

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ГОРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра биологической и химической технологии

Методическое пособие
по дисциплине
«ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ»
для студентов направления подготовки
19.03.01 – «Биотехнология»

Владикавказ, 2021

Составители:

к.с.-х.н. **Хозиев Алан Макарович**

к.б.н. **Петрукович Андрей Георгиевич**

Рецензент – д.с.-х.н., заведующий кафедрой землеустройства
и экологии ФГБОУ ВО Горский ГАУ *Козырев А.Х.*

Хозиев А.М., Петрукович А.Г. Методическое пособие по дисциплине «Экологическая биотехнология» / Учебно-методическое пособие / А.М. Хозиев, А.Г. Петрукович. – Владикавказ: Издательство ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2021, – 144с.

В методическом пособии изложены физические, химические и санитарно-бактериологические методы контроля загрязнения объектов окружающей среды, а также некоторые способы утилизации твердых отходов.

Методическое пособие предназначено в помощь студентам для проведения лабораторных работ по предмету «Экологическая биотехнология», а также при работе над выпускной квалификационной работой по направлению подготовки 19.03.01 - Биотехнология.

Методическое пособие «Экологическая биотехнология» рассмотрено на заседании ЦУМС (протокол № 1 от 24 сентября 2020 г.) и рекомендовано в учебный процесс для проведения лабораторно-практических занятий.

Предисловие	5
Введение	7
Место дисциплины «Экологическая биотехнология» в структуре образовательной программы	11
Правила безопасности в биотехнологической лаборатории ...	17
ЧАСТЬ 1. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ	23
Работа 1.1. Определение содержания газообразных загрязнителей воздуха газоанализатором УГ-2	25
Работа 1.2. Определение содержания оксида углерода на магистральных улицах	29
1.2.1. Определение состава и численности автотранспорта	29
1.2.2. Определение содержания оксида углерода	32
Работа 1.3. Определение числа микроорганизмов в воздушной среде рабочих помещений	36
1.3.1. Определение количества микроорганизмов в воздухе	37
1.3.2. Влияние фитонцидов измельченных растений на содержание микроорганизмов	37
Вопросы к части 1 «Контроль качества воздушной среды» ...	40
ЧАСТЬ 2. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВОДЫ	42
Работа 2.1. Определение физических показателей сточных вод	46
2.1.1. Определение температуры	46
2.1.2. Определение осадка	46
2.1.3. Определение запаха	46
2.1.4. Определение цветности воды	49
2.1.5. Определение прозрачности и мутности воды	51
Работа 2.2. Определение перманганатной окисляемости	54
Работа 2.3. Определение соединений минерального азота	57
Вопросы к части 2 «Контроль качества воды»	66
ЧАСТЬ 3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОЧВЫ	67
Работа 3.1. Определение микроорганизмов почвы методом прямого счета	68
3.1.1. Определение состава микрофлоры почвы	71

3.1.2. Определение активности ферментов класса оксидоредуктаз микробиоценоза почвы	73
Работа 3.2. Качественное распознавание минеральных удобрений	75
Вопросы для самоконтроля к части 3 «Контроль качества почвы»	81
ЧАСТЬ 4. ЗАГРЯЗНЕНИЕ РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ И БИОИНДИКАЦИЯ	83
Работа 4.1. Определение нитратов в различных овощных культурах	83
Работа 4.2. Влияние солей тяжелых металлов на коагуляцию растительных и животных белков	88
Работа 4.3. Биоиндикация влияния солей тяжелых металлов на коагуляции белка вермикултурой <i>Eisenia foetida</i>	90
Работа 4.4. Влияние активной кислотности среды и солей тяжелых металлов на изменение цвета флавоноидных пигментов различных цветковых растений	92
Вопросы для самоконтроля к 4 части «Загрязнение растениеводческой продукции и биоиндикация»	98
ЧАСТЬ 5. УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ	99
Работа 5.1. Метод получения этанола из продуктов растениеводства	102
Работа 5.2. Получение биогаза из органических остатков	106
Работа 5.3. Накопление биомассы одноклеточных микроорганизмов на различных субстратах	110
Работа 5.4. Определение числа дрожжевых клеток в камере Горяева	115
Вопросы для самоконтроля к части 5 «Утилизация твердых отходов»	118
ЧАСТЬ 6. БИООЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД	119
Работа 6.1. Определение состава микробиоценоза биопленки	121
Работа 6.2. Краткая характеристика и расчет различных типов биофильтров	126
Работа 6.3. Расчеты аэротенков	133
Список литературы для самостоятельной подготовки	137
Глоссарий	139

ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние десятилетия применение науки экологии в практике, выражающееся в способах и методах охраны окружающей среды, все время расширяется. В современном понимании классическая экология приобрела новое развитие в связи с загрязнением окружающей среды (воздуха, воды и почвы). 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 мировой уровень. Это обуславливает осуществлять контроль качества основных объектов окружающей среды, осваивать и расширять методы контроля традиционных (оксидов углерода, азота, серы) и новых токсикантов (диоксинов, нитрозоаминов, микотоксинов), а также заставляет решать вопросы утилизации твердых отходов, очистки сточных вод, которые в больших количествах образуются в результате промышленного и бытового водопользования.

В настоящее время экология с ее практическим применением - охраной окружающей среды - стала интегральной наукой, связанной почти со всеми естественными и техническими дисциплинами, и преподается в том или ином объеме во всех учебных заведениях России. Однако практические занятия предусмотрены не во всех курсах. Между тем овладение практическими навыками по экологии и охране окружающей среды углубляет познание предмета. В связи с этим разработан практикум по основным разделам экологии и экологической биотехнологии с использованием несложных химических анализов и простых в воспроизведении биологических объектов. Каждая практическая работа рассчитана на занятия 2-4 учебных часа.

Содержание курса направлено на изучение и последующее применение студентами современных концептуальных основ и методологических подходов, направленных на решение проблемы обеспечения безопасности и устойчивого взаимодействия человека с природной средой. Курс предусматривает формирование у студентов природоохранного и экологического мировоззрения. Рассмотрены принципы методологии количественной оценки разнородных опасностей, их сравнения между собой в единой шкале и ранжирования на основе анализа экологического риска для определения приоритетных направлений его снижения и прогнозирования путей устойчивого и безопасного развития человечества.

В практикуме 6 частей, в которых описано 19 практических работ. Первая часть посвящена контролю качества главного объекта окружающей среды – воздуха, она содержит 5 работ; вторая часть – контролю качества вод, включает в себя 4 практическую работу, третья – контролю качества почвы, в которой предлагается освоить – 3 работы, четвертая – контролю растениеводческой продукции: в ней описаны 3 работы определения токсикантов в овощах, фруктах, зерновых и т.д., в пятой части отражены вопросы утилизации твердых отходов. В шестой части предлагается для освоения 3 работы.

ВВЕДЕНИЕ

На рубеже третьего тысячелетия возник глобальный кризис современной цивилизации. Он выражается в ускоренном росте негативных тенденций во взаимоотношениях общества и природы и в росте социальной напряженности в самом обществе. Конфликт с природой, сопровождаемый ростом числа экологических проблем и их глобализацией, ставит вопрос о сохранении устойчивости сложной системы биосферы и, как следствие, о выживании человечества как вида.

Экологические проблемы имеют давние исторические корни. История развития живой природы служит наглядным тому примером. По палеонтологическим данным в процессе эволюции биоты (животный и растительный мир) шло не только систематическое наращивание ее многообразия и видовое совершенствование, но столь же часто случались кризисы и катастрофы. Так, в истории биосферы насчитывается пять глобальных массовых вымираний биоты и около пятнадцати менее значительных кризисов, зафиксировано шесть максимумов угленакопления, свидетельствующих о катастрофах в растительном мире. Примеров экологических катастроф в процессе эволюции человечества еще больше. Особенно ярко выделяется неолитическая катастрофа, когда на Земле была уничтожена большая часть крупных животных – мамонтов, слонов, бизонов, гигантских ленивцев и т. д.

Современная экологическая угроза заключается в том, что человечество почти полностью вывело себя из системы всеобщего экологического контроля, достигнутого природой. Оно непрерывно наращивает число не утилизируемых природой соединений – их уже более 4000, развивает опасные технологии, хранит и перевозит множество ядохимикатов и взрывчатых веществ, загрязняет атмосферу, гидросферу и почвы, наращивает энергетический потенциал, стимулирует парниковый эффект и т. д.

