения в основном получают в виде побочных продуктов или отходов при добыче, переработке и использовании ресурсов, а также могут представлять собой одну из форм вредных выбросов энергии, например, избыточного тепла, шума и радиации.

Большинство естественных загрязнений (например, извержение вулкана, сжигание угля) рассеиваются по обширной территории, и их концентрация, зачастую, снижается до безопасной (за счет разложения, растворения и рассеивания).

На урбанизированных территориях возникают антропогенные загрязнения воздуха. Наиболее опасными и широко распространенными считаются следующие восемь категорий загрязнителей:

- 1) взвеси – мельчайшие частицы вещества во взвешенном состоянии;
- 2) углеводороды и другие летучие органические соединения, находящиеся в воздухе в виде паров;
- 3) угарный газ (CO) – чрезвычайно ядовит;
- 4) оксиды азота (NO_x) – газообразные соединения азота и кислорода;
- 5) оксиды серы (SO₂ диоксид) – ядовитый газ, опасный для растений и животных;
- 6) тяжелые металлы (медь, олово, ртуть, цинк и т.д.);
- 7) озон и другие фотохимические окислители;
- 8) кислоты (преимущественно серная и азотная).

Рассмотрим, что это за загрязнители и как они образуются.

В крупных городах можно встретить два основных вида источников загрязнителей: точечные, например, труба ТЭЦ, дымовая труба, выхлопная труба автомобиля и т.д. и неточечные – поступающие в атмосферу с обширных источников.

Вещества, загрязняющие окружающую среду бывают твердые, жидкие и газообразные

Твердые – образуются при механической обработке материалов или их транспортировке, при сжигании и тепловых процессах производства. К ним относятся пыль и взвеси, образующиеся: первые – при добыче, переработке и транспортировке сыпучих материалов, различных технологических процессах и

ветровой эрозии; вторые – при открытом сжигании отходов и из промышленных труб в результате самых различных технологических процессов.

Жидкие загрязняющие вещества – продукт химических реакций, конденсации или распыления жидкости в технологических процессах. Основными жидкими загрязнителями являются нефть и продукты ее переработки, загрязняющие атмосферу углеводородами.

Газообразные загрязнители образуются в результате химических реакций, электрохимических процессов, сжигания топлива, реакций восстановления. Наиболее распространенными загрязнителями в газовом состоянии являются: оксид углерода CO, диоксид углерода CO₂, оксиды азота NO, N₂O, NO₂, NO₃, N₂O₅, диоксид серы SO₂, соединения хлора и фтора.

К наиболее опасным и широко распространенным загрязнителям относят:

Пыль и взвеси – это взвешенные в воздухе тонкие частицы, например, дыма и сажи. Загрязняющими источниками взвеси являются промышленные трубы, транспорт и открытое сжигание топлива. В окружающей среде накопление таких частиц вызывает проявление смога или дымки, особенно часто наблюдается в крупных городах.

Пыль - это взвешенные очень мелкие, измельченные частицами. Пыль бывает:

- крупнодисперсная – с частицами размером более 10 мкм, оседающую в неподвижном воздухе с возрастающей быстротой;
- среднедисперсная – с частицами от 10 до 5 мкм, медленно оседающую в неподвижном воздухе;
- мелкодисперсная и дым – с частицами размером 5 мкм, быстро рассеивающуюся в окружающей среде и почти не оседающую.

В инженерной экологии выделяют основные группы загрязнителей воздушного бассейна табл. 1.

Таблица 1.

Основные источники загрязнения атмосферного воздуха

Группа	Аэрозоли	Газообразные выбросы
Котлы промышленные печи	Зола, сажа	NO ₂ , SO ₂ , а также CO, альдегиды (НСНО), органические кислоты, бензапирен
Автомобильные двигатели	Сажа	CO, NO ₂ , альдегиды, углеводороды неканцерогенные, бензапирен
Нефтеперерабатывающая	Пыль, сажа	SO ₂ , H ₂ S, NH ₃ , NO _x , CO, углеводороды, кислоты, альдегиды, канцерогенные

промышленность		вещества
Химическая промышленность	Пыль, сажа	В зависимости от процесса (H_2S , CO , NH_3), кислоты, органические вещества, растворители, летучие сульфиды и др.
Металлургия и коксохимия	Пыль, оксиды	SO_2 , CO , NH_3 , NO_x , фтористые и цианистые соединения, органические вещества, бензапирен
Горная промышленность	Пыль, сажа	В зависимости от процесса (CO , фтористые соединения, органические вещества)
Пищевая промышленность		NH_3 , H_2S , смеси органических соединений
Промышленность строительных материалов	Пыль	CO , органические соединения

Пыль, способная некоторое время находиться в воздухе во взвешенном состоянии, называется аэрозоль, а осевшая пыль называется аэрогель. Мелкодисперсная пыль представляет для организма наибольшую опасность, поскольку она не задерживается в верхних дыхательных путях и может проникнуть глубоко в легкие. Кроме того, тонкая пыль может быть проводником в организм человека различных ядовитых веществ, например, тяжелых металлов, которые на пылинках могут проникать глубоко в дыхательные пути. Как правило вызывает раздражение кожи и слизистых оболочек, приводит к нарушениям дыхания и болям в груди. При очень высоких концентрациях, значительно превосходящих ПДК, вызывает смерть от удушья.

В машиностроительных предприятиях, особенно в цехах горячей и холодной обработки металлов, в воздушную среду рабочих зон выделяется много пыли, токсических и раздражающих газов. Современный стандарт устанавливает ПДК для вредных веществ около 1000 видов. По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяют на четыре класса:

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

Класс опасности веществ установлен в зависимости от норм и показателей табл.2.

Таблица 2.

Классы опасности и пределы уровня загрязнения

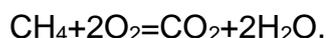
Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	Менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10	Более 10
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500-5000	5000-50000	Более 50000

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны – это концентрации, которые при ежедневной 8-часовой (кроме выходных дней) работе или при другой продолжительности (но не более 41 ч в неделю) в течение всего рабочего стажа не вызывают заболеваний или отклонений в состоянии здоровья.

Предельно допустимая концентрация представляет первичный стандарт, являющийся критерием загрязнения, это максимальный уровень загрязнения, который человек может переносить без ущерба для здоровья, плюс 10-15% как запас прочности.

В технике и промышленности углеводороды используются в качестве энергоносителей, например, природный газ, пропан, бензин, растворители для красок и чистящих средств и др. Среди особо опасных углеводородов важное место занимает бензапирен – составная часть выхлопных газов автомобилей и выбросов в атмосферу от угольных печей.

Угарный газ. При полном сгорании топлива и отходов, представляющих собой органические соединения, образуются углекислый газ и вода:



В случае полного сгорания выбрасывается в воздух двуокись углерода, называемая также углекислым газом (CO₂) при неполном окисленном углероде – угарный газ (CO).

Двуокись углерода – бесцветный газ со слабым запахом образуется при дыхании живых организмов, а также при сжигании угля, нефти и газа на тепловых станциях, в котельных и т.п. В небольшом количестве углекислый газ не опасен, но в очень больших дозах он приводит к смерти. Содержание CO₂ в воздухе постоянно растет, что связано с все более увеличивающимся количеством сжигания угля и нефти. За последние 100 лет содержание двуокиси углерода в

воздухе увеличилось примерно на 14%. Рост содержания углекислого газа в воздухе способствует повышению температуры на Земле, так как слой углекислого газа создает мощный экран, не пропускающий в космос тепло, излучаемое Землей, что нарушает естественный теплообмен между планетой и окружающим ее пространством. Это так называемый парниковый, или оранжерейный, эффект.

Окись углерода (CO) – не полностью окисленный углерод, так называемый угарный газ. CO – ядовитый газ, не имеющий цвета и запаха. Вдыхание угарного газа блокирует поступление кислорода в кровь, приводит к кислородному голоданию тканей с последующим наступлением обморока, паралича дыхательных путей и смерти.

Оксиды азота (NO_x) – газообразные соединения веществ, вырабатываемые микроорганизмами; также могут образоваться в продуктах сгорания топлива в автомобильных двигателях, в химической промышленности, например, при производстве азотной кислоты. При высоких температурах горения часть азота (N_2) окисляется, образуя монооксид (NO), который в воздухе, вступая в реакцию с кислородом, окисляется до диоксида (NO_2) и/или тетраоксида (N_2O_4).

Оксиды азота способствуют возникновению фотохимического смога, образованного из продуктов реакции между окислами азота и ненасыщенными углеводородами под активным действием ультрафиолетового излучения Солнца. Оксиды азота раздражают органы дыхания, слизистые оболочки, особенно легких и глаз, а также отрицательно действуют на мозг и нервную систему человека.

Двуокись серы или так называемый сернистый газ (SO_2) – остро пахнущий, бесцветный газ, раздражающий дыхательные пути человека и животных, особенно в среде тонкой пыли. Основными источниками загрязнения воздуха двуокисью серы являются горючие ископаемые, сжигаемые в энергетических установках. Топливо и отходы, которые при сгорании попадают в воздух, содержат серу (например, в угле от 0,2 до 5,5% серы). В процессе сгорания сера окисляется с образованием SO_2 . Двуокись серы наносит серьезный ущерб окружающей среде – у растений под действием SO_2 происходит частичное отмирание хлорофилла, что пагубно действует на сельскохозяйственные урожаи, лесные деревья, водоемы, выпадая в виде так называемых кислотных дождей.

Тяжелые металлы, загрязняя окружающую среду, приносят огромный вред человеку и природе. Свинец, ртуть, кадмий, медь, никель, цинк, хром, ванадий – постоянные компоненты воздушной среды крупных промышленных

центров. Примеси тяжелых металлов могут содержать уголь, а также различные отходы.

Другой тяжелый металл – ртуть, попадая из загрязненного воздуха в воду в процессе биоаккумуляции в озерах, попадает в организмы рыб, что создает серьезную опасность отравления человека по пищевой цепочке.

Озон и различные активные органические соединения, которые образуются в процессе химических взаимодействий оксидов азота с летучими углеводородами, стимулируемых лучами солнца. Продукты этих реакций называются фотохимическими окислителями. Например, под действием солнечной энергии диоксид азота распадается на монооксид и атом кислорода, который, соединяясь с O_2 , образует озон O_3 .

Серная и азотная кислоты зачастую образуют кислотные дожди, несущие вред всему живому, особенно растительности.

3.2. Нормирование атмосферных загрязнений

Методологические основы гигиенического нормирования атмосферных загрязнений включают следующие положения [...]:

1. Допустимой признается только та концентрация химического вещества в атмосфере, которая не оказывает на человека прямого или косвенного вредного либо неприятного действия, не влияет на самочувствие и работоспособность.

2. Привыкание к вредным веществам, находящимся в атмосферном воздухе, рассматривается как неблагоприятный эффект.

3. Концентрация химических веществ в атмосфере, которые неблагоприятно действуют на растительность, климат местности, прозрачность атмосферы и бытовые условия жизни населения, считается недопустимой.

Таблица 3.

Максимально-разовые ПДК загрязнителей воздуха

Загрязнитель	Максимально-разовые ПДК загрязнителей воздуха, мг/м ³		
	для человека	для растений	для биосферы
Сернистый газ	0,5	0,02	0,02
Аммиак	0,2	0,05	0,05
Двуокись азота	0,085	0,02	0,02
Хлор	0,1	0,025	0,025
Сероводород	0,008	0,02	0,008
Метанол	1,0	0,2	0,2
Бензол	1,5	0,1	0,1
Формальдегид	0,035	0,02	0,02

Циклогексан	1,4	0,2	0,2
Пары H_2SO_4	0,3	0,1	0,1
Оксид углерода	3,0	4000,0	3,0

Устанавливаются два значения норматива: максимально разовая и среднесуточная ПДК.

Максимально-разовая ПДК, где время осреднения пробы составляет 20–30 минут, направлена на предупреждение рефлекторных реакций (ощущение запаха, насморк и др.), связанных с пиковыми, кратковременными подъемами концентраций вредного вещества [...].

Среднесуточная ПДК предназначена для предотвращения хронического воздействия атмосферных загрязнителей, вызывающих общетоксический или специфический эффект.

На основе расчета концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, создаваемых источником выбросов, устанавливаются предельно допустимые выбросы веществ, переносимые воздушными потоками от стационарных источников.

ПДВ, являясь научно-техническим нормативом, устанавливается для каждого конкретного источника загрязнения атмосферы при условии, что выбросы вредных веществ от него, с учетом их рассеивания и превращений, не создадут приземных концентраций, превышающих установленные нормативы качества воздуха. Критериями качества воздуха, используемыми при расчетах, является предельно-допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

Для каждого вредного вещества устанавливается несколько максимальных разовых предельно допустимых концентраций в воздушной среде. Например, одно значение ПДК устанавливается в воздухе рабочей зоны (ПДК_{р.з.}), под которой понимают пространство в двух метрах от пола, где находятся места постоянного или временного пребывания работающих, другое – в атмосферном воздухе населенного пункта (ПДК_{а.в.}). ПДК_{р.з.} – это концентрация, которая при ежедневной, кроме выходных дней, работе в течение 8 часов или при другой продолжительности рабочего дня, но не более 41 часа в неделю в течение всего рабочего стажа, не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. При нормировании загрязняющих веществ учитывается время пребывания людей

в зоне загрязнения, а это связано с возможностью хронических и острых отравлений. На территории предприятия норма содержания примесей снижается втрое. Это вызвано тем, что воздух территории предприятия используется для вентиляции производственных помещений, где концентрация примесей периодически может быть высокой, превышать ПДК_{р.з.} Отсюда следует, что приточный воздух, который используется для проветривания рабочих помещений, должен быть значительно менее загрязненным.

ПДК_{а.в.} – максимальная концентрация примеси, отнесенная к определенному времени осреднения, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного влияния, в том числе и на окружающую среду в целом. Таким образом, ПДК_{р.з.} безвредна только для ограниченного пребывания человека в загрязненной зоне, например 8 часов и только в течение рабочего стажа, а ПДК_{а.в.} не должна лимитировать состояние организма в течение всей жизни человека при неограниченном по времени вдыхании загрязняющего вещества [4]. Следовательно, необходимость отдельного нормирования загрязняющих веществ в воздухе определяется законом толерантности. На предприятии в течение рабочего дня загрязненным воздухом дышат практически здоровые люди, прошедшие медицинское освидетельствование, в населенных же пунктах круглосуточно находятся не только взрослые, но и пожилые люди, дети, беременные и кормящие женщины, люди, страдающие заболеваниями дыхательной, сердечнососудистой систем. Поэтому $\text{ПДК}_{\text{р.з.}} > \text{ПДК}_{\text{а.в.}}$. Так, для диоксида серы $\text{ПДК}_{\text{р.з.}} = 10 \text{ мг/м}^3$, а $\text{ПДК}_{\text{а.в.}} = 0,5 \text{ мг/м}^3$. Концентрации вредных веществ с учетом рассеивания не должны превышать [4]:

- в воздухе на территории предприятия 30 % от ПДК_{р.з.} ($\text{ПДК}_{\text{п.п.}} \leq 0,3 \text{ ПДК}_{\text{р.з.}}$);
- в воздухе населенных пунктов – ПДК_{м.р.} и ПДК_{с.с.};
- в воздухе населенных пунктов с населением более 200 тыс. человек и в курортных зонах – 80 % от ПДК_{м.р.}

3.1. Методика определение запыленности воздуха

Изучение степени запыленности воздуха в окружающей среде производится следующим методом оценки.

В зимний период времени необходимо приготовить следующие материалы, приборы и реактивы: образец снега или воды для анализа, бумажные фильтры, теххимические весы с разновесами, штатив с зажимом, стеклянная воронка,

стеклянная палочка, коническая колба емкостью 250 см³, мерный цилиндр емкостью 100 см³, сушильный шкаф.

Запыленность воздуха зимой определяют по характеру загрязнения снежного покрова. Отбор проб снега производится через 10-14 дней после его выпадения с площади 1 м², на всю глубину снежного покрова. В теплое время года пылевую нагрузку на атмосферу определяют с помощью кювет с дистиллированной водой, которые выдерживают в течение 10-15 дней в месте отбора пробы, с периодическим добавлением воды для предотвращения ее полного испарения.

Образец снега растопить в подходящей емкости (в кювете) при комнатной температуре, отмерить в мерном цилиндре 100 мл талой воды (или собранной воды, если анализ проводится в теплое время).

На теххимических весах взвесить сухой бумажный фильтр. В штативе закрепить стеклянную воронку, положить в нее фильтр, смочить его несколькими каплями дистиллированной воды для плотного прилегания фильтра к стенкам воронки, образец воды тщательно перемешать и воду отфильтровать через фильтр в коническую колбу.

Высушить фильтр с осадком в сушильном шкафу при температуре 105°С, взвесить высушенный фильтр с пылью. Для достоверности результатов определения запыленности воздуха опыт повторить еще дважды. Массу сухого чистого бумажного фильтра и массу фильтра с пылью занести в табл. 3.

Таблица 3.

№ п/п	Масса сухого фильтра а м, г	Масса фильтра с пылью п, г	Площадь поверхности и S, м ²	Время t, сутки	Пылевая нагрузка P, г/(м ² ·сут.)	Средняя пылевая нагрузка P _{ср} г/(м ² ·сут.)
1						
2						
3						

Обработка результатов

Рассчитать массу пыли и пылевую нагрузку (размерность пылевой нагрузки P — г/м²·сут) в центральной части г.Казань по формуле:

$$P = \frac{m - n}{S \cdot t}, \text{ где } m \text{ — масса фильтра с осадком, г;}$$

n — масса пустого фильтра, г;

S — площадь поверхности снежного покрова, m^2 ;

t — время между началом выпадения снега и отбором пробы, сутки.

Среднюю пылевую нагрузку найти как среднее арифметическое данных трех опытов:

$P_{ср}=(P_1+P_2+P_3)/3$, где $P_{ср}$ — средняя пылевая нагрузка;

P_1 — значение пылевой нагрузки, полученное в первом опыте;

P_2 — значение пылевой нагрузки, полученное во втором опыте;

P_3 — значение пылевой нагрузки, полученное в третьем опыте.

Проанализировать полученные результаты и сделать вывод о степени запыленности воздуха в населенном пункте, учитывая, что запыленность считается выше среднего, если превышает значение $0,02 \text{ г/м}^2$.

Контрольные вопросы

1. Какой состав и строение имеет атмосфера?
2. В чем заключается защитная роль земной атмосферы?
3. Какое влияние оказывает загрязнение атмосферы на здоровье людей, животных, растительность, на погоду и климат?
4. Какова роль автотранспорта в загрязнении воздуха в городах?
5. Что такое смог и как он образуется? Какое влияние оказывает смог на окружающую среду?

3.2. Автотранспорт и его влияние на окружающую среду

Существенной составляющей загрязнения воздушной среды городов, особенно крупных, являются выхлопные газы автотранспорта, которые в ряде столиц мира, административных центрах России и стран СНГ, городах-курортах составляют 60-80% от общих выбросов. Сегодня, многие страны, в том числе и Россия, принимают различные меры по снижению токсичности выбросов разными путями: улучшение очистки бензина, замены его на более чистые источники энергии (этанол, газовое топливо или электричество), снижения свинца в добавках к бензину. Разрабатываются более экономичные двигатели с более полным сгоранием горючего, создание в городах зон с ограниченным движением автомобилей, проектирование санитарно-защитных зеленых полос и др. Несмотря на принимаемые меры, с каждым годом растет число автомобилей и загрязнение воздуха не снижается.

Известно, что автотранспорт выбрасывает в воздушную среду более 200

компонентов, среди которых угарный газ, углекислый газ, окислы азота и серы, альдегиды, свинец, кадмий и канцерогенная группа углеводородов (бензопирен и бензоан- троцен). При этом наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается автотранспортом в воздух на малом ходу, на перекрестках, остановках перед светофорами. Частные решения этой проблемы:

- установка фильтров для очистки выхлопных газов и дожигающих углеводороды устройств;
- замена содержащих свинец антидетонаторных добавок;
- такая организация движения транспорта, которая уменьшает и исключает частую смену режимов работы двигателей: создание дорожных развязок, расширение дорожного полотна, строительство переходов и т. д.

Кардинально проблема может быть решена при замене двигателей внутреннего сгорания на электрические. Для уменьшения токсических веществ в выхлопных газах автомобилей предлагается замена бензина другими видами горючего, например смесью различных спиртов. Перспективны газобаллонные автомобили.

Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей удобно оценивать по концентрации окиси углерода, в мг/м:

$$K_{CO}=(0,5+0,01NK_T)K_A K_Y K_C K_B K_P$$

Где: 0,5 - фоновое загрязнение атмосферного воздуха не транспортного происхождения, мг/м

N - суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автомобилей / 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 - то же в зависимости от относительной влажности воздуха,

K_P - коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений.

Коэффициент токсичности автомобилей определяется как средневзвешенный для потока автомобилей по формуле:

$$K_T = \sum P_i K_t$$

Где:

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

P_i -

состав автотранспорта в долях единицы, K_t - определяется по табл 4.

Таблица 4.

Значение коэффициента K_A , учитывающего аэрацию местности, определяется по табл. 5.

Таблица 5.

насыпи	
Пешеходные тоннели	0,3

Значение коэффициента K_y , учитывающего изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона, определяем по табл. 6

Таблица 6.

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

Коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра K_c , определяется по табл. 7

Таблица 7.

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

Значение коэффициента K_B , определяющего изменение концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха, приведено в табл.8.

Таблица 8

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

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха окисью углерода у пересечений приведен в табл.9.

Таблица 9.

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

ПДК выбросов автотранспорта по окиси углерода равно 5 мг/м

Контрольное задание

Магистральная улица города с многоэтажной застройкой с двух сторон, продольной уклон 2°, скорость ветра 4 м/сек, относительная влажность воздуха - 70%, температура 20°C. Расчетная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях - 500 автомашин в час (N). Состав автотранспорта: 10% грузовых автомобилей с малой грузоподъемностью, 10% со средней грузоподъемностью, 5% с большой грузоподъемностью с дизельными двигателями, 5% автобусов и 70% легковых автомобилей. Оценить уровень загрязнения воздуха окисью углерода. Какие мероприятия позволят снизить уровень выбросов?

ГЛАВА 4. ВЛИЯНИЕ АНТРОПОГЕННЫХ ФАКТОРОВ НА УСТОЙЧИВОСТЬ БИОТЫ

Жизнь на Земле сформировалась под действием условий среды. Последняя представляет собой совокупность энергии, материальных тел, явлений, которые находятся во взаимодействии. В понятие условий среды входят компоненты, не влияющие или мало влияющие на жизнедеятельность организмов и те, которые существенно влияют на жизнедеятельность биоты. Биота – исторически сложившаяся совокупность живых организмов, обитающая на какой-либо крупной территории. В отличие от понятий биоценоз и биом, Биота не

подразумевает экологических связей между видами (*Н.Ф. Реймерс, 1995*). Так существенно влияющие факторы называются экологическими (свет, температура, вода, засоление почв, радиоактивность и другие). Экологические факторы действуют совместно, хотя в ряде случаев один фактор преобладает над другими, является определяющим в ответных реакциях организмов.

Экологические факторы весьма разнообразны, имеют разную природу и специфику действия и воспринимаются разными видами организмов по-разному. При этом адаптации способны проявляться на самых разных уровнях: от биохимии клеток и поведения отдельных организмов до строения и функционирования сообществ и экосистем. Большую роль в восприятии экологических факторов играют мембраны клеток, цитоплазма и различные органеллы.

Действия стрессовых экологических факторов выражаются в изменении или нарушении структур клеток, тканей и физиологических функций всего организма, популяций, сообществ. Эти изменения определяются как силой и характером действия самого фактора, так и устойчивостью организма.

Влияние антропогенных факторов выражается в изменении проницаемости покровных тканей листа (при проникновении кислоты, при действии высоких температур и агрессивных газов), изменении в компонентах клетки (плазмолиз, разрушение хлорофилла, его феофитинизация, коагуляция белка), а также в нарушении жизнедеятельности отдельных органов растений (листья, побеги).

В зоне выбросов, чтобы оценить устойчивость растений к сернистому газу, хлору и аммиаку необходимо проводить исследования с помощью методик.

Устойчивость растений в условиях антропогенного загрязнения воздушной среды

Современная урбанизация привела к загрязненности атмосферы, что отрицательно сказывается на растительности городов и их окрестностей. Присутствие в воздухе диоксида серы, хлора, фтора их соединений, угарного газа и других окислителей наносят особенно большой вред растениям. Промышленные газы воздействуют на ассимилирующий аппарат зеленых растений. Они разрушают цитоплазму и хлоропласты в клетках листьев, корневую систему растений и угнетают деятельность устьиц, в 1,5-2 раза снижая

интенсивность фотосинтеза и транспирации. Вредному воздействию загрязнителей атмосферы особенно подвержены хвойные деревья: пихта, кедр, сосна, ель, которые первыми погибают от загрязнения атмосферы в крупных промышленных районах.

Негативное влияние на растительный мир оказывают выбросы предприятий химической промышленности и цветной металлургии. В окрестностях заводов, производящих алюминий и серную кислоту, гибнут сады и виноградники, вблизи цементных заводов гибнут плодовые деревья и кустарники.

Загрязнение воздуха сопровождается образованием устойчивых аномалий повышенного содержания загрязнителей в воде, почве, растениях. Параметры очагов загрязнения различны. В Канаде вокруг металлургического комплекса Садбери, в воздушных выбросах которого содержится диоксид серы, вся растительность уничтожена на площади около 60 км². Токсичные газопылевые выбросы промышленных предприятий и кислотные дожди вызывают деградацию лесной растительности на обширных территориях, гибель рыб и других водных животных во многих озерах. Мощное угнетающее воздействие на растительность оказывает Норильский металлургический комбинат в России. Так как концентрация загрязнителей возрастает по цепям питания, то в окрестностях химических заводов она в теле животных в десятки раз выше, чем в окружающем воздухе.

4.1. Методика определения устойчивости растений к сернистому газу

Основной европейской проблемой в загрязнении атмосферы считаются выбросы диоксида серы, которые постоянно увеличиваются. На концентрацию сернистого ангидрида в воздухе до 0,5 мг/м³ древесные породы не реагируют, при 1-2 мг/м³ - повреждаются наиболее чувствительные растения, при 2-5 мг/м³ - происходит хроническое отравление растений, при 2-26 мг/м³ - наблюдается острое отравление хвойных и лиственных пород, при 260 мг/м³ - хвойные породы погибают в течение нескольких часов.

Устанавливают сравнительную устойчивость растений к сернистому газу и определяют наиболее чувствительные биоиндикаторы. Для получения сернистого газа используется сульфит натрия (Na₂SO₃) и серная кислота (H₂SO₄).

Реакция идет по следующему уравнению: $\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{SO}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$

Согласно этому уравнению можно рассчитать навеску соли для получения

того или иного количества сернистого газа с учетом объема колбы, однако это более трудная задача, которая может быть решена в ходе дипломных исследований.

Необходимое оборудование, реактивы, материалы: колбы конические на 750 мл (камеры); плотные пробки к ним; пластилин; небольшие одинаковые тигли; длинные трубки, у которых изолировано калькой дно; мерные пробирки; длинные пинцеты; реактивы: NaSO_4 H_2SO_4 (конц.); листья растений.

В длинные пробирки насыпают равное количество сульфита натрия. На пробирку надевают колбу доньшком вверх, так чтобы пробирка касалась дна. Затем переворачивают колбу и вынимают пробирку. Остается небольшая горка сульфита на дне колбы. Рядом с сульфитом на дно осторожно устанавливают тигелек с серной кислотой, придерживая длинным пинцетом.

Ниткой обвязывают пучок листьев (5-7г) и опускают в колбу таким образом, чтобы листья висели, не соприкасаясь с реактивами. Колбу закрывают пробкой так, чтобы нитка оказалась между пробкой и горлышком колбы. Затем пластилином заделывают всю систему и резким движением опрокидывают тигелек с серной кислотой на сульфит натрия, отмечают время начала химической реакции.

Необходимо вести постоянные наблюдения за изменением листьев растений. Спустя некоторое время (2-3 часа) растения вынимают и описывают все повреждения (некрозы, хлорозы, изменения растений после помещения их в воду). Таким образом, определяют наиболее чувствительные растения, которые могут быть биоиндикаторами и устанавливают сравнительную устойчивость растений к сернистому газу.

4.2. Методика определения устойчивости к хлору

Хлор выделяется рядом промышленных предприятий по производству моющих средств. В лабораторном опыте в качестве источника хлора используется HOCl . Реакция идет по следующим уравнениям:
 $2\text{KMnO}_4 + 16\text{HCl} = 5\text{Cl}_2 + 2\text{KCl} + 2\text{MnCl}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$ или $\text{KClO}_3 + 6\text{HCl} = 3\text{Cl}_2 + \text{KCl} + 3\text{H}_2\text{O}$

Закладка опыта, оборудование, его проведение, снятие результатов аналогичны предыдущему, используются лишь другие реактивы: KMnO_4 или KClO_3 .

4.4. Методика определения устойчивости к аммиаку

Аммиак присутствует в выбросах многих предприятий в небольших количествах. В окружающей среде - это продукт распада органических веществ: он также выделяется из почвы.

В больших животноводческих комплексах большое количество аммиака образуется при распаде мочи животных, тем самым собранная моча может использоваться как эффективное азотное удобрение. Все такие комплексы должны иметь защитную зеленую полосу из древесных растений, которые должны быть устойчивы к аммиаку.

Подготавливают пучок листьев и помещают в камеру методом, указанным в предыдущих опытах с газом.

Комочек (0,7 см) гигроскопической ваты увлажняют 5% - ным аммиаком, опускают длинным пинцетом на дно конической колбы-камеры. Колбы закрывают пробками и герметично заделывают пластилином. Снятие результатов производится путем постоянного наблюдения, а также путем выемки растений через 2-3 ч. в чашку Петри и описания всех повреждений. Устанавливают сравнительную устойчивость разных растений к аммиаку. Выделяют растения - биоиндикаторы.

4.5. Методика определения устойчивости растений к высоким температурам

Температура - один из основных экологических факторов на Земле. Она меняется в широком диапазоне в зависимости от природных зон, и конкретных условий (вулканическая деятельность, горячие источники, выброс тепла энергетическими установками и др.). Разные типы растений по-разному относятся к этому фактору. Так, некоторые растения выдерживают более высокие температуры, чем другие растения. В пределах последней группы также имеются большие различия.

Работа проводится с группой древесных растений различных видов, встречающихся в данной местности. Это дает возможность построить ряд древесных видов по степени устойчивости к высоким температурам, выявить наиболее устойчивые из них. В этой связи мы брали по 5-6 свежих листьев от различных древесных пород, обернув концы черешков в мокрую вату, фольгу, а все листья поместили в целлофан. В крайнем случае, можно использовать комнатные растения. Принцип метода предложен **Ф.Ф. Мацковым** и основан на установлении порога повреждения живых клеток от экстремальных

температур. Если подвергнуть листья действию высокой температуры, а затем погрузить в слабый раствор соляной кислоты, то поврежденные и мертвые клетки побуреют вследствие свободного проникновения в них кислоты, которая вызовет превращение хлорофилла в феофитин (бурого цвета), тогда как неповрежденные клетки останутся зелеными.