Актуальность охраны окружающей среды, превратившейся в глобальную проблему, которая связана главным образом с ухудшением состояния окружающей среды в результате активно растущего антропогенного воздействия. Это обусловлено демографическим взрывом, ускоряющейся урбанизацией и развитием горных разработок и коммуникаций, загрязнением окружающей среды различными отходами, чрезмерной нагрузкой на пахотные, пастбищные и лесные земли

(в особенности в развивающихся странах). При этом урбанизированные территории займут свыше 100 млн. га. Урбанизация обычно ведёт к загрязнению воздуха, поверхностных и подземных вод, ухудшению состояния флоры и фауны, почв и грунтов. В результате строительства и благоустройства на урбанизированных территориях перемещаются десятки миллиардов тонн грунтовых масс, в широких масштабах осуществляется искусственное укрепление грунтов. Растёт объём подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых.

Вследствие утечек воды из сети водоснабжения, осушительных мероприятий, интенсивного водоотбора в пределах городских территорий нарушается режим подземных вод. Это приводит к переувлажнению, в т.ч. подтоплению, иногда к загрязнению грунтов. Их обводнение сопровождается оползнями, вторичным засолением или рассолением и другими явлениями. В результате интенсивных откачек воды и водопонижения происходит оседание земной поверхности, например, в Мехико к началу 80-х г. – до 9 м, в Токио – до 4,3 м.

Для получения минерального сырья и топлива человечество вынуждено использовать всё более глубокие слои земной коры. Горные предприятия существенно загрязняют атмосферу. Например, добыча угля сопровождается выделением свыше 30 млрд. м³ метана и свыше 20 млрд. м³ диоксида углерода. Образование газопылевых выделений свойственно также породным отвалам и складам полезных ископаемых. Самовозгорание породных отвалов угольных шахт приводит к поступлению в атмосферу в течение суток в среднем свыше 10,8 кг CO₂, около 5-6 кг SO₂, 0,6 кг H₂S и N_xO_y с 1 м² поверхности.

Значительные поступления загрязняющих веществ происходят в зонах коммуникаций и транспортных узлов (90 т пыли на 1 км железнодорожного полотна в год). При эксплуатации нефтепроводов наибольший ущерб окружающей среде наносят аварийные утечки нефти.

Растущие масштабы выработки энергии – один из главных факторов антропогенной нагрузки на окружающую среду. Деятельностью человека нарушается энергетический баланс в природе. В 1984 г. выработка первичной энергии составила 10,3 млрд. т условного топлива за счёт сжигания угля 30,3%, нефти 39,3%, природного газа 19,7%, работы ГЭС 6,8%, АЭС 3,9%. Кроме того, 1,7 млрд. т условного топлива вырабатывалось за счёт использования дров, древесного угля и органических отходов. Эти энергоносители используются в основ-

ном в развивающихся странах. К XXI веку ожидалось увеличение выработки энергии на 60% по сравнению с уровнем 1980 г.

В районах земного шара с высокой концентрацией населения и промышленности масштабы производства энергии стали соизмеримыми с радиационным балансом, что оказывает заметное влияние на изменение параметров микроклимата. Большие энергозатраты на территориях, занятых городами, предприятиями и коммуникациями, приводят к значительным изменениям атмосферы, гидросферы и геологической среды.

Одна из самых острых экологических проблем, обусловленных усилением техногенного воздействия на природную среду, связана с состоянием атмосферного воздуха. Она включает ряд аспектов. Во-первых, охрана озонового слоя, необходимая в связи с ростом загрязнения атмосферы фреонами, оксидами азота и др. К середине XXI в. это может привести к снижению содержания стратосферного озона на 15%. Наблюдения, проводимые с середины прошлого столетия в течение 30 лет, выявили тенденцию снижения концентрации озона в атмосфере над Антарктидой в весеннее время. Такие же сведения получены для полярной области Северного полушария. Вероятная причина частичного разрушения озонового слоя - рост концентрации хлорорганических соединений и метана антропогенного происхождения в атмосфере Земли. Во-вторых, рост концентрации, происходящий в основном за счёт увеличивающегося сжигания ископаемого топлива, уничтожения лесов, истощения гумусового слоя и деградации почв.

Развитие агрокомплексов и наряду с ними пищевых отраслей народного хозяйства обуславливает глобальное бактериологическое загрязнение объектов окружающей среды.

В 30-х гг. 20 века советский учёный А. Е. Ферсман, рассмотрев в глобальном масштабе антропогенное воздействие на природную среду, пришёл к выводу, что «хозяйственная и промышленная деятельность человека по своему масштабу и значению сделалась сравнимой с процессами самой природы...».