У растений, имеющих кислый клеточный сок, феофитинизация может произойти и без обработки соляной кислотой, т.к. при нарушении полупроницаемости тонопласта органические кислоты проникают из клеточного сока в цитоплазму и вытесняют магний из молекулы хлорофилла. Данную работу лучше проводить в первую половину вегетации, когда не наблюдается естественного разрушения хлорофилла у древесных пород.

Необходимое оборудование, реактивы, материалы: водяная баня; термометр; пинцет; чашки Петри (5 шт.); стакан с водой; тонкая проволока; карандаш по стеклу; 0,2 н раствор соляной кислоты; свежие листья древесных растений.

Нагревают водяную баню до 40 градусов, и погружают в нее пучок из 5 одинаковых листьев, скрепив черешки провололочкой. Выдерживают в воде в течении 30 минут, при данной температуре. После этого помещают по одному листу в чашки Петри с холодной водой и потом пинцетом переносят в чашку с кислотой. Все это же проделывают при температурах 50, 60, 70, 80 градусов.

Таблица 10.

Определение устойчивости растений к высоким температурам

объект	Степень повреждения листьев				
	40	50	60	70	80
Береза	-	+	++	+++	
Тополь	-	-	+	++	+++
Сосна	-	-	+	+	++
Ель	-	-	++	+++	

- отсутствие побурения

+ слабое побурение

++ побурение более 50% площади листа

+++ сплошное побурение.

Как видно из данных представленных в табл. 2, что более высокие температуры могут выдержать сосна и тополь, а береза может выступать в роли биоиндикатора высоких температур.

4.6. Методика определения омертвления и поражения тканей листа в загрязненной воздушной среде

Ткани листьев древесных растений, поврежденные в результате антропогенного загрязнения воздушной среды, выбывают из процесса фотосинтеза и перестают выполнять свои основные функции: синтеза органических веществ, выделения кислорода и фитонцидов. Ослаблена и их пылезадерживающая роль, т. к. основная масса пыли оседает на слегка влажной поверхности живого листа.

Функция фотосинтеза в огромной мере зависит от площади листовой поверхности (листового индекса). Визуальные методы оценки площади листьев и процента повреждений листовой ткани имеют очень малую точность, хотя в целом и отражают общую картину повреждений. Предлагаемые методы оценки дают более точное определение пораженной и мертвой ткани, т. к. желтеющая ткань, определенная визуально как живая, может быть оценена как мертвая диагностическими методами.

Для объективной характеристики повреждений требуется сбор большого количества листьев (более 50 с каждой точки), точное взятие проб, характеризующее всю совокупность, выделение частей дерева по степени соприкосновения с загрязнителями (например, крона дерева направлена в сторону дороги или в противоположную сторону: первый ряд, второй, третий и т. д.).

Для учебных целей достаточно 10-20 листьев с полной характеристикой места взятия образца.

Для проведения работы необходимо иметь следующие оборудование, реактивы, материалы: весы торсионные; линейки; листы кальки; микроскопы; чашки Петри; бритвы; препаровальные иглы; 0,2 н раствор соляной кислоты; теплая вода; раствор метиленового голубого (100 мг/л) в 2,5%-ном KH_2PO_4 или акридиновый оранжевый (200 мг/л); источник ультрафиолета (ультрахимископ «Хроматоскоп»); 10%-ный раствор сахарозы.

А. Вычисление процента пораженной ткани листа

Собранные листья расправляют, кладут на квадрат кальки, у которого длина и ширина соответствуют размерам листа. Кальку взвешивают ($P_{\text{кв}}$), лист очерчивают, по контурам на кальке вырезают его силуэт. Эту часть кальки также взвешивают ($P_{\text{л}}$). Определяют площадь листа ($S_{\text{л}}$):

$$S_{л} = \frac{P_{л} \cdot S_{кв}}{P_{кв}},$$

Применение кальки обусловлено ее прозрачностью, что необходимо для дальнейшей работы.

Контурсы листа на кальке совмещают с листом и очерчивают все поврежденные участки, вырезают, взвешивают. Вычисляют процент поврежденной ткани:

$$S_{повр} = \frac{S_{л} \cdot P_{повр}}{P_{листа}} \cdot 100$$

Б. Диагностика живых и мертвых тканей

1. Листья выдерживают 20-30 мин в теплой воде (35-37° С) для размягчения ткани, затем помещают на 20 мин в 0,2 н раствор соляной кислоты. Мертвые и поврежденные участки побуреют в результате свободного проникновения кислоты в пораженные клетки и феофитинизации хлорофилла.

2. Метод окрашивания. Приготавливают срезы разных частей листа, помещают в каплю метиленового голубого в KH_2PO_4 . Через несколько минут раствор окрашивает мертвые и нежизнеспособные клетки в синий цвет. Живые клетки окрашиваются значительно медленнее. При окрашивании акридиновым оранжевым через 5-10 мин живые клетки флуоресцируют зелено-желтым светом, а поврежденные и мертвые - оранжево-красным.

3. Флуорометрический метод. Живые ткани в ультрафиолете флуоресцируют обычно слабее, чем мертвые (соответственно голубое и желто-розовое свечение).

4. Плазмолитический метод. Срезы сочных тканей помещают на один - два часа в 10% - ный раствор сахарозы. У мертвых клеток плазмолиз не наступает, что наблюдают с помощью микроскопа.

Контрольные вопросы

1. Какие листья растений перестают выполнять свои основные функции: выделение кислорода, фотосинтез и др.
2. От чего зависит в основном функция фотосинтеза растений?

4.7. Методика оценки фитонцидной активности растений и токсичности оседающей на них пыли

Растительные сообщества за счет фотосинтеза освобождают воздух от

диоксида углерода и обогащают его кислородом. Только на листьях деревьев и кустарников оседает до 72% взвешенных в воздухе частиц пыли и до 60% диоксида серы. Поэтому в скверах, парках и садах в воздухе содержится пыли в десятки раз меньше, чем на открытых улицах и площадях. Многие виды деревьев и кустарников выделяют фитонциды, убивающие бактерии. По определению наиболее выдающегося ученого в области фитонцидов Б.П.Токина (1985), фитонциды - это продуцируемые растениями бактерицидные, фунгицидные и протистоцидные вещества, являющиеся одним из факторов иммунитета растений, играющие определенную роль во взаимоотношениях организмов в биогеоценозах. Это явление свойственно всему растительному миру.

С древности люди использовали фитонцидные свойства растений для очистки воздуха помещений от бактерий и насекомых (разбрасывание пихтовой лапки, развешивание веток березы, раскладывание полыни против блох, использование далматской ромашки против тараканов, натирание открытых частей тела соком пижмы и др.). Широко применяются с древности вдыхание паров эвкалипта, пихтовой смолы.

В данном исследовании предлагаются методы оценки фитонцидной активности растений по их влиянию на простейших. Этот же метод может широко применяться и для оценки токсичности оседающей на растениях пыли в районе промышленных предприятий, в городах и т. п.

Необходимое оборудование, реактивы, материалы: микроскоп; предметные и покровные стекла; часовые стекла или предметные с выемкой; пипетки; стаканчики на 100 мл; чашки Петри; маленькие ступки с пестиками; свежие листья растений (тополя бальзамического, черемухи, хвойных), сухие листья эвкалипта, календулы, полыни, чабреца, почки сосны для приготовления вытяжек; сенной настой или вытяжка из плодородной почвы; насекомые.

А. Проба с простейшими

Для опытов берут культуру простейших, которую приготовили заранее.

а) висячую каплю культуры простейших помещают над часовым стеклом с кашицей или вытяжкой исследуемого материала, чтобы они не соприкасались и, наблюдая в микроскоп при увеличении 300 или 600 (в зависимости от цели), отмечают по секундомеру время прекращения движения простейших.

Фитонцидную активность (А) выражают в единицах, рассчитанных по формуле:

$$A = \frac{100}{T}$$

где T - время.

Наблюдаемая картина гибели простейших под влиянием фитонцидов разных растений различна. Встречаются следующие особенности: сморщивание, растворение (лизис), образование вздутий и пузырей, просто прекращение движения и т.д.

б) в середине часового стекла в каплю культуральной жидкости с простейшими добавляют меньшую каплю вытяжки растений с сильной фитонцидной активностью. Как правило, сначала наблюдается усиление движения, затем избегание простейшими фитонцидной вытяжки (рассредоточение по краям), далее обнаруживается уменьшение и вовсе прекращение движения.

Спустя некоторое время можно наблюдать и морфологические изменения, указанные в предыдущем разделе данной работы.

Для того, чтобы капли вытяжки не растекались, ее место можно ограничить, сделав предварительно на предметном стекле петлю из человеческого волоса, в которую и помещают каплю культурной жидкости.

В современном понимании классическая экология приобрела новое развитие в связи с загрязнением окружающей среды (воздуха, воды и почвы). Поэтому в настоящее время нет такой области естественных наук, где бы экология не нашла свою нишу, свое практическое приложение. Это химическое, биологическое и физическое загрязнение среды, источником которых являются промышленность, автотранспорт, радиоактивные выбросы пестициды, неочищенные химические удобрения, их неправильное применение и др.

Очень остро стоит проблема утилизации отходов, которые в городах и пригородах занимают огромные площади. Выход из сложившегося положения один - разумное природопользование, основанное на знании химических и биологических законов.

Следует также понимать и учитывать, что большинство загрязнителей не остается на месте, а перемещается по планете, расширяя свои территории, в результате чего наука об охране окружающей среды давно вышла на глобальный уровень. В связи с вышеизложенным, в части 2 предложен ряд лабораторно-практических работ, связанных с охраной окружающей среды.

Прежде всего, рассматривается микробиологическое загрязнение рабочих помещений, где люди определенных специальностей проводят значительную

часть своей жизни. В этом аспекте интересно фитонцидное влияние растений на микробиологическое загрязнение воздуха и воды, токсикологическая оценка оседающей пыли.

Приготовление культуры микроорганизмов

1. Измельченное сено заливают водой, кипятят 10-15 мин., охлаждают, настаивают 2-3 суток до образования бактериальной пленочки. Добавляют 1-2 мл воды из водоема, аквариума или комочек свежей почвы. Выдерживают 1-2 суток.

2. Листья капусты отваривают 5-10 мин., отвар сливают, охлаждают, в него помещают небольшой комочек почвы. Выдерживается в термостате 1-2 суток.

3. Комочек почвы взбалтывают с водой в небольшой емкости, закрывают неплотно куском бумаги, выдерживают в термостате 1-2 суток.

Следует отметить, что в размножении простейших (как и всех организмов) существуют циклы. Так, они хорошо размножаются весной и летом, хуже - осенью и плохо - в зимние месяцы (особенно в морозы). Кроме того, даже при хорошем их размножении в вышеуказанные периоды они прекращают движение в холодном лабораторном помещении (температура ниже +18 - +20°C), особенно при соприкосновении с холодным предметным стеклом, независимо от токсического эффекта.

Приготовление кашиц и настоев

Мелко нарезанные листья растений быстро растирают в ступке и сразу помещают на часовое стекло. В случае длительного стояния растертого материала фитонцидная активность теряется. Если листья недостаточно влажны и плохо растираются, в ступку добавляют небольшое количество воды. При растирании твердых листьев (эвкалипта, тополя, хвойных) в ступку добавляют дробленое просеянное через сито (1-2 мм) стекло или крупный промытый речной кварцевый песок. При дроблении стекла лучше использовать полотняный мешочек и молоток

Для приготовления настоев растения измельчают до частиц размером 1-5 мм, заливают кипятком, кипятят на слабом огне 3-5 мин., настаивают 1-2 суток в термостате. Не следует сильно измельчать растения (в кофемолке или мельнице). При заливании водой это приводит к слеживанию материала и плохой экстракции активных веществ.

Б. Проба с насекомыми (обнаружение инсектицидных свойств высших растений).

Используют кашлицу из растертых листьев растений или мелко нарезанную

хвою (5-7 г). В пробирки, на дне которых находится кашка растений, помещают муравьев, комнатных мух, плодовую мушку дрозофилу и по скорости их гибели судят о фитонцидной активности того или иного растения.

Летающих насекомых ловят взмахами сачка (движение в виде восьмёрки) в воздухе по траве, кустам. Муравьев ловят в бутылку, на дне которой помещено немного сахарного отвара. Плодовых мушек разводят в лаборатории на специальных средах, они также прекрасно размножаются на давленных сладких фруктах (особенно - винограде).

В. Подводная проба на антимикробные вещества в высших растениях

Целые неповрежденные листья разных растений помещают в стеклянные стаканчики (или банки на 100 мл) с равным объемом дистиллированной воды, к которой добавлена 1/10 часть воды из пруда, водохранилища. Сосуды оставляют в теплом затемненном месте на одну - две недели. В течение этого времени неустойчивые к бактериальному разложению листья разлагаются, а устойчивые - сохраняются.

При сильной бактериальной загрязненности естественных вод и проведении опытов в жаркую погоду получение результатов резко ускоряется и иногда наблюдения надо проводить каждые 2 часа или в 2 раза увеличить разбавление воды (1:20).

Наиболее устойчивыми к разложению являются листья хвойных деревьев, тополя бальзамического.

4.8. Методика количественного учета микроорганизмов в воздушной среде рабочих помещений

Известно, что в помещениях с большим числом людей (непроевентриваемые жилые и рабочие помещения, школы, вокзалы и др.) содержится особенно большое количество разнообразных микроорганизмов, которые попадают в воздушную среду с частичками поднятой пыли, а также капельножидким путем. Так, в школах до занятий число бактерий не превышает 2 тыс. в 1м³ воздуха, а после занятий достигает десятков тысяч. Особенно много болезнетворных микроорганизмов содержится в воздухе во время эпидемий гриппа и других болезней. И лишь облучение помещений ультрафиолетом (солнечными лучами через открытые окна или бактерицидной лампой), а также влажная уборка резко снижают количество микроорганизмов в воздухе.

В естественной воздушной среде преобладают пигментные формы микроорганизмов, которые более устойчивы к ультрафиолетовым лучам

благодаря содержанию каротиноидов, выполняющих защитную роль.

В оздоровлении среды от микроорганизмов широко известна фитонцидная роль зелёных растений. Фитонциды - это группа веществ разнообразных по химическому составу, разрушающих большинство бактерий. Так, один гектар можжевельного леса в Крыму выделяет до 30 кг летучих фитонцидов за сутки (Б.П.Токин, 1967). 1 гектар лиственных лесов выделяет за сутки около 5 кг фитонцидов. В молодом хвойном лесу воздух практически стерилен, а в населенных пунктах, прилегающих к хвойному лесу (несмотря на содержание скота), в воздухе содержится мало бактерий.

В предлагаемой работе студенты знакомятся с количественным учетом микроорганизмов в воздухе наиболее загрязненных помещений с большой насыщенностью людей (коридор, вестибюль, лекционная комната), а также с влиянием летучих выделений растений на содержание микроорганизмов в воздухе (фитонцидной ролью растений).

Необходимое оборудование, реактивы, материалы: бактерицидная лампа; чашки Петри; водяная баня; спиртовка; термостат; пипетки; спички; карандаш по стеклу; пробирки с мясо-пептонным агаром или другой подходящей средой; шпатель; растения, растущие в естественной обстановке или их большие ветки, поставленные в воду (молодые побеги хвойных, тополя бальзамического). Вся посуда должна быть заранее простерилизована.

В лаборатории предварительно производится влажная уборка и стерилизация включением бактерицидной лампы на 15-20 мин. Мясо-пептонный агар после автоклавирования быстро разливают из пробирок в чашки Петри. Последние вынимают из бумаги после их стерилизации и ставят на край стола малой крышкой вниз, а большую крышку слегка приоткрывают.

Перед выливанием смеси край пробирки или горлышко колбы обжигают в пламени спиртовки. После выливания питательной среды крышку быстро закрывают и распределяют смесь ровным слоем, осторожно наклоняя чашку Петри во все стороны. Дают остыть и уплотниться агару.

А. Определение количества микроорганизмов в воздухе

После застывания среды открыть одну чашку Петри в загрязненном помещении ровно на 5 минут, другую в это время - в лаборатории, третью - в гуще хвои или листвы (хвойных, тополя), можно на улице. Закрывать каждую чашку Петри, перевернуть питательной средой вверх (чтобы на агар не капала вода, конденсирующаяся на другой крышке), подписать восковым карандашом. Все

чашки поставить в термостат при температуре +25°C.

Б. Влияние летучих выделений растений на содержание микроорганизмов

Приготовить 2 чашки Петри с питательной средой и выдержать по 5 мин. В помещении с большим количеством микроорганизмов. Закрывать крышками. Нарезать и быстро растереть в ступке с толченым стеклом 1 г молодых листьев или почек растений с сильной фитонцидной активностью (молодая хвоя, листья тополя, черемухи). В случае если мезга растений не обладает достаточной сочностью, к ней добавляют во всех вариантах опыта одинаковое количество капель стерильной воды.

После растирания листья перенести быстро шпателем в большую крышку чашки Петри, распределив по дну равномерно. Поместить на чашку с кашицей перевернутую чашку с агаром и посевом микроорганизмов из загрязненного воздуха, выдержать 30-40 мин. После этого закрыть каждую чашку с агаром своей крышкой, перевернуть, поместить все чашки в термостат при температуре +25°C.

Через 1-2 недели подсчитать число выросших в чашках колоний, не открывая чашек, а ставя чернилами точки на крышках.

Во всех вариантах (А, Б) измерить площадь чашки и определить число микроорганизмов в воздухе, исходя из того, что за 5 мин. На 1 дм горизонтальной поверхности при отсутствии ветра оседает столько микроорганизмов, сколько их содержится в 10 л воздуха.

Сделать вывод о степени загрязнения воздуха в исследуемых помещениях микроорганизмами, о влиянии на этот процесс фитонцидной активности разных растений, исходя из того, что санитарная норма - 11 тыс. микроорганизмов на 1 м воздуха.

Подсчитать процент снижения числа микроорганизмов под влиянием фитонцидов растений, а также обработки помещения ультрафиолетом. Результаты записать в табл.11.

Таблица 11.

Характеристика опыта	Число выросших колоний, шт	Площадь чашки, дм ²	Число микроорганизмов,	
			В 10 л воздуха	В 1 м ³ воздуха
Воздух коридора				
Воздух в гуще листьев				
Под влиянием фитонцидов хвойных (кашица)				

Под влиянием фитонцидов лиственных (кашица)				
--	--	--	--	--

ГЛАВА 5. ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ

К тяжелым металлам относятся химические элементы с атомной массой более 40. Наиболее опасными из них являются: свинец, ртуть, кадмий, цинк, никель и др. Примерно 90% тяжелых металлов, поступающих в окружающую среду, аккумулируются почвой, затем они мигрируют в природные воды, поглощаются растениями и поступают в пищевые цепи.

Свинец, ртуть, кадмий, мышьяк и цинк считаются основными загрязнителями главным образом потому, что техногенное их накопление в окружающей среде идет особенно высокими темпами. Данные элементы подавляют наиболее

значимые процессы метаболизма, тормозят рост и развитие растений. В сельскохозяйственном производстве это приводит к снижению продуктивности и ухудшению качества продукции.

Допустимое количество тяжелых металлов, которое человек может потреблять с продуктами питания без риска своего здоровья, колеблется в зависимости от вида металла: **свинец – 3 мг; кадмий – 0,4...0,5; ртуть – 0,3 мг в неделю**. Хотя эти уровни условны, тем не менее, они служат основой для контроля содержания тяжелых металлов в продуктах питания.

В живых организмах тяжелые металлы играют двоякую роль. В малых количествах они входят в состав биологически активных веществ, регулирующих нормальный ход процессов жизнедеятельности, а повышенные концентрации, наоборот, приводят к отрицательным и даже катастрофическим последствиям для живых организмов. Поступившие в организм человека тяжелые металлы накапливаются преимущественно в печени и выводятся крайне медленно.

Продукция растениеводства, выращенная даже на слабозагрязненных почвах, способна вызвать кумулятивный эффект, обуславливая постепенное увеличение содержания тяжелых металлов в организме человека и животных.

5.1 Методика определения влияния солей тяжелых металлов на плазмолиз растительной клетки

Плазмолиз (от греч. *plásma* — вылепленное, оформленное и *lýsis* — разложение, распад), т.е. отделение протопласта от клеточной стенки в гипертоническом растворе. Плазмолизу предшествует потеря тургора.

Плазмолиз возможен в клетках, имеющих плотную клеточную стенку (у растений, грибов, крупных бактерий–). Клетки животных, не имеющие жесткой оболочки, при попадании в гипертоническую среду сжимаются, при этом отслоения клеточного содержимого от оболочки не происходит. Характер плазмолиза зависит от ряда факторов:

от вязкости цитоплазмы;

от разности между осмотическим давлением внутриклеточной и внешней среды;

от химического состава и токсичности внешнего гипертонического раствора;

от характера и количества плазмодесм;

от размера, количества и формы вакуолей.

Соли тяжелых металлов в водной среде распадаются на ионы. Все ионы

металлов могут быть разделены на две группы: биогенные (Cu, Zn, Co, Mn, Fe) и небιοгенные (Pb, Hg, Sn, Ni, Al, Cd, Sr, Cs). Среди последней группы ионы стронция и цезия действуют как биогенные при замене в органических веществах кальция на стронции и калия на цезии.

Биогенные ионы входят в состав ферментных систем, которые обеспечивают регуляцию всех процессов в клетке и организме. Поэтому их ПДК значительно выше, чем у небιοгенных. При поступлении в растения воздушным (через устьица) или капельным (роса, туман, слабые осадки) путями определенная доза биогенных тяжелых металлов включается в состав ферментных систем, что стимулирует метаболические процессы.

Так, медь входит в состав ферментов, участвующих в процессах темновых реакций фотосинтеза, способствует поглощению других элементов; цинк входит в состав ферментов, расщепляющих белки, увеличивает устойчивость растений к жаре, засухе, болезням. Лишь при более высоких концентрациях они действуют как токсиканты. На рис. 1 показано биологическое действие биогенной (Cu) и небιοгенной (Cd) солей на живые тест-системы.

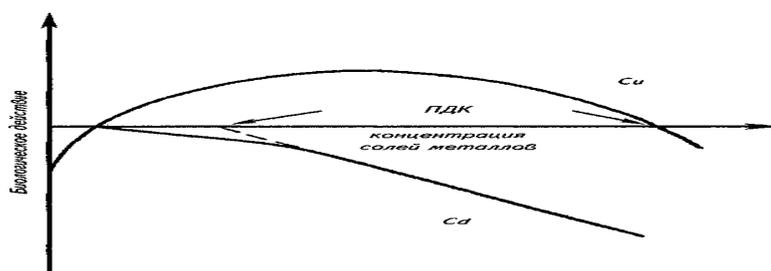


Рис. 1. Схема биологического действия ионов меди (Cu^{2+}) и кадмия (Cd^{2+}) (по Скурлатову с соавт., 1994).

Медь в малых концентрациях оказывает отрицательное влияние и ведет к недостатку микроэлементов. С повышением концентрации появляется стимулирующий эффект, который усиливается, достигая своего оптимума, а затем снижается и, переходя точку ПДК (стрелка), оказывает отрицательное действие. Кадмий проявляет себя по другому. Его влияние в очень малых концентрациях незначительно, но затем токсическое действие кадмия может усилиться и достигнув точки ПДК (пунктирная стрелка), наступает перелом с усилением токсического эффекта.

Для изучения процесса плазмолиза протоплазмы растительной клетки под воздействием биогенных и небιοгенных тяжелых металлов необходимо

следующее оборудование, реактивы и материалы: препаровальная игла; предметные и покровные стекла; микроскоп; стаканы с дистиллированной водой; пипетка на 1-3 мм.

Берется сильноокрашенная синяя луковица и на ее поверхности делается несколько срезов эпидермиса, состоящего из 1 - 2 слоев окрашенных клеток, содержащих антоциан. На предметные стекла в каплю воды поместить срезы по отдельности, следует закрыть покровным стеклом и рассмотреть в микроскоп. Зарисовать в альбомы клетки с окрашенным клеточным соком зарисовать, найти и рассмотреть устьица.

А. Под действием одинаковых концентраций биогенных и небιοгенных солей определить начало и характер плазмолиза клетки. Для этого: заменить воду в препаратах 5%-ным раствором CuSO_4 на одном предметном стекле и таким же раствором $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ на другом. Эта замена производится способом 4-5 - кратного накапывания раствора соли с одной стороны покровного стекла и отсасывания кусочком фильтровальной бумаги с другой до полной замены воды раствором соли. Оставить клетки в растворе солей на 15 мин. Как только процесс плазмолиза станет хорошо просматриваться, необходимо рассмотреть его в микроскоп. Зарисовать и сделать выводы относительно действия солей биогенных и небιοгенных тяжелых металлов на характер плазмолиза клетки.

Б. Изучить комплексное действие повышенной температуры и одной из наиболее токсичных солей. Для этого препараты, в которых заменена вода на раствор соли, выдерживают 10 мин. на водяной бане при температуре 40°C , а потом рассматривают в микроскоп и зарисовывают.

При этом часто наблюдается почернение содержимого некоторых клеток и усиление плазмолиза. Таким образом, соли свинца при реакции с сероводородными группами белков дают черный цвет.

5.2. Соли тяжелых металлов и их влияние на коагуляцию растительных и животных белков

Исследования данного направления позволят наглядно увидеть действие солей биогенных и небιοгенных тяжелых металлов на растительные и животные белки, выявить разницу в реакции тех и других. Белки с тяжелыми металлами образуют такие комплексы, зачастую нерастворимые в воде.

Для проведения работы необходимы следующие оборудования, реактивы, материалы: стаканчик - 1 шт; пузырьки из-под пенициллина - 8

шт.; пробирки - 16 шт.; пипетка на 1 мл - 1 шт.; фильтровальная бумага; стеклограф; пипетка аптечная - 2 шт; 5%-ный раствор CuSO_4 ; 5%-ный раствор $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; дистиллированная вода; растительный белок (зернового гороха); животный белок (куриного яйца).

Приготовить в пузырьках серию растворов нитрата свинца $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и сульфата меди CuSO_4 из исходного 5%-ного раствора (2,5%; 1,25%; 0,62%). Пипеткой в 8 пробирок внести по 1 мл животного белка, а в другие 8 - по 1 мл растительного белка (для обеих солей всего 8 растворов). В каждую пробирку добавить по 2 капли одного из указанных растворов испытуемой соли. Все пробирки пометить стеклографом. Рассмотреть характер коагуляции на темном фоне (кусочек черной бумаги, доска и др.).

Определить концентрацию раствора соли, при которой происходит коагуляция белка (при разном виде солей и при разном типе белков). И записать в виде следующей схемы.

Схема записи результатов:

Название соли	Концентрация раствора			
	5%	2,5%	1,25%	0,62%

Контрольные вопросы

1.Какие виды белков изучили? На какой из них белков сильнее всего действует:

а) CuSO_4 и б) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$?

2.Какая соль (свинца или меди) сильнее действует:

а) на животный белок и б) на растительный белок. Объяснить Почему?

3. Что случится с поврежденными листьями растения, если подвергнуть их действию высокой температуры, а затем погрузить в слабый раствор соляной кислоты?

4. Загрязнение воздуха сопровождается образованием чего?

5. К чему привела современная урбанизация?

6. Как и на какие виды растений воздействуют промышленные газы?

ГЛАВА 6. МОНИТОРИНГ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

6.1. Мониторинг атмосферного воздуха

Возрастающая опасность отрицательного воздействия промышленного и сельскохозяйственного производства на здоровье людей и на состояние биосферы в целом привела к созданию систем предупреждения, контроля и прогнозирования состояния, как отдельных объектов окружающей среды, так и всей биосферы. Такая информационная система наблюдения и анализа состояния природной среды, в первую очередь - наблюдения уровней загрязнения и эффектов, вызываемых ими в биосфере, получила название мониторинга. В системе мониторинга различают три уровня: санитарно-токсикологический,

экологический и биосферный.

В настоящее время более или менее развита система санитарно-токсикологического мониторинга. Она включает в себя наблюдение за состоянием окружающей среды, степенью загрязнения природных объектов вредными веществами, за влиянием этих загрязнителей на человека, животный и растительный мир.

Одним из важнейших объектов окружающей среды является атмосферный воздух. Устойчивость биосферы зависит от его чистоты. Загрязнение воздуха отрицательно влияет на растения, животных, людей, строения, оборудование и различные материалы. Воздух, которым мы дышим, представляет собой физическую смесь газов, составляющих атмосферу. В составе воздуха имеются постоянные составные части атмосферы, а также переменные количества различных примесей природного и антропогенного происхождения.

В естественных условиях в воздухе всегда присутствует водяной пар, содержание которого сильно колеблется. Среди постоянных составных частей воздуха основное значение имеет кислород, необходимый для дыхания живых существ, за исключением немногих видов анаэробных микроорганизмов. Преобладающей составной частью воздуха является азот, с ним связано происхождение жизни на Земле, так как он входит в состав белков и других органических азотистых соединений. Азот принадлежит к инертным газам, он играет роль разбавителя кислорода, так как жизнь в чистом кислороде невозможна.

Другие инертные газы (аргон, неон, гелий, криптон, ксенон) по характеру действия на человека аналогичны азоту. Углекислый газ является источником углерода органических веществ, поступает в атмосферу при процессах дыхания, брожения, гниения и окисления органических веществ, при их распаде, при сгорании горючих ископаемых. Из других постоянных газов представляет интерес озон, является промежуточным продуктом фотохимических реакций, обнаружение его в воздухе современных городов рассматривается как показатель загрязнения атмосферы. В тоже время озон в верхних слоях атмосферы образует защитный экран для нашей Земли.

Кроме перечисленных газов, воздух содержит взвешенные вещества, представленные жидкими и твердыми аэрозолями. К непостоянным составным частям атмосферного воздуха относятся различные газы, пары, взвешенные частицы веществ, появляющиеся в результате естественных процессов

(ограниченное число соединений), деятельности человека, а также реакций взаимодействий различных соединений в атмосфере.

Хотя естественное поступление в атмосферу некоторых из этих компонентов по масштабу может превосходить антропогенное, все же именно последнее имеет большое значение, так как оно создает загрязнение атмосферного воздуха в районах концентрирования населения. В тоже время обществу доступно регулирование поступления в атмосферу этого типа загрязнения.

В качестве наиболее распространенных и опасных были выявлены восемь категорий загрязнителей:

- 1) взвешенные вещества, они могут переносить другие загрязнители, растворенные в них или адсорбированные на поверхности частиц;
- 2) углеводороды и другие летучие органические соединения;
- 3) угарный газ (CO);
- 4) оксиды азота;
- 5) оксиды серы, в основном диоксид (SO_2);
- 6) свинец и другие тяжелые металлы;
- 7) озон и другие фотохимические окислители;
- 8) кислоты, в основном серная и азотная.

Атмосферные загрязнения и природные примеси воздуха подвергаются сложным процессам взаимодействий, вымывания и т.д. Воздух является окислительной средой, в которой происходят химические и фотохимические превращения загрязняющих его веществ. Основная причина таких превращений в атмосфере городов - загрязнение воздуха органическими веществами (главным образом, углеводородами нефти) и оксидами азота, образующимися в процессах высокотемпературного горения.