Основное внимание к решению проблем охраны окружающей среды уделяется после 2-й Мировой войны 1939–1945 гг. В эти же годы росло международное сотрудничество, нацеленное на решение экологических проблем. В 1948 г. учёными-биологами создан Международный союз охраны природы (МСОП), в 1961 г. – Всемирный фонд дикой природы (ВВФ). С 1969 г. широкие междисциплинарные ис-

следования проводятся специально созданным Научным комитетом по проблемам окружающей среды (СКОПЕ). Большая работа ведётся под эгидой ООН, по инициативе которой в 1972 г. создана постоянно действующая Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП). В рамках ООН природоохранные проблемы решают также: Всемирная метеорологическая организация (ВМО), Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), Международная морская организация (ММО), Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), Международная комиссия по окружающей среде и развитию (МКОСР) и др. ЮНЕСКО осуществляет или участвует в ряде программ, главные среди которых: «Человек и биосфера» (МАБ), Международная гидрологическая программа (МГП) и Международная программа по геологической корреляции (МППГК). Большое внимание проблемам охраны окружающей среды уделяют Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), Европейское экономическое сообщество (ЕЭС), Организация американских государств (ОАГ), Лига арабских стран по вопросам образования, культуры и науки (АЛЕКСО).

В 1972 при комитете СЭВ по научно-техническому сотрудничеству сформирован Совет по вопросам охраны и улучшения окружающей среды, который особое внимание уделяет проблемам воспроизводства природной среды. Ряд природоохранных мероприятий тесно связан с реализацией долгосрочных целевых программ сотрудничества в ключевых отраслях народного хозяйства стран-членов СЭВ.

Генеральная Ассамблея ООН приняла в 1982 Всемирную хартию природы, которая является развитием Стокгольмской декларации об окружающей человека среде (1972). Пять общих принципов хартии гласят: природа должна охраняться, а основные процессы в ней не нарушаться; генетическое разнообразие на Земле не должно ставиться под угрозу; принципы охраны природы должны распространяться на всю Землю – и на сушу, и на океан; все экосистемы и природные ресурсы должны использоваться так, чтобы сохранялась оптимальная устойчивая продуктивность; природа должна быть защищена от деградации, связанной с военными действиями.

В связи с этим стало актуальным обучение основам экологических знаний в высших учебных заведениях. Важно объяснить последствия загрязнения объектов окружающей среды, обучить простым методам контроля и биоиндикации загрязнителей воздуха, воды, почвы и утилизации твердых отходов.

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ «ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ» В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Целью изучения дисциплины «Экологическая биотехнология» является привитие будущим специалистам необходимого объема знаний в области экологической биотехнологии, навыков в проведении научно-исследовательских работ по защите окружающей среды от эко-токсикантов биологическими методами. Предусматривается изучение экологических проблем промышленных производств с позиции современной биотехнологии, возможности очистки и ремидации окружающих природных объектов методами биотехнологии и комплексными химико-биотехнологическими методами, а также утилизации отходов и промышленных выбросов с использованием процессов биохимии и биотехнологии. Задачи дисциплины – формирование у студентов знаний и умений в сфере потенциала, методологии и компетенций современной биотехнологии, новейших технологиях получения и использования биотехнологических процессов и систем для охраны окружающей среды, и рационального природопользования.

Основные проблемы, которые стоят перед современными биотехнологами в деле охраны окружающей среды, можно поделить на 3 основные группы:

1. Деградация органических и неорганических токсичных отходов.
2. Возобновление ресурсов для возврата в круговорот веществ углерода, азота, фосфора и серы.
3. Получение ценных видов органического топлива.

Одно из наиболее важных направлений биотехнологии – обработка сточных вод, твердых выбросов, контроль за загрязнением окружающей среды и создание безотходных технологий.

В последнее время резко увеличилось количество и усложнился качественный состав веществ, загрязняющих среду. Бурное развитие химии и её внедрение в народное хозяйство наряду с огромным экономическим эффектом и многими блестящими достижениями несёт определённую опасность в смысле нарушения сложившихся в течение сотен тысяч лет биомов симбиотирующих и взаимодопол-

няющих обитателей биосферы. Наиболее опасно загрязнение окружающей среды вредными для здоровья человека ядовитыми, канцерогенными и мутагенными веществами.