Степень загрязнения сильно меняется во времени и пространстве. Эти изменения связаны как с особенностями источников поступления в воздух загрязняющих веществ, так и с влиянием метеорологических и топографических факторов: скорости ветра, температурных инверсий, давления, влажности воздуха, рельефа местности, расстояния от источника загрязнения.

Контроль за состоянием атмосферного воздуха включает в себя изучение источников загрязнения, исследование химических и фотохимических превращений загрязняющих веществ, выявление наиболее токсичных веществ, изучение распространения загрязнителей с воздушными потоками, отбор и анализ

загрязнителей.

При анализе воздуха процесс отбора пробы является более трудоемким и ответственным, чем при исследовании других природных сред. Это связано с тем, что концентрирование определенных загрязняющих веществ обязательно происходит в процессе отбора пробы. В зависимости от предполагаемого загрязнения воздуха отбор проб может производиться с концентрированием или без него.

В последнем случае пробы отбирают в стеклянные шприцы, газовые пипетки, полиэтиленовые мешки и др. Погрешности при этом возникают из-за нарушения герметичности пробоотборных устройств, из-за сорбции микропримесей веществ внутренней поверхностью пробоотборников. Погрешности значительно устраняются многократным промыванием пробоотборных емкостей, исследуемым воздухом, а также определением допустимых сроков и условий хранения проб.

При концентрировании микропримесей из воздуха насчитывается значительно больше факторов, способных стать причинами погрешностей, чем при концентрировании из других сред. При анализе воздуха используют эффективные способы отбора, дающие возможность концентрировать не менее 96% микропримесей из воздуха.

Основным способом отбора воздуха является аспирационный способ, при котором воздух прогоняется через сорбционное устройство (поглотительный сосуд, концентрационная трубка, фильтр) с учетом расхода воздуха с определенной скоростью.

При исследовании атмосферных загрязнений определяют как максимально разовые, так и среднесуточные концентрации. Метод измерения концентрации вредных веществ должен обеспечивать определение их на уровне 0,8 ПДК с суммарной погрешностью 25% и отбором пробы воздуха от 20 до 30 мин. при определении максимально разовой концентрации, а также круглосуточный отбор при определении среднесуточной концентрации. Наблюдение за загрязнением атмосферы проводится на стационарных, маршрутных и передвижных постах.

В последнем случае пробы отбирают в стеклянные шприцы, газовые пипетки, полиэтиленовые мешки и др. Погрешности при этом возникают из-за нарушения герметичности пробоотборных устройств, из-за сорбции микропримесей веществ внутренней поверхностью пробоотборников. Погрешности значительно устраняются многократным промыванием

пробоотборных емкостей, исследуемым воздухом, а также определением допустимых сроков и условий хранения проб.

При концентрировании микропримесей из воздуха насчитывается значительно больше факторов, способных стать причинами погрешностей, чем при концентрировании из других сред. При анализе воздуха используют эффективные способы отбора, дающие возможность концентрировать не менее 96% микропримесей из воздуха.

Основным способом отбора воздуха является аспирационный способ, при котором воздух прогоняется через сорбционное устройство (поглотительный сосуд, концентрационная трубка, фильтр) с учетом расхода воздуха с определенной скоростью.

При исследовании атмосферных загрязнений определяют как максимально разовые, так и среднесуточные концентрации. Метод измерения концентрации вредных веществ должен обеспечивать определение их на уровне 0,8 ПДК с суммарной погрешностью 25% и отбором пробы воздуха от 20 до 30 мин. при определении максимально разовой концентрации, а также круглосуточный отбор при определении среднесуточной концентрации. Наблюдение за загрязнением атмосферы проводится на стационарных, маршрутных и передвижных постах.

6.1.1. Определение диоксида серы

В результате антропогенной деятельности, реже естественным путем в атмосферу попадают соединения серы. В роли естественного источника выступает поверхность суши и океана. Соединения серы образуются в процессе разрушения органических веществ с помощью анаэробных микроорганизмов. Предполагается, что выделение серы биологическим путем не превышает 30-40 млн. т/год, что составляет 1/3 всего выделяемого количества серы. При извержении вулканов в атмосферу наряду с большим количеством диоксида серы попадают сероводород, сульфаты и элементарная сера (2%). Поступает сера в атмосферу и с поверхности океанов в виде сульфатов.

В результате антропогенной деятельности в атмосферу попадает значительное количество серы, главным образом в виде диоксида (59-69%).

Среди источников этого соединения на первом месте стоит сжигание угля (70% антропогенных выбросов). В процессе горения сера превращается в сернистый газ, а часть серы остается в золе в твердом состоянии. При сгорании нефтепродуктов сернистого газа образуется гораздо меньше. Основными

источниками образования SO_2 наряду с сжиганием ископаемого топлива является металлургическая промышленность (переработка сульфидных руд свинца, меди и цинка), а также предприятия по производству серной кислоты и переработке нефти. Диоксид серы - наиболее вредный газ из распространенных загрязнителей воздуха. Он вызывает заболевания дыхательных путей, ведет к возникновению хронического бронхита.

В атмосфере SO_2 под действием кислорода окисляется до SO_3 , последний растворяется в капельках влаги с образованием серной кислоты. Это приводит к выпадению кислотных дождей. Если в атмосфере содержится аммиак, то идет образование сульфата аммония. В своем большинстве твердые аэрозольные частицы представляют собой сульфаты и туманообразную H_2SO_4 . Содержание таких частиц в городах достигает 10 мг/м^3 . Предельно допустимая концентрация максимально разовая для SO_2 - $0,5 \text{ мг/м}^3$, среднесуточная - $0,05 \text{ мг/м}^3$, класс опасности - 3.

Метод определения основан на окислении SO_2 в процессе его улавливания из воздуха раствором перекиси водорода с последующим количественным определением осадка, образующегося при взаимодействии сульфат-иона с хлоридом бария. Влияние сульфатов и серной кислоты устраняют улавливанием, их на фильтр АФА, который помещают перед поглотительным прибором в пластмассовом фильтродержателе. Метод рекомендуется для определения разовых концентраций. Чувствительность определения 5 мкг в анализируемом объеме пробы. Диапазон измеряемых концентраций $0,08-1,5 \text{ мг/м}^3$ при отборе пробы объемом 80 л .

Необходимое оборудование, реактивы, материалы: аналитические весы; улавливающее устройство: аспиратор для отбора проб, поглотительный прибор Рихтера, пластмассовый фильтродержатель с фильтром АФА; термометр; барометр; фотоколориметр; б) глицерин (х. ч.) или этиленгликоль (х. ч.); спирт этиловый, ректификат; соляная кислота, конц. (пл. $1,19 \text{ г/мл}$ х. ч.; 9) перекись водорода (H_2O_2) х. ч.; калий сернокислый, безводный (х. ч.), K_2SO_4 ; поглотительный раствор: 10 мл 30%-ной H_2O_2 растворяют в 1 л воды, 0,3%-ный раствор хранят в темной склянке не более недели; барий хлористый, составной реактив: $5,85 \text{ г}$ кристаллического хлористого бария ($\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) растворяют в 50 мл воды. Затем приливают 150 мл этилового спирта и 150 мл глицерина или этиленгликоля. Величину pH смеси доводят до $2,5-2,8$ конц. соляной кислотой HCl . Раствор оставляют на 48 часов и в случае появления осадка фильтруют через фильтр

«синяя лента». Срок хранения 2 месяца; Безводный сернистый калий мелко растирают и сушат при температуре 120-150°C в течение 2 часов. Навеску 0,2720 г растворяют в 100 мл воды. Этот раствор соответствует содержанию SO₂ - 1000 мкг/мл; 14) рабочий стандартный раствор. Готовят 10- кратным разбавлением исходного стандартного раствора поглотительным раствором.

Полученный раствор соответствует содержанию SO₂ в количестве 100 мкг/мл. Материал: воздух населенного пункта.

Для определения разовой концентрации исследуемый воздух со скоростью 4 л/мин. протягивают в течение 20 мин. через поглотительный прибор Рихтера, содержащий 6 мл поглотительного раствора. Для очистки воздуха от серной кислоты и аэрозолей сульфатов, препятствующих определению, перед поглотительным прибором помещают пластмассовый фильтродержатель с фильтром АФА, присоединенный встык. Металлический фильтродержатель применять нельзя.

В лаборатории уровень раствора в поглотительном приборе доводят до 6 мл дистиллированной водой. Для анализа 5 мл раствора пробы переносят в пробирку и добавляют 1 мл раствора BaCl₂. Содержимое пробирки тщательно встряхивают и через 15 мин. определяют оптическую плотность раствора в кювете толщиной 10 мм при длине волны 400 нм относительно нулевой пробы.

Время от добавления последнего реактива до измерения оптической плотности для всех проб должно быть одинаковым. Одновременно проводят измерение нулевой пробы, для чего 5 мл поглотительного раствора анализируют аналогично. Количество SO₂ в пробах находят с помощью калибровочного графика. Оптическая плотность нулевой пробы должна быть не более 0,01. Анализ проб можно проводить и визуально.

Расчет концентрации С мг/м в атмосферном воздухе проводят по формуле:

$$C = am/V_0,$$

где:

a- общий объем пробы в поглотительном приборе (6 мл);

b- объем пробы для анализа (5 мл);

m - количество SO₂ в пробе, найденное по калибровочному графику, мкг;

V₀- объем протянутого воздуха, приведенный к нормальным условиям, л.

Построение калибровочного графика

В мерные колбы на 100 мл наливают 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20 мл рабочего

стандартного раствора (100 мкг/мл). Разбавляют до метки поглотительным раствором. Концентрация 2 в 5 мл стандартного раствора в мерных колбах составляет соответственно 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 мкг. Для приготовления шкалы стандартов отбирают в пробирки по 5 мл каждого стандарта и проводят операции по методике, описанной выше.

6.1.2. Определение диоксида азота

Азот образует смесь различных оксидов, но лишь NO и NO₂ имеют значение как атмосферные загрязнители. Обычно суммарные концентрации NO и NO₂ в атмосфере обозначаются как NO_x.

Оксиды азота играют основную роль в образовании фотохимического «смога», ведут также к образованию кислых дождей. влияют они и на разрушение озонового слоя. Загрязнение атмосферы оксидами азота в целом сравнительно невелико. Но в районах с развитой химической промышленностью имеются локальные зоны повышенного содержания NO и NO₂ в воздухе. Бесцветный газ - монооксид азота NO, образующийся в малых количествах в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания при взаимодействии O₂ с N₂., который затем окисляется кислородом до двуоксида азота NO₂. Диоксид азота -это собой коричнево-бурый газ, ядовитый, с неприятным запахом. При растворении NO₂ в воде образуется азотная кислота.

Азотная кислота в отличие от серной, может долгое время оставаться в атмосфере в газообразном состоянии, так как она плохо конденсируется. Пары азотной кислоты поглощаются в атмосфере каплями облаков или частицами аэрозоля. Образование оксидов азота в процессах сжигания связано с окислением атмосферного азота и, в меньшей степени, с окислением органических соединений азота, содержащихся в топливе. Количество оксидов азота значительно увеличивается с повышением температуры. Основным источником выбросов NO_x, не связанных с сжиганием топлива, является производство азотной кислоты.

В природе оксиды азота образуются как результат превращений органического азота. Транспорт и энергетика выбрасывают в атмосферу 36% из почти 60 млн. т ежегодных выбросов оксидов азота, т. е. в масштабах, сравнимых с естественным выделением соединений азота. Газообразный NO₂ токсичен (2 класс опасности), является также сильным коррозионно-активным агентом. Предельно допустимая концентрация максимально разовая составляет 0,085

мг/м³, среднесуточная 0,04 мг/м³.

Метод определения содержания диоксида азота в воздухе с реактивом Грисса - Илосвая основан на взаимодействии двуокиси азота и сульфаниловой кислоты с образованием диазосоединения, которое, реагируя с а-нафтиламином, дает азокраситель. Последний окрашивает раствор от бледно-розового до краснофиолетового цвета. По интенсивности окраски раствора определяют количество NO_2 . Озон в концентрации, не превышающей концентрацию NO_2 в 3 раза, не мешает определению. Чувствительность определения 0,1 мкг в анализируемом объеме пробы.

Необходимое оборудование, реактивы, материалы: аналитические весы; улавливающее устройство: аспиратор для отбора проб, поглотительный прибор Рихтера; фотоколориметр; термометр; барометр, калий йодистый, х. ч.; натрий азотистокислый, х. ч.; поглотительный раствор: 20 г КJ растворяют в 250 мл воды. Полученный раствор должен быть бесцветным и храниться в банке из темного стекла.

Срок хранения 2 недели; натрий сернистокислый, х. ч., 0,06%-ный раствор. 0,03 г $\text{Na}_2 \text{SO}_3$ растворяют в 50 мл воды. Раствор готовят перед анализом; уксусная кислота, х. ч., 12%-ный раствор. 64 мл концентрированной кислоты помещают в мерную посуду на 500 мл и доводят до метки водой; сульфаниловая кислота, ч. д. а., 5 г сульфаниловой кислоты растворяют в 150 мл 12%-ного раствора уксусной кислоты. Хранят раствор в плотно закрытой склянке из темного стекла; а-нафтиламин, ч. д. а. 0,2 г а-нафтиламина растворяют в 20 мл воды при нагревании на водяной бане до образования лиловых капель на дне колбы. Раствор осторожно сливают в темную склянку, оставляя осадок в колбе, и приливают к раствору 150 мл 12%-ного раствора уксусной кислоты; составной реактив (реактив Грисса- Илосвая). Перед анализом смешивают растворы а-нафтиламина и сульфаниловой кислоты в отношении 1:1; исходный стандартный раствор: 2-3 г азотистокислого натрия растирают и сушат при температуре 50-60°C в течение 2 часов. Навеску NaNO_2 0,1500 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; рабочий стандартный раствор.

Готовят 10-кратным разбавлением раствора, содержащего 10 мкг/мл NO_2 поглотительным раствором. 1 мл рабочего раствора соответствует 1 мкг NO_2 .

Исходный стандартный раствор сохраняется в течение 2 недель в склянке из темного стекла. Рабочий стандартный раствор готовят перед анализом. Материал: воздух населенного пункта.

Для определения разовой концентрации NO_2 исследуемый воздух протягивают через поглотитель Рихтера, наполненный 6 мл поглотительного раствора, со скоростью 0,25 л/мин. в течение 20 мин. Во время отбора пробы следует избегать освещения поглотительного прибора солнечными лучами. Срок хранения отобранных проб не более 2 суток. В лабораторных условиях уровень раствора в поглотительном приборе доводят до метки 6 мл дистиллированной водой. Для анализа 5 мл раствора из каждой пробы переносят в пробирку и добавляют по 0,5 мл составного реактива.

Содержимое пробирок тщательно встряхивают и через 20 мин. (непосредственно перед измерением) в пробирки приливают по 5 капель 0,06%-ного раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ и еще раз встряхивают. Оптическую плотность измеряют 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. Количество NO_2 в пробах находят по калибровочному графику. Одновременно проводят измерение оптической плотности нулевой пробы.

Расчет концентраций диоксида азота в воздухе проводят по формуле:

$$C = am/V_0 b,$$

где:

a - общий объем пробы в поглотительном приборе (6 мл);

b- объем пробы для анализа (5 мл);

m- количество NO_2 в пробе, найденное по калибровочному графику, мкг;

V_0 - объем протянутого воздуха, приведенный к нормальным условиям, л.

Построение калибровочного графика

В мерные колбы на 50 мл наливают 1, 2, 4, 6, 8, 10, 20 мл рабочего стандартного раствора (1 мкг/мл). Разбавляют до метки поглотительным раствором. Концентрация NO_2 в 5 мл стандартного раствора в мерных колбах составляет соответственно 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 2,0 мкг. Для приготовления шкалы стандартов отбирают в пробирки по 5 мл каждого стандарта и проводят операции по методике, описанной выше.