Остро стоит проблема очистки сточных вод, а вместе с ней и дефицит чистой воды. По подсчётам некоторых учёных человечество может остаться без пресной воды в 21 веке. Особенно большие надежды в решении этих проблем учёные возлагают на развитие биотехнологии

Биотехнология – это новый путь человечества к спасению природы.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины.

ОПК-2 – способность и готовность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

ПК-3 – готовность оценивать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения;

ПК-7 – способность систематизировать и обобщать информацию по использованию ресурсов предприятия.

Знать:

- основные закономерности функционирования биосферы и человека, глобальные проблемы окружающей среды и экологические принципы рационального использования природных ресурсов, технических средств и технологий;

- научные основы взаимодействия общества и природы; связь между потребностями общества и отходами производства;

- закономерности трансформации, циркуляции веществ и энергии веществ в биосфере;

- основы природопользования, ресурсные циклы и их особенности, классификацию природных ресурсов;

- последствия природной деятельности с точки зрения единства биосферы и биосоциальной природы человека;

- основные технологические способы переработки различных видов отходов.

Уметь:

- выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения;

- контролировать и управлять взаимодействием промышленного производства с природной средой;

- прогнозировать и рассчитывать возможные отрицательные изменения в природной среде под воздействием природных факторов;

- организовывать безотходную переработку сырьевых ресурсов;

- осуществлять безотходную переработку различных видов отходов хозяйственной деятельности человека.

Владеть:

- методами экологического обеспечения производства и инженерной защиты окружающей среды;

- приемами работы с микроорганизмами;

- правилами безопасной работы в химической и микробиологической лаборатории;

- методами расчета основных параметров биотехнологических процессов и оборудования;

- методами моделирования и масштабирования биотехнологического процесса;

- методами планирования, проведения и обработки биотехнологических экспериментов.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.

№ п/п	Индекс компетенции	Уровни сформированности компетенции		
		пороговый	достаточный	повышенный
1	ОПК-2	3 Знать основные законы естественнонаучных дисциплин.	4 Знать основные законы естественнонаучных дисциплин. Уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, в том числе для оптимизации технологических процессов и получения конкурентоспособной продукции.	5 Знать основные законы естественнонаучных дисциплин. Уметь использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, в том числе для оптимизации технологических процессов и получения конкурентоспособной продукции. Владеть методами математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования и совершенствования технологических процессов производства биотехнологической продукции.
2	ПК-3	Знать основные закономерности функционирования биосферы и человека, глобальные проблемы окружающей среды и экологические принципы рационального использования природных ресурсов, технические средства и технологии, научные основы взаимодействия общества и природы; связь между потребностями общества и отходами производства, циркуляции веществ и энергии в биосфере,	Знать основные закономерности функционирования биосферы и человека, глобальные проблемы окружающей среды и экологические принципы рационального использования природных ресурсов, технические средства и технологии, научные основы взаимодействия общества и природы; связь между потребностями общества и отходами производства, циркуляции веществ и энергии в биосфере,	Знать основные закономерности функционирования биосферы и человека, глобальные проблемы окружающей среды и экологические принципы рационального использования природных ресурсов, технические средства и технологии, научные основы взаимодействия общества и природы; связь между потребностями общества и отходами производства, циркуляции веществ и энергии в биосфере,

1	2	3 закономерности трансформации, циркуляции веществ и энергии в биосфере, основы природопользования, ресурсные циклы и их особенности, классификацию природных ресурсов, последствия природной деятельности с точки зрения единства биосферы и биосферных ресурсов, последствия природной деятельности с точки зрения единства биосферы и биосферных ресурсов, основы взаимодействия общества и природы; связь между потребностями общества и отходами производства, циркуляции веществ и энергии в биосфере,	4 веществ и энергии в биосфере, основы природопользования, ресурсные циклы и их особенности, классификацию природных ресурсов, последствия природной деятельности с точки зрения единства биосферы и биосферных ресурсов, основы взаимодействия общества и природы; связь между потребностями общества и отходами производства, циркуляции веществ и энергии в биосфере,	5 основы природопользования, ресурсные циклы и их особенности, классификацию природных ресурсов, последствия природной деятельности с точки зрения единства биосферы и биосферных ресурсов, основы взаимодействия общества и природы; связь между потребностями общества и отходами производства, циркуляции веществ и энергии в биосфере,
---	---	---	---	---

1				5	процессов и оборудования, методами моделирования и масштабирования биотехнологического процесса, методами планирования, проведения и работки биотехнологических экспериментов.
3	ПК-7	Знать международный и национальный опыт в управлении по рациональному использованию необходимых для биотехнологических производств ресурсов.	Знать международный и национальный опыт в управлении по рациональному использованию необходимых для биотехнологических производств ресурсов. Уметь систематизировать и обобщать информацию по использованию ресурсов предприятия.	4	Знать международный и национальный опыт в управлении по рациональному использованию необходимых для биотехнологических производств ресурсов. Уметь систематизировать и обобщать информацию по использованию ресурсов предприятия.
2					
					Знать международный и национальный опыт в управлении по рациональному использованию необходимых для биотехнологических производств ресурсов. Уметь систематизировать и обобщать информацию по использованию ресурсов предприятия. Владеть навыками систематизирования и обобщения информации по использованию ресурсов.

ПРАВИЛА БЕЗОПАСНОСТИ В БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

План

1. Общие правила безопасной работы в лабораториях во время занятий.
2. Правила безопасности при работе с кислотами и щелочами.
3. Правила безопасной работы с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями (ЛВЖ и ГЖ).
4. Правила безопасной работы с бытовым газом, спиртовым и сухим горючим.
5. Правила безопасной работы с химической посудой.
6. Правила безопасности при работе с электрооборудованием и электроприборами.

1. Общие правила безопасной работы в лабораториях во время занятий

1. Работать в лаборатории необходимо в халате, защищая одежду и кожу от попадания едких веществ, и обсеменения микроорганизмами.
2. Каждый студент должен работать на закрепленном за ним рабочем месте. Переход на другое место без разрешения преподавателя не допускается.
3. Рабочее место следует поддерживать в чистоте, не загромождать его посудой и лишними посторонними вещами.
4. Студентам запрещается работать в лаборатории без присутствия преподавателя или лаборанта, а также в неустановленное время без разрешения преподавателя.
5. К выполнению каждой работы студенты могут становиться только после получения инструктажа по технике безопасности и разрешения преподавателя.
6. Приступая к работе, необходимо:
 - осознать методику работы, правила ее безопасного выполнения;
 - проверить соответствие качества веществ тем требованиям, которые указаны в методике работы.

7. Опыт необходимо проводить в точном соответствии с его описанием в методических указаниях, строго соблюдать очередность добавления реактивов.

8. Для выполнения опыта пользоваться только чистой, сухой лабораторной посудой, для дозирования каждого реактива нужно иметь мерную посуду (пипетку, бюретку, мензурку, мерный цилиндр или мерный стакан).

9. Если в ходе опыта требуется нагрев реакционной смеси, нужно следовать предусмотренного методическими указаниями способа нагрева: на водяной бане, на электроплите или на газовой горелке. Летучие горючие вещества запрещено нагревать на открытом огне.

10. Пролитые на пол или стол химические вещества студенты обезвреживают и убирают под руководством лаборанта (преподавателя) в соответствии с правилами безопасности.

11. При работе в лаборатории следует соблюдать следующие требования: выполнять работу нужно аккуратно, добросовестно, внимательно, бережно, быть наблюдательным, рационально и правильно использовать время, отведенное для работы.

12. После окончания работы следует упорядочить свое рабочее место: вымыть посуду, протереть поверхность стола, закрыть водопроводные краны, выключить электрические приборы.

2. Правила безопасности при работе с кислотами и щелочами

1. Кислоты и щелочи в большинстве принадлежат к веществам повышенного класса опасности и способны вызвать химические ожоги и отравления. Поэтому необходимо внимательно следить за тем, чтобы реактивы не попадали на лицо, руки и одежду.

2. Не ходить по лаборатории с концентрированными кислотами и щелочами, а работать с ними только в отведенном для этого месте.

3. Разливать концентрированную азотную, серную и соляную кислоты нужно только при включенной вентиляции в вытяжном шкафу.

4. Запрещается набирать кислоты и щелочи в пипетки ртом. Для этого следует применять резиновую грушу и оборудование отбора проб.

5. При смешивании веществ, которое сопровождается выделением тепла, необходимо пользоваться термостойкой стеклянной или фарфоровой посудой.