6.2. Мониторинг водного бассейна

Естественным аккумулятором большинства загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу или литосферу является гидросфера. Это связано с большой растворяющей способностью воды, с круговоротом воды в природе, а также с тем, что водоемы являются конечным пунктом на пути движения различных сточных вод.

Жизнедеятельность отдельных живых организмов и функционирование всей водной экосистемы на прямую зависит от присутствия загрязняющих веществ в водной среде.

Вода в природе является неоднородной средой, в ней присутствуют микропузырьки газа и взвешенные частицы. Размер частиц различен. Оседающие частицы состоят из минерального ядра и органического слоя. Толща воды, кроме того, наполнена множеством микроорганизмов, находящихся в равновесии с окружающей средой.

Природные водоемы подвергаются воздействию загрязнителей с различной степенью. Часто равновесие экосистемы нарушает тепловое загрязнение, что вызывает интенсификацию процессов жизнедеятельности водных организмов. Для одноклеточных организмов очень опасны минеральные соли, осмотически обменивающиеся с внешней средой. Уменьшают прозрачность воды взвешенные частицы, также снижают фотосинтез водных растений и аэрацию водной среды, способствуют заилению дна в зонах с малой скоростью течения. Способны оказывать неблагоприятное и губительное воздействие на жизнедеятельность водных организмов - фильтраторов. На взвешенных частицах могут сорбироваться различные загрязняющие вещества; оседая на дно, они могут стать источником вторичного загрязнения воды.

Загрязнение вод тяжелыми металлами не только не оказывает экологический вред, но и наносит значительный экономический ущерб. Гальванические цехи, предприятия горнодобывающей промышленности, черной и цветной металлургии являются источниками загрязнения воды тяжелыми металлами.

При загрязнении воды нефтепродуктами на поверхности образуется пленка, препятствующая газообмену воды с атмосферой. В ней, а также в эмульсии тяжелых фракций накапливаются другие загрязнители, кроме того, сами нефтепродукты аккумулируются в водных организмах.

Основными источниками загрязнения вод нефтепродуктами является

водный транспорт и поверхностный сток с городских территорий. Загрязнение водной среды биогенными элементами ведет к эвтрофированию водоемов. Опасность возникновения токсикологической ситуации в водоеме создают органические вещества-красители, диоксины, пестициды фенолы, ПАВ и др.

Диоксины являются особенно токсичными и устойчивыми в окружающей среде. Это две группы хлорсодержащих органических соединений, относящихся к дибензодиоксидам и дибензофуранам. Один из них - 2,3,7,8-тетрахлордибензодоксин (2,3,7,8, - ТХДД) является самым токсичным соединением, известным науке. Диоксины и их токсическое действие проявляется одинаково, но отличается по интенсивности. Диоксины имеют свойство накапливаться в окружающей среде и концентрация их растет.

Изучение загрязнения воды имеет свои особенности. Как и при определении атмосферных загрязнений приходится определять в присутствии других загрязнителей малые количества веществ непостоянного состава. В воде протекают химические и фотохимические процессы, приводящие к изменению состава химических веществ. В химических превращениях большое участие принимают биологические объекты животного и растительного происхождения. Поэтому содержание кислорода является одним из важнейших показателей строения водной системы. Так же в незагрязненной воде постоянно содержатся органические и неорганические вещества сложного строения.

Распределение веществ играет особую роль для правильной оценки загрязнения воды (отбора проб) и, которое зависит от многих локальных условий: осадков, физико-химических свойств загрязняющих веществ, скорости и характера движения воды, их устойчивости в воде и т.д. Как правило, устанавливается между ними динамическое равновесие. Если условно рассечь водную массу вертикальной плоскостью, можно выделить места различной реакционной способности: поверхностную пленку, основную водную массу и донный осадок.

Поверхностная пленка и донный осадок являются зонами концентрирования загрязняющих веществ. Осадок является хорошим сорбентом для многих веществ, а на дно оседают нерастворимые в воде соединения. Так же в воду могут попадать неразлагающиеся загрязняющие вещества, которые способны реагировать с другими химическими соединениями, образуя устойчивые конечные продукты, те в свою очередь, накапливаются в биологических объектах (планктоне, рыбах и т.д.) и попадают в организм человека через пищевую цепь.

При выборе места отбора пробы воды учитываются все обстоятельства, которые могут оказать влияние на состав взятой пробы.

Различают две основные пробы: разовую и среднюю. Средняя проба получается смешением равных объемов проб, отобранных через равные промежутки времени. Средняя проба тем точнее, чем меньше интервалы между отдельно взятыми составляющими ее пробами. Разовую пробу получают путем отбора требуемого объема воды за один раз.

Можно выделить несколько групп, определяющих качество воды: органолептические свойства и эпидемическую безопасность воды.

6.2.1. Органолептические свойства воды

Органолептические свойства нормируются по интенсивности их восприятия человеком. Это запах, вкус, цветность, прозрачность, мутность, температура, примеси (пленка, водные организмы).

А. Температура

Определяется непосредственно в водоеме термометром или сразу после отбора пробы, который держат в воде не менее 5 мин.

Б. Прозрачность

Воды, подаваемые для питьевого водоснабжения без осветления должны обладать прозрачностью не менее 30 см. Степень прозрачности выражается высотой столба жидкости в см, через который отчетливо виден специальный шрифт. Воды рек, кроме горных, могут иметь прозрачность 25 см. Уменьшение прозрачности природных вод свидетельствует об их загрязнении. Необходимое оборудование, материалы: цилиндр с плоским дном; шрифт, высота букв которого составляет 2 мм, а толщина линий букв - 0,5 мм; линейка. Материал: вода водоема.

В цилиндр наливают исследуемую воду, под дно которого подкладывают на расстоянии 4 см шрифт. Сливают воду до тех пор, пока сверху через слой можно будет отчетливо прочесть этот шрифт. Высоту столба оставшейся воды измеряют линейкой. Определение производят при хорошем дневном освещении на расстоянии 1 м от светонесущей стены.

В. Осадок

Вода отобранная из открытого водоема, или на сутки, взята из подземных источников, то взболтанную в бутылке воду наливают в цилиндр слоем примерно 30 см и оставляют в покое 1 ч.,. Осадок оценивают количественно (нет,

незначительный, заметный, большой) и качественно (песчаный, глинистый, илистый, кристаллический, хлопьевидный). Отмечают также цвет осадка.

Г. Цветность

Цветность - это природное свойство воды, обусловленное наличием гуминовых веществ, которые придают ей окраску от желтоватого до коричневого цвета. Они образуются при разрушении органических соединений в почве, вымываются из нее и поступают в открытые водоемы. Определяется в градусах цветности воды. Так, вода, не подвергающаяся перед подачей потребителю обесцвечиванию, должна соответствовать цветности не выше 20°С. В цилиндр наливают 100 мл профильтрованной исследуемой воды. Для улавливания легкого оттенка рекомендуется для сравнения ставить рядом другую пробирку с дистиллированной водой. Цветность можно более точно определить на фотоколориметре. Для этого строят градуированный график по хромовокобальтовой шкале цветности. Растворы с различной цветностью фотометрируют в кювете на 5 см в синей части спектра относительно профильтрованной дистиллированной воды. При цветности выше 35°С водопотребление ограничивают.

Цветность определяется по нижеуказанной таблице 12.

Таблица 12.

Окрашивание при рассмотрении сбоку	Окрашивание при рассмотрении сверху	Цветность по платинокобальтовой
Нет	Едва уловимое слабое желтоватое	10°
Нет	Очень слабо желтоватое	20°
Нет	Слабо желтоватое	30°
Едва уловимое при сравнении с	Желтоватое	40°
Едва уловимое бледно-желтоватое	Светло-желтое	80°
Едва заметное бледно-желтоватое	Желтое	150°
Очень бледно-желтоватое	Интенсивно желтое	300°
Бледно-желтоватое	Интенсивно желтое	500°
Желтое		

Д. Запах

Запах оценивается в баллах. Не имеющей запаха считается такая вода, запах которой не превышает 2 балла.

Необходимое оборудование, материалы: часовое стекло; коническая колба на 200 мл; колба с притертой пробкой; электрическая плитка, термометр. Материал: вода водоема.

Наполняют на 2/3 объема исследуемой водой колбу с притертой пробкой, встряхивают сильно, пробку открывают и вдыхают ее запах. Для усиления интенсивности запахов воду можно подогреть. Коническую колбу на 200 мл наполняют на 1/2 ее объема исследуемой водой, закрывают часовым стеклом и нагревают до 60°C. Далее вращательным движением взбалтывают эту колбу и, сдвинув стекло, быстро определяют запах.

Интенсивность запаха определяют по 5-бальной шкале: 0 - не ощущается; 1 - обнаруживается только опытным исследователем; 2 - слабый, обнаруживается потребителем только в том случае, если указать на него; 3 - заметный, обнаруживается потребителем и вызывает его неодобрение; 4 - отчетливый, обращающий на себя внимание и делающий воду непригодной для питья; 5 - очень сильный, делающей воду совершенно непригодной.

Естественные запахи описывают, придерживаясь следующей терминологии.

Символ	Характер запаха
А	Ароматный
Б	Болотный
Г	Гнилостный
Д	Древесный
З	Землистый
П	Плесневый
Р	Рыбный
С	Сероводородный
Т	Травянистый
Н	Неопределенный

Чистые природные воды запахов не имеют.

Е. Вкусы и привкусы

Также в баллах определяются вкусы и привкусы. Вода без привкусов тогда, когда привкусы ее не превышают 2 баллов. При температуре 20°C ведется определение с заведомо безопасной водой. Воду не проглатывая набирают в рот малыми порциями и отмечают наличие вкуса (соленый, горький, кислый, сладкий) или привкуса (щелочной, железистый и т.д.) и их интенсивность в баллах по шкале, аналогично определению интенсивности запаха. Если интенсивность запахов и привкусов составляет свыше 2 баллов необходимо ограничить

водопотребление, т. к. это часто являются показателями загрязнения воды загрязненными сточными водами или свидетельствуют о наличии биологически активных веществ, выделяемых сине-зелеными водорослями.

6.2.2. Определение на эпидемическую безопасность воды

Эти показатели делятся на две подгруппы: санитарно-биологические показатели и санитарно-химические показатели.

К первой подгруппе относятся: микробное число, коли - индекс, коли - титр, наличие патогенных бактерий и вирусов. Микробное число - это общее число колоний, вырастающих в течение 24 часов при температуре 37⁰С при посеве 1 см³ исследуемой воды на 1,5%-ный мясо - пептонный агар. Коли - индекс показывает количество кишечных палочек (коли) в 1 мл воды. Коли - титр - это наименьшее количество воды, в котором обнаруживается хотя бы одна кишечная палочка. Многолетний опыт показал, что вода безопасна в эпидемическом отношении, если ее коли - индекс не выше 3.

Санитарно - микробиологические показатели являются основными показателями эпидемической безопасности воды. Санитарно - химические показатели относятся к косвенным показателям, характеризующие наличие органических веществ или продуктов их распада. Для их определения применяют различные химические методы. Перманганатная и бихроматная окисляемость показывают количество кислорода в окислителях (кислых растворах перманганата или бихромата калия), затраченное на окисление растворенного органического вещества. Биохимическое потребление кислорода (БПК) - количество растворенного кислорода, потребляемого на окисление органического вещества под действием микроорганизмов за определенный промежуток времени.

В природных водах суши соединения азота встречаются как в минеральных, так и в органических формах. К минеральным формам относятся ионы аммония NH₄⁺, нитриты NO₂⁻, нитраты NO₃⁻. Органические формы представлены низкомолекулярными соединениями (аминокислоты, амины, мочевины и др.). Концентрация азота в поверхностных водах суши колеблется от сотен микрограммов до единиц миллиграммов в литре. Соли аммония, азотистой и азотной кислоты, хлориды могут находиться в воде водоемов как продукты разложения органических остатков, фекалий и мочи. С ними могут поступать в водоем возбудители инфекционных заболеваний, поэтому эти вещества являются косвенными показателями эпидемической опасности воды. По количеству

азотсодержащих соединений и по их соотношению судят о наличии загрязнения, его давности или постоянстве поступления загрязнений в водоем. Так, наличие в воде солей аммония показывает свежее органическое загрязнение водоисточника. Присутствие в воде солей азотистой и азотной кислоты при отсутствии или следа. Но необходимо учитывать и возможность природного содержания этих соединений в воде или попадания их с растительными остатками. В этом случае большое значение имеют динамические наблюдения за составом воды. О степени органического загрязнения воды можно судить по величине окисляемости воды. Высокая окисляемость или резкие колебания ее (вне сезона) могут указывать на постоянное поступление органических загрязнений в водоем.

А. Определение окисляемости

Под окисляемостью воды понимают количество кислорода искусственно введенного окислителя (например, KMnO_4 или $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_7$), идущее на окисление содержащихся в воде органических веществ. Различают перманганатную (KMnO_4) и бихроматную ($\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_7$) окисляемость. Кроме органических веществ могут окисляться некоторые неорганические восстановители, например, NO_2^- , Fe^{2+} , Mn^{2+} и др.

Происхождение и содержание органических веществ, находящихся в природных водах, весьма разнообразны. Различны и их химические свойства по отношению к кислороду: одни вещества устойчивы к окислению, другие, наоборот, легко окисляются. Прямое определение органических веществ в природных водах является сложной и трудоемкой задачей. Поэтому пользуются более простыми косвенными методами, например метод перманганатной окисляемости, дающий представление о содержании в воде легко окисляющихся органических веществ. Метод бихроматной окисляемости соответствует полному окислению органических веществ (легко и трудно окисляющихся), за исключением некоторых белковых соединений. Обычно перманганатная окисляемость составляет 40-50 % от истинной окисляемости органических веществ, то есть полного окисления органического углерода до CO_2 . Повышенная окисляемость может указывать на загрязнение воды. Наименьшую окисляемость (до 1-2 мг/л O_2) имеют глубокие подземные воды, относящиеся к 1-му классу. Окисляемость подземных вод, относящихся ко 2-му и 3-му классам, может быть повышена не более 5 и 15 мг/л O_2 соответственно. В грунтовых водах окисляемость обычно выше (до 2 - 4 мг/л), причем тем больше, чем выше цветность воды. Поэтому высокая окисляемость

при небольшой цветности вероятнее указывает на загрязнение. В воде открытых водоемов окисляемость повышается до 5 - 6 мг/л в реках и до 6 - 8 мг/л в водохранилищах, достигая еще больших величин в водах болотного происхождения. Вода считается пригодной для хозяйственных и питьевых целей, если перманганатная окисляемость ее не превышает 3,0 мг/л O_2 . Доброкачественной водой считают такую, органические примеси которой окислились и превратились в неорганические соединения (минерализовались). Непосредственное определение органических веществ в воде технически трудно выполнимо. Поэтому при обследовании водных источников можно пользоваться методом приближенной оценки окисляемости. Для этого 10 мл исследуемой воды наливают в пробирку, прибавляют туда 0,5 мл разведенной 1:3 серной кислоты и 1 мл 0,01 н раствора марганцовокислого калия. После перемешивания содержимого пробирку оставляют в покое на 20 минут при окружающей температуре свыше 20°C и на 40 минут при температуре от 10 до 20°C. Затем определяют приближенное значение окисляемости, выраженное в миллиграммах кислорода на 1 л воды, пользуясь таблицей 13.

Таблица 13.

Цвет жидкости в пробирке при рассмотрении сбоку	Окисляемость (в мг O_2 на 1 л)
Яркий лилово-красный	1
Лилово-розовый	2
Слабый лилово-розовый	4
Бледный лилово-розовый	6
Бледнорозовый	8
Розово-желтый	12
Желтый	16 и выше

Б. Определение нитритов

Наличие в воде солей азотистой кислоты указывает на загрязнение органическими разлагающимися соединениями. Присутствие данной кислоты в артезианских и болотных водах иногда указывает на раскисление соединений азотной кислоты. Метод основан на способности нитритных ионов давать интенсивно окрашенные диазосоединения с первичными ароматическими аминами. При определении используется реакция с сульфаниловой кислотой и а-нафтиламином (реактив Грисса). В питьевой воде допускаются только следы азотистой кислоты.

Качественная проба

Азотистая кислота разлагает йодистоводородную кислоту с выделением

свободного йода. Выделившийся йод окрашивает крахмал в синий цвет.

Наливают в пробирку 10 мл исследуемой воды, добавляют 2 капли серной кислоты, три капли 3% раствора йодистого калия и столько же крахмала. Содержимое пробирки встряхивают. Синее окрашивание указывает на присутствие в воде солей азотистой кислоты.

Количественное определение. Азотистая кислота с реактивом Грисса дает розовое окрашивание различной интенсивности. Берут в пробирку 10 мл исследуемой воды и 10 капель реактива Грисса. Спустя 20 мин., определяют по степени окрашивания приближенное содержание нитритов, пользуясь данными таблицы 14.

Таблица 14

В. Определение нитратов в воде

Наличие в воде нитратов указывает на полную минерализацию аммиачных соединений. Метод основан на реакции между нитратами и фенолдисульфокислотой с образованием нитропроизводных фенола, которые со щелочами образуют окрашенные в желтый цвет соединения. Предельно-допустимая концентрация нитратов в воде водоемов - 10 мг/л воды.

Количественное определение. В пробирку наливают 1 мл исследуемой воды. Добавляют 1 мл сульфифеноловой кислоты по каплям и чтобы они падали на поверхность воды. Степень окраски определяют спустя 20 минут после добавления реактива и смешивания содержимого пробирки. Желтая окраска различной интенсивности указывает на наличие в исследуемой воде солей

Окрашивание при рассмотрении сбоку	Окрашивание при рассмотрении сверху	Содержание аммиачного азота в мг/л
Нет	нет	0,001
Нет	Едва уловимое розовое окрашивание при сравнении с дистиллированной водой	0,002
Нет	Едва заметное розовое	0,004
Очень слабозеленое	Слабозеленое	0,02
Слабозеленое	Светло-зеленое	0,04
Светлозеленое	Зеленое	0,07
Сильнозеленое	Малиновое	0,2
Малиновое	Ярко-малиновое	0,4

нитратов, которые приближенно определяются по следующей таблице 15.

Таблица 15.

Окраска при наблюдении сбоку	Содержание азота нитратного в
Уловима только по сравнению с контролем	0,5

Едва заметное желтоватое окрашивание	1,0
Чрезвычайно слабозелтоватое окрашивание	2,0
Очень слабозелтоватое	3,0
Слабозелтоватое	5,0
Слабо желтое	10,0
Светло желтое	25,0
Желтое	50,0
Сильно желтое	100,0

6.3. Антимикробные свойств высших растений

Исследования могут быть поставлены в трех аспектах.

1. Определение антимикробных свойств листьев разных растений в загрязненных водах, что имитирует очищающую роль листьев, падающих в водоемы, по берегам которых расположены лесные насаждения.
2. Влияние температуры среды на биологическую (микробиологическую) активность вод.
3. Микробиологическая загрязненность разных вод.

Необходимое оборудование, реактивы, материалы: серия стерильных стаканчиков на 100 мл (или банки); крышки к стаканчикам (можно использовать чашки Петри, часовые стекла или фольгу); термостат; длинный пинцет; термометр; листья растений в период их активной вегетации.

А. Антимикробные свойства листьев разных растений

В одни стаканчики наливают одинаковое количество дистиллированной воды (контроль), в другие стаканчики наливают также дистиллированную воду, но разбавленную на 1/3 водой из пруда, водохранилища, реки с тихим течением, из водоемов, загрязненных органикой.

В случае сильного биологического загрязнения разбавление следует увеличить. Повторность опытов трехкратная. Неповрежденные зеленые листья разных растений (тополя черного, бальзамического, ивы, березы, ясеня, липы), сорванные непосредственно перед опытом или с предварительно отобранных и поставленных в воду веток, взвешивают и помещают в относительно равных весовых количествах в стерильные стаканчики с испытуемой водой, прикрывают крышками или фольгой, помещают в темноту при температуре 18-20°C.

Постоянно следят за состоянием листьев (в течение недели и более). Разложение тканей листьев (а, следовательно, и снижение их биологической активности) видно по разрушению хлорофилла, побурению (можно посмотреть на

свет), непрочности листовой ткани.

Составляют ряд устойчивости разных видов растений к разложению в воде, обусловленный их антимикробными свойствами (фитонцидной активностью).

Б. Влияние температуры водной среды на биологическую активность вод.

Опыт по постановке аналогичен предыдущему, однако опытные и контрольные стаканчики помещают в темноту при разной температуре: 16-18°C и 26-28°C. В случае высокой летней температуры для охлаждения стаканчиков можно применять охлаждающие смеси. В случае повышения температуры в опыте и при взятии проб загрязненной воды в жаркие летние дни получение результатов значительно ускоряется, и наблюдать за растениями в стаканчиках следует по часам. Для охлаждения стаканчиков с водой их ставят в холодную воду.

Можно использовать также водяные бани, наполненные тающим льдом. Баня со смесью соль - лед - вода позволяет получать температуру значительно ниже нуля и довольно быстрое охлаждение.

В. Биологическая загрязненность вод

Для этого в опытах используют воду из разных источников (прудов, водохранилища, родников), в которую помещают листья одинаковых растений небольшой или средней устойчивости.

При использовании листьев наиболее устойчивых видов (например, тополей) время опыта значительно удлиняется. После экспозиции в темноте выявляют наиболее биологически загрязненный водоем, в воде которого листья разрушаются особенно быстро.

Контрольные вопросы

1. Листья каких растений обладают наибольшей антимикробной активностью?
2. Какие воды (из исследуемых) являются наиболее биологически загрязненными?
3. Как влияет температура на проявление антимикробной активности растений?
4. Листья каких растений обладают наименьшей антимикробной активностью?
5. Как влияет температура на биологическое загрязнение воды?

6.4. Определение кислотности и токсичности осадков

На сегодняшний день кислотные дожди это одна из важнейших экологических проблем, с которой связывают окисление природной среды и ее

составляющих. Способ образования кислотных дождей сопровождается выбросами различных химических веществ от промышленных объектов в атмосферу, как правило это- диоксид серы и оксид азота, которые, соединяясь с атмосферной влагой, образуют серную и азотную кислоты. В результате дождь и снег оказываются подкисленными (число pH ниже 5,6).

Максимальная зарегистрированная кислотность осадков в Западной Европе - pH=2,3. Суммарные мировые антропогенные выбросы двух главных загрязнителей воздуха - виновников подкисления атмосферной влаги - SO₂ и NO_x составляют ежегодно - более 255 млн. т (1994 г.).

Защелачивание природной среды происходит на огромной территории, что весьма негативно отражается на состоянии всех экосистем. Природные экосистемы очень чувствительны и подвергаются разрушению даже при меньшем уровне загрязнения воздуха, чем тот, который опасен для человека.

Однако, опасность представляют, как правило, не сами кислотные осадки, а протекающие под их влиянием процессы. Под действием кислотных осадков из почвы

выщелачиваются не только жизненно необходимые растениям питательные вещества, но и токсичные тяжелые и легкие металлы - свинец, кадмий, алюминий и др. Впоследствии они сами или образующиеся токсичные соединения усваиваются растениями и другими почвенными организмами, что ведет к весьма негативным последствиям.

Кислотность и токсичность осадков в разных условиях среды сильно варьируют. Так, в зоне влияния металлургических заводов - они кислые. Осадки могут быть и щелочными - в зоне влияния предприятий, выделяющих в атмосферу щелочи, на обширных территориях с засоленными щелочными почвами (например, район Аральского озера).

Необходимое оборудование, реактивы, материалы: осадкомер на метеоплощадке или сосуды для сбора и хранения воды; выпарительные чашки; водяная баня; чашки Петри; фильтровальная бумага; пинцет; индикаторная бумага; различные мелкие семена.

Осадки собирают осадкомером (в случае наличия такового). Их можно также собрать во время дождя в различных широтах в широкие сосуды: например, кристаллизаторы.

600 мл осадков (в 3-кратной повторности) упаривают в выпарительных чашках на водяной бане, постоянно подливая новые порции жидкости. В качестве

замены выпарительных чашек можно использовать небольшие блюдца, а вместо водяной бани - высокие консервные банки, на дно которых наливают воду.

После выпаривания дождевой влаги в чашку добавляют по каплям дистиллированную воду и тщательно растирают осадок стеклянной палочкой, сливая все в пробирку. Новые капли воды (3 раза) очищают чашку полностью. Объем жидкости в пробирке должен составлять 6 мл (концентрирование в 100 раз).

6.4.1. Определение pH осадков

Для этого используется 1 мл жидкости из пробирки; pH определяют путем опускания индикаторной бумажки в жидкость и сравнения изменившегося цвета со шкалой на коробочке индикаторной бумаги.

Применяется следующая градация осадков: сильнокислые (pH=3-4), кислые (pH=4-5), слабокислые (pH=5-6), нейтральные (pH=6-7), слабощелочные (pH=7-8), щелочные (pH=8-9), сильнощелочные (pH=9-10).

6.4.2. Определение токсичности осадков

Сконцентрированную жидкость (около 5 мл) осадков используют для определения их токсичности. Чашки Петри стерилизуют (можно в сушильном шкафу при температуре 150-200 °С), на их дно укладывают кружок фильтровальной бумаги, которую увлажняют 5 мл жидкости. На фильтры рассыпают 50 штук предварительно просчитанных мелких семян: салата, мака, горчицы, редиса и др.

Чашки Петри закрывают крышками и помещают в термостат при температуре + 25-26°С. Контроль - чашки с теми же семенами, фильтр которых увлажнен 5 мл дистиллированной воды.

После прорастания семян в контроле на 50%, проводят их подсчет. Данные всхожести опытных вариантов выражают в процентах к контролю, который принимается за 100 относительных процентов. Применяют следующую градацию - 100% - нет токсичности, 80-90% - очень слабая - токсичность, 60-80% - слабая, 40-60% - средняя, 20-40% - высокая, 0-20% - очень высокая токсичность, близкая к летальной.

В качестве биотеста можно использовать совершенно одинаковые проростки гороха, фасоли, которые отбирают из партии после их прорастания. У горошин срезают половинку обеих семядолей, чтобы у них было ровное ложе; их

помещают на фильтровальную бумагу, лежащую на дне химического стакана емкостью 200-250 мл. Бумагу смачивают 5 мл опытного раствора, на дно помещают по 5 подготовленных горошин, закрывают крышкой от чашки Петри. Повторность - 3-кратная. После того, как горошины дадут растения высотой 5-7 см и более (до крышки стакана), проводят их измерение.

Контроль - горошины на дистиллированной воде. Подсчет проводят так же как и при биотестировании по прорастанию семян.

ГЛАВА 7. МОНИТОРИНГ ПОЧВЕННО-БИОТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

Почвенно-экологический мониторинг подразделяют по степени охвата территории на импактный, региональный и глобальный мониторинг. Специальные задачи почвенного мониторинга, выполняемого на разном уровне, различаются. Объединяет их одна общая цель: своевременное обнаружение неблагоприятных изменений свойств почв при различных видах их использования, а также при развитии естественного почвообразовательного процесса.

Для получения фоновых значений содержания химических веществ в почвах удаленных от источника загрязнения в биосферных заповедниках, ведут

фоновый мониторинг. Это необходимо для исследования современного антропогенного влияния на биосферу (Ландшафтно-геохимические..., 1989).

При импактном и региональном почвенном мониторинге должны быть выполнены следующие виды работ:

- 1) определение источника загрязнения и идентификация загрязняющих веществ;
- 2) определение уровней контролируемых показателей состояния почв, вод, растений на территории, окружающей источник загрязнения;
- 3) определение зон распространения почв с ухудшением контролируемых свойств;
- 4) определение характера действия загрязняющих веществ на почву; определение зон миграции, аккумуляции и направления трансформации загрязняющих веществ в почве;
- 5) оценка сопротивляемости почв загрязнению и возможности их самоочищения;
- 6) оценка эффективности возможных мероприятий по снижению или ликвидации последствий загрязнения почв;
- 7) оценка экономического ущерба, нанесенного природе и сельскому хозяйству загрязнением почв.

При глобальном мониторинге должны проводиться следующие мероприятия:

- 1) определение потока контролируемых химических элементов на почвы контролируемых фоновых территорий;
- 2) определение уровней контролируемых показателей состояния почв;
- 3) определение зон миграции, аккумуляции, направления трансформации контролируемых химических элементов в почве;
- 4) определение скорости накопления контролируемых химических элементов в почвах фоновых территорий (Мотузова Г. В., 1988).

Комплексное почвенное обследование при мониторинге предполагает использование совокупности приемов исследования свойств почвы, направленной на изучение (наблюдение, контроль) почвы как единого целого. Такой подход требует обоснованного выбора методов контроля, а именно:

- 1) комплекса контролируемых свойств почв различной природы (химические, биологические, физические, морфологические, микробиологические и др.);
- 2) комплекса свойств почв, различающихся по характеру воздействия на них контролируемых химических веществ (прямые специфические показатели загрязнения, косвенные неспецифические показатели загрязнения, показатели устойчивости почв к загрязнению);

3) комплекса компонентов почв, подлежащих контролю (почвенные горизонты, играющие роль биохимических барьеров, тонкодисперсные фракции почв, поглощающие загрязнители и др.);

4) комплекса уровней наблюдения (почвенный покров, состояние почв, загрязнение почв; импактный, региональный, глобальный) (Мотузова Г. В., 1994).

Многообразие природных условий и факторов антропогенных воздействий на почвы, сложность почвенных структур обуславливают необходимость дифференцированных программ почвенно-экологического мониторинга (Агроэкология, 2000).

Первая форма мониторинга позволяет оценить состояние почв и почвенного покрова, масштабы воздействия антропогенных факторов (степени токсичности), направленность и интенсивность развития негативных процессов и выбрать (в соответствии с базовыми принципами мониторинга) объекты для последующих исследований.

Стационарная форма почвенно-экологического мониторинга (вторая форма) реализуется по расширенной программе комплексных исследований свойств и параметров почв, режимов и процессов, протекающих в них.

Для длительных и комплексных наблюдений стационарный участок должен включать группу достаточных по размерам площадок, которые охватывали бы все виды почв, различающихся по степени проявления тех или иных процессов. Размеры экспериментальных участков (площадок) трудно определить заранее. Их устанавливают с учетом размеров и состояния элементарных почвенных ареалов, длительности исследований, видов режимных исследований и периодичности наблюдений.

Третья форма мониторинга реализуется по сокращенной программе в процессе маршрутных обследований заранее выбранных участков или маршрутов (по тому же принципу, что и стационаров). При этом основное внимание уделяется репрезентативным диагностическим показателям, наиболее динамично меняющимся во времени (кислотность, ОВР, плотность и структурное состояние почвы, впитывание УГВ и т. д.). Маршрутные обследования пространственно могут быть приурочены к стационарным участкам или их прокладывают по самостоятельным направлениям.

7.1. Биотестирование как наиболее целесообразный метод определения интегральной токсичности почвы

Несмотря на использование современного оборудования по мониторингу допустимых концентраций вредных, а иногда и ядовитых веществ (ПДК) в водной почвенной и воздушной средах, результаты в исследуемых субструктурах являются лишь косвенным показателем их токсичности. Не всегда удается провести корреляцию между содержанием загрязнителя в среде и ее пригодностью для обитания живых организмов. Показатели свойств почв варьируют от сильнозагрязненных, но нетоксичных, от слаботоксичных до, слабозагрязненных, но в то же время сильнотоксичных.