6. Разлитые кислоты или щелочи необходимо немедленно засыпать песком, нейтрализовать, и только после этого проводить уборку.

7. При попадании на кожу или одежду кислоты, надо смыть ее большим количеством воды, а затем 3-5%-ным раствором пищевой соды или разбавленным раствором аммиака.

8. При попадании на кожу или одежду щелочи, после смывания его большим количеством воды, нужно провести обработку 2-3 %-ным раствором борной, лимонной или уксусной кислоты.

9. Вещества, фильтры, бумагу, которые были использованы во время работы, следует выбрасывать в специальное ведро, концентрированные растворы кислот и щелочей сливать в специальную посуду.

3. Правила безопасной работы с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями (ЛВЖ и ГЖ)

1. Все работы с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями должны осуществляться в вытяжном шкафу при включенной вентиляции, отключенных газовых горелках и электронагревательных приборах.

2. Запрещается нагревать на водяных банях вещества, которые могут реагировать с водой со взрывом или выделением горючих газов и паров.

3. При случайных проливах летучих ЛВЖ (сероуглерод, бензин, диэтиловый эфир и т.п.), а также при потерях горючих газов необходимо немедленно выключить все источники открытого огня, электронагревательные приборы.

4. Сосуды, в которых проводились работы с ЛВЖ и ГЖ, после окончания исследований должны быть немедленно освобождены от остатков жидкости и промыты.

5. опыты с ядовитыми веществами и веществами, которые имеют сильно выраженный запах, следует проводить только в вытяжном шкафу.

6. При тушении бензина, спирта, эфира пользоваться песком, которым следует засыпать пламя.

7. При распознавании газа по запаху следует нюхать газ только на определенном расстоянии, направляя его струю движением руки от сосуда к себе.

4. Правила безопасной работы с бытовым газом, спиртовым и сухим горючим

1. Перед зажиганием спиртовки надо убедиться, что корпус ее исправен, фитиль выпущен на нужную высоту и развернутый, а горловина и держатель фитиля сухие.

2. Воспаленную спиртовку нельзя переносить с места на место; нельзя также зажигать одну спиртовку от другой.

3. Тушить спиртовку нужно накрывая пламя колпачком. Задувать пламя запрещается.

4. В спиртовки используется только этиловый спирт, пользоваться бензином или другими летучими и горючими жидкостями запрещается.

5. Брикеты (таблетки) сухого горючего иногда могут использоваться для нагрева. Зажигать их следует на керамических пластинках, тушить - колпачками для спиртовок или керамическими тиглями. Брикеты, не догоревшие, после тушения нужно убрать в вытяжной шкаф.

7. Нагрев реакционных смесей в пробирках и других стеклянных сосудах нужно проводить осторожно, предварительно насухо вытереть внешние стенки сосуда и не допуская разбрызгивания смеси из сосуда.

Горловина сосуда должна быть направлена в сторону, как от себя, так и от тех, кто работает рядом. Пробирку следует держать под наклоном. Нельзя наклоняться над жидкостью, которая нагревается, так как иногда ее может выбросить из сосуда. При нагревании пробирки над спиртовкой необходимо использовать специальный держатель для пробирок.

8. При возникновении пожара прежде всего надо выключить все нагревательные приборы, затем тушить пламя. Его нельзя задувать. Если горят органические вещества, не следует заливать пламя водой. Нужно воспользоваться песком, пожарными одеялами, огнетушителями (лучше углекислотными).

9. При незначительных ожогах (горячими предметами веществами или паром) место ожога необходимо обработать спиртом или раствором перманганата калия, а при тяжелых ожогах следует немедленно обратиться к врачу.

5. Правила безопасной работы с химической посудой

Основным травмирующим фактором, связанный с использованием стеклянной посуды, аппаратов и приборов, являются острые осколки стекла, способные вызвать порезы тела работающего, а также ожоги рук при неосторожном обращении с нагретыми до высокой температуры частями стеклянной посуды.

1. Размещать реакционную смесь в сосуде стеклянной палочкой или фарфоровым шпателем надо осторожно, не допуская повреждения сосуда. Держать сосуд при этом необходимо за его горловину.

2. Перенося сосуды с горячей жидкостью, надо держать их двумя руками: одной - за дно, второй - за горловину, используя при этом перчатки или полотенце (чтобы избежать ожогов кистей и пальцев рук).