Поэтому токсичность почвы не определяется токсичностью отдельных соединений, содержащихся в ней. Более достоверной оценкой будет служить интегральная токсичность почвы, отражающую влияние всего комплекса.

Таковым методом определения интегральной токсичности почвы является биотестирование. Показателем степени токсичности при биотестировании служит изменение выбранной тест-функции биоиндикаторного организма при его взаимодействии с пробой среды. Успешное применение биотестирования для диагностики состояния экосистемы во многом зависит от правильного подбора тест-объекта.

В качестве биоиндикаторов могут быть использованы животные, растения, микроорганизмы. Уровень организации тестируемой биологической системы может варьировать от доклеточного (макромолекулы) до надорганизменного (сообщества). Большинство исследователей полагает, что применение единственного биологического параметра для целей биотестирования ненадежно из-за разнообразных механизмов отклика тест-организма на различные антропогенные загрязнения. Наиболее полный анализ интегральной токсичности достигается при применении набора биотестов с использованием различных тест-организмов при контроле их биологических параметров.

Наиболее очевидными критериями выбора тест-организмов являются простота работы и точность получаемых в результате тестирования данных. Под простотой понимается легкость выделения тест-организма из природных источников, его хранения, размножения, постановки пробы на токсичность, обработки и интерпритации полученных результатов. Точность в данном случае - это наличие однозначных, ярко выраженных изменений тестируемой функции индикаторного организма в результате воздействия интересующего

загрязнителя.

В некоторых случаях для оценки токсичности почвы необходимо в качестве тест-объектов брать микроорганизмы. Достоинства микробиологических тестов обусловлены следующими причинами. Благодаря небольшим размерам микробные клетки имеют относительно большую поверхность контакта с окружающей средой, что определяет их высокую чувствительность к происходящим в ней изменениям. Высокие скорости роста и размножения микроорганизмов дают возможность за сравнительно короткий срок проследить за воздействием любого неблагоприятного фактора на протяжении десятков и даже сотен поколений. К тому же они компактны и в большинстве случаев не требуют значительных материальных затрат для поддержания жизнедеятельности. Применение микроорганизмов для оценки интегральной токсичности почвы и создание на их основе комплексной системы чувствительных, достоверных и экономичных биотестов является перспективной областью исследований.

К недостаткам микробиологических тестов следует отнести достаточно высокую способность микроорганизмов к образованию устойчивых мутантных штаммов, что может в некоторых случаях приводить к получению недостоверных результатов.

Один из простых в исполнении и информативных способов оценки микроботоксичности загрязненных почв - это учет численности микроорганизмов, которая, как правило, достаточно легко отражает микробиологическую активность почвы, скорость разложения органических веществ и круговорота минеральных элементов. Так, к примеру, в случае загрязнения почвы нефтью на основе данного показателя можно не только судить о степени загрязненности, но и о потенциальной возможности почвы к восстановлению. Но определение общей численности бактерий в этом случае в качестве показателя токсичности может быть рекомендовано для сильнозагрязненных почв, так как в зависимости от своей концентрации, нефть способна как стимулировать, так и угнетать развитие микроорганизмов.

7.2. Оценка состояния почвенно-биотического комплекса

А. Отбор проб почвы

Проведение контроля за содержанием токсикантов в почве и растениях на территории России осуществляется путем выборочного или сплошного

обследования экосистем.

Сплошной контроль проводят в случае авральных выбросов токсичных веществ, а также при обнаружении в посевах сельскохозяйственных культур фитотоксикантов, представляющих опасность для растений, животных и человека.

Во всех остальных случаях осуществляется выборочный контроль. Отбор образцов почв и растений проводится на типичных участках, имеющих соотношение сторон 1:2. По длинной осевой линии рекомендуется брать около 40 индивидуальных проб. При выборочном стационарном обследовании выделяют контуром участок 10x10 м и отбирают образцы (40 проб) по двум диагоналям квадрата.

Выборочный текущий контроль проводят на каждом представительном поле площадью 30-60 га, на котором выделяют три участка площадью 5 га, причем один из них располагают в местах, где более вероятно повышенное содержание токсиканта (нижняя часть склона, впадина и т.д.). При меньшем размере поля участки для контроля пропорционально уменьшают.

Точечные пробы отбирают ножом или шпателем из прикопок или почвенным буром. Объединенную пробу составляют путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке. Для химического анализа объединенную пробу составляют не менее, чем из пяти точечных проб, взятых с одной пробной площадки. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг.

Для контроля загрязнения поверхностно распределяющимися веществами (нефть, нефтепродукты, тяжелые металлы и др.) точечные пробы отбирают послойно с глубины 0-5 и 5-20 см массой не более 200 г каждая.

Для контроля загрязнения легко мигрирующими веществами точечные пробы отбирают по генетическим горизонтам на всю глубину почвенного профиля.

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения тяжелых металлов, отбирают инструментом, не содержащим металлов. Перед отбором точечных проб стенку прикопки или поверхность керна следует зачистить ножом из полиэтилена или полистирола или пластмассовым шпателем. Точечные пробы почвы, предназначенные для определения летучих химических веществ, следует сразу поместить во флаконы или стеклянные банки с притертыми пробками, заполнив их полностью до пробки. Точечные пробы почвы, предназначенные для определения пестицидов, не следует отбирать в полиэтиленовую или пластмассовую тару.

Пробы почвы для химического анализа высушивают до воздушно-сухого

состояния по ГОСТ 5180-84. Воздушно-сухие пробы хранят в матерчатых мешочках, в картонных коробках или в стеклянной таре. Пробы почвы, предназначенные для определения летучих и химически нестойких веществ, доставляют в лабораторию и сразу анализируют.

Б. Подготовка к анализу

Для определения химических веществ пробу почвы в лаборатории рассыпают на бумаге или кальке и разминают пестиком крупные комки. Затем выбирают включения - корни растений, насекомых, камни, стекло, уголь, кости животных, а также новообразования - друзы гипса, известковые журавчики и др. Почву растирают в ступке пестиком и просеивают через сито с диаметром отверстий 1 мм. Отобранные новообразования анализируют отдельно, подготавливая их к анализу так же, как пробу почвы.

Метод определения активности ферментов

Ферментативная активность - один из показателей потенциальной биологической активности почвы, характеризующий способность системы сохранять гомеостаз.

На основе обобщения соответствующих данных предложена система оценки биологической активности почвы по табл. 16.

Среди методов определения ферментов наиболее простыми по выполнению являются методы определения активности дегидрогеназы и каталазы.

Шкала для сравнительной оценки биологической активности почвы

Таблица 16

Показатель	Активность				
	Очень слабая	Слабая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Выделение CO ₂ , CO ₂ /10г/сут.	0-5	5-10	10-15	15-25	>25
Каталаза, O ₂ , см ³ /г/мин.	До 1	1-3	3-10	10-30	>30
Дегидрогеназа по восстановлению ТТХ, мкл H ₂ г/сут.	0-3	3-7	7-15	15-22	>22
Фосфатаза, мг P ₂ O ₅ /10г/ч	0-5	0,5-1,5	1,5-5,0	5,0-15,0	>15
Протеаза, мг альбум./10г/ч	0-0,5	0,5-1,0	1,0-2,0	2,0 - 3,0	>3
Инвертаза, мг глюкозы/г/сут.	До 5	5-15	15-50	50 - 150	>150

Необходимые оборудование, реактивы, материалы: термостат биологический; вакуумный насос; фотоэлектроколориметр; вакуумная колба на 50 мл с притертой стеклянной пробкой; колбы мерные на 25 мл.; соль тетразолия (2,3,5-трифенил-тетразолий хлористый, ТТХ); углекислый кальций; спирт этиловый

Для определения активности дегидрогеназ в почве - ферментов класса оксидоредуктаз, катализирующих реакции отщепления водорода от одного субстрата и переносящих его на другой и участвующих в процессах катаболизма (разрушения) всех типов питательных веществ - в качестве акцептора водорода, применяют бесцветные соли тетразолия (2, 3, 5- трифенил - тетразолий хлористый, ТТХ), которые восстанавливаются в красные соединения формазанов (трифенил - формазан, ТФФ).

Навеску почвы 1 г помещают в 50-миллилитровую вакуумную колбу с притертыми стеклянными пробками, добавляют 10 мг углекислого кальция и тщательно смешивают.

Для определения дегидрогеназ лучше использовать свежие образцы почвы, так как при высушивании образцов почвы активность этого фермента снижается до 50-80%. Затем добавляют 1 мл 1%-ного раствора ТТХ. Определение проводят в анаэробных условиях, для этого воздух из колбы эвакуируют при разрежении 10-12 мм рт. столба в течение 2-3 мин. Колбы осторожно встряхивают и ставят в термостат при 38°C на 24 ч. Контролем служит стерилизованная почва и субстраты без почвы. После окончания инкубации в колбы добавляют по 25 мл этилового спирта и встряхивают в течение 5 мин. Содержимое колбы фильтруют, и полученный раствор ТФФ колориметрируют на фотоэлектроколориметре, используя кюветы шириной 5 мм и синий светофильтр с длиной волны 500-600 мм. Количество формазана в мг рассчитывают по стандартной кривой. Активность дегидрогеназ выражают в миллиграммах ТФФ на 10 г почвы за сутки. Ошибка определения - до 8 %.

В. Определение токсичности почвы (метод биотестирования)

Биологические методы более объективно отражают экологическое состояние системы, в частности самоочищающуюся способность почвы, ее реакцию на тот или иной раздражитель. Поэтому их применение в экологических исследованиях при изучении загрязнения экосистем представляется наиболее перспективным.

В основе метода биологической диагностики почв лежит представление о

том, что почва как среда обитания составляет единую систему с населяющими ее организмами.

Биологический метод высокоэффективен при определении общей токсичности почвы. Он прост в исполнении, оперативен и позволяет быстро определить суммарную токсичность почвы. Принцип метода биотестирования основан на зависимости между дозой токсиканта и эффектом его действия на тест-объект.

В качестве тест-объектов могут использоваться растения или отдельные их части, грибы, насекомые и т.д. Основным требованием к тест-объекту является его высокая чувствительность к определяемому токсиканту или продуктам его распада.

Материалы и оборудование. 1) бумага фильтровальная; 2) пинцет; 3) чашки Петри; 4) термостат для проращивания; 5) металлический шпатель; 6) семена редиса (тест-объект).

Испытуемую почву с помощью пинцета освобождают от крупных корневых остатков и тщательно перемешивают металлическим шпателем. Навеску 60 г помещают в чашку Петри (опыт проводят нестерильно). Почву увлажняют водой до состояния негустой пасты и тщательно перемешивают. На поверхность почвенной пластинки помещают фильтр, на фильтр равномерно раскладывают по 20 семян редиса. Чашки Петри ставят на проращивание.

Опыт учитывают на третьи сутки после прорастания семян при комнатной температуре. При их прорастании в биотермостате при температуре 25-26°C время учета сокращается до 2-2,5 суток. Контролем служат семена, пророщенные на условно чистой почве.

Измеряют общую длину корней проростков в каждой повторности, учитывают также невсхожие семена (всхожими считаются семена, прорвавшие оболочку). После измерения длины корней в четырех повторностях рассчитывают среднюю длину корней взошедших семян, а также процент снижения их длины по сравнению с контролем.

Уменьшение длины корней проростков по отношению к контролю, выраженное в процентах, и является показателем токсичности почвы при применении химических средств защиты растений.

Достоверной считается токсичность 20% и выше. Такая токсичность по биотесту при сравнении с калибровочной шкалой растворов пестицидов соответствует их количеству, превышающему остаточные количества препаратов,

определенных физико-химическими методами, в три раза и более.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С формированием человеческого общества, а особенно в настоящее время, технически вооруженный человек для удовлетворения своих постоянно растущих потребностей стал крупной геологической силой. Наступил новый этап в развитии биосферы, характерной чертой которого является усиление противоречий в системе «биосфера-человек». Рост численности населения, постоянное расширение жизненного пространства, нерациональное потребление природных ресурсов, несовершенная экономическая система-это главные факторы, индуцирующие развитие современного этапа эволюции биосферы, которое проявляется в истощении генофонда биоты, сокращением биологического разнообразия ландшафтов, нарушением экологического равновесия.

Современный мир сложен и динамичен. Никогда человек не взимал столько дани с природы и не оказывался уязвимым перед всей силой, которую создал сам. Сама природа нередко становится заложницей тех ложных экологических обоснований, которые были воплощены в пагубные для нее технические проекты, когда хозяйственные интересы и потребности людей были на первом месте. Также, нарастающая зависимость состояния окружающей среды от деятельности людей ставит их самих в зависимость от изменяемой ими биосферы. Растет понимание того, что главными ценностями для нормального развития людей являются такие естественные блага: чистая вода, неотравленный воздух, почва, которая, дает экологически чистый урожай и продукты питания, в целом жизнь в комфортной экологически благополучной среде.

Поэтому современный инженер, это прежде всего специалист, наделенный экологической логикой в своей профессиональной деятельности, который обязан изыскивать все возможные резервы для минимизации экологического риска и ущерба природной среде, воспринимать принцип «не убий» в глубоко осознанном его значении, пронизывающем все аспекты инженерной деятельности.

На сегодняшний день, главная задача должна заключаться в том, чтобы осуществить переход от упрощенного и неустойчивого общества, расточительно использующего ресурсы, к устойчивому обществу, более гармонично связанному с экологическими циклами и фундаментальными ритмами жизни, которые поддерживают нас и другие виды.

Литература

- 1.Гонопольский А.М. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Инженерная защита окружающих территорий мегаполиса. - М.: МГУИЭ, 2004.- 368с.
2. Денисов В. В., Курбатова А. С., Денисова И. А [и др.]. Экология города: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений] , под ред. В. В. Денисова. — Москва; Ростов-на-Дону: МарТ, 2008. — 831 с.
- 3.Колесников С. И. Экологические основы природопользования. М. Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2010.
- 4.Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Основы общей экологии: Учебное пособие. М.: Университетская книга, 2005.- 239 с.
- 5.Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П.Экология: Учебник для ВУЗов 3-е изд.- М.: Дрофа, 2004.-624 с.
- 6.Практикум по экологии: - уч.- метод. пособие/под ред. Белюченко И.С., Попок Л.Б.-Краснодар: КубГАУ, 2010.-293 с.
- 7.Скурлатов Ю. И., Дука Г. Т., Мизити А. Введение в экологическую химию. - М.: Высш. шк., 1994. - 399 с.
- 8.Стрельников В.В. Анализ и прогноз загрязнения окружающей среды. - Краснодар.2004.-195 с.
- 9.Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. - Воронеж: ВГУ, 1997.- 305 с.
- 10.Фомин Г.С., Фомин А Г. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам: Справочник. - М,: Протектор, 2001.- 304 с.
11. ГОСТ 17. 4.3.01-83. Почвы. Отбор проб для контроля загрязнений. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы.

Для заметок

Учебно-методическое пособие

**Алсу Харисовна Султангареева,
Радик Зуфарович Гибадуллин**

ИНЖЕНЕРНАЯ ЭКОЛОГИЯ (ЧАСТЬ I)

ISBN.....

Формат 60x84/16
Подписано к печати 9.11.2015г.
Печать офсетная. Усл. п.л. 6,00
Заказ 164
Тираж 320

Издательство КГАУ/420015, г.Казань, ул.Карла Маркса, д.65
Лицензия на издательскую деятельность код 221 ИД №06342 от 28.11.2001г.....
Отпечатано в типографии КГАУ
420015 г.Казань, ул.карла Маркса, д.65
Казанский государственный университет