3. При закрывании толстостенной сосуда пробкой следует держать ее за верхнюю часть горловины. Нагретый сосуд нельзя закрывать притертой пробкой пока она не охладится.

4. В опытах с нагревом необходимо пользоваться посудой, которая имеет соответствующую маркировку.

5. В случае пореза стеклом нужно сначала внимательно осмотреть рану и извлечь из нее осколки стекла, если они есть, а затем обмыть раненное место 2%-ным раствором перманганата калия, смазать йодом и завязать бинтом или заклеить лейкопластырем.

6. Правила безопасности при работе с электрооборудованием и электроприборами

Химические лаборатории (в том числе биохимические и микробиологические) согласно степени опасности поражения электрическим током относятся к помещениям с повышенной или особой опасностью, которая обусловлена возможностью воздействия на электрооборудование химически активных сред.

1. Все работы, связанные с применением электроприборов, должны проходить под наблюдением преподавателя (лаборанта).

2. При работе с водяной баней нельзя пробовать степень нагрева воды рукой.

3. При неисправности в работе электроприбора (например, подсветки в микроскопе) необходимо обратиться к преподавателю. Чинить самостоятельно приборы запрещается.

4. При поражении электрическим током, если пострадавший остается в соприкосновении с токоведущими частями, необходимо немедленно выключить ток с помощью выключателя или вывернуть предохранительную пробку или перерубить токопроводящий провод изолированным инструментом. К пострадавшему, пока он находится под током, нельзя касаться незащищенными руками (без резиновых перчаток). Если пострадавший не дышит, после выключения тока нужно немедленно, не дожидаясь врача, делать искусственное дыхание.

Вопросы для самоконтроля

1. Общие правила безопасной работы в лабораториях во время занятий.
2. Какие правила безопасности при работе с кислотами и щелочами вам известны?
3. Какие правила безопасной работы с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями (ЛВЖ и ГЖ) вы знаете?
4. Какие существуют правила безопасной работы с бытовым газом, спиртовым и сухим горючим?
5. Расскажите правила безопасной работы с химической посудой.
6. Каковы правила безопасности при работе с электрооборудованием и электроприборами?

ЧАСТЬ 1. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Воздушная среда - это комплекс разнообразных физических, химических, механических и других факторов. Воздух со своими компонентами (химическим составом, влажностью, температурой, скоростью движения воздуха, освещенностью и другими) участвует в создании климата, погоды и микроклимата. Все это в определенной степени влияет на физиологические функции, продуктивность и воспроизводство и на здоровье в целом всех живых организмов, включая человека. Первостепенное значение для жизнеобеспечения играет воздух. Без пищи человек может прожить больше месяца, без воды день-два, без воздуха смерть наступает мгновенно. Поэтому и чистота воздуха – главный залог здоровья всего живого на планете Земля. Но в последние годы особенно отмечается загрязнение окружающей среды и воздушной атмосферы, в частности.

Существуют два основных источника загрязнения атмосферы: естественный и антропогенный. От естественных источников в атмосферу поступают:

- пыль (космическая, вулканическая, растительная, от эрозий почвы);
- морская соль;
- дымы от пожаров;
- газы (вулканические, от разложения растений и животных, от жизнедеятельности растений и животных).

Естественные загрязнители носят распределённый характер. Уровень загрязнения одних является фоновым и мало изменяется. Особую роль играет атмосферная пыль. Она способствует конденсации паров воды и образованию осадков. Пыль и капли воды поглощают жесткое ультрафиолетовое излучение и защищают живые организмы от излучения.

Основными источниками антропогенного загрязнения атмосферы являются: теплоэнергетика, транспорт, промышленность, нефтепереработка и газопереработка, испытания оружия. В воздухе атмосферы присутствуют более 500 вредных веществ антропогенного проис-

хождения. Самые распространённые загрязнители атмосферы: оксиды углерода, диоксид серы, пыль, оксиды азота, углеводороды.

Характер действия загрязнителей на воздушную среду зависит от их природы. Так, запылённость атмосферы оказывает влияние на отражающую способность Земли. Частицы пыли сокращают доступ ультрафиолетовой радиации и образуют ядра конденсации паров воды. Всё это увеличивает отражающую способность атмосферы и приводит к похолоданию климата. Пыль, попавшая на поверхность ледников, поглощает энергию и способствует их таянию. С другой стороны, промышленная пыль содержит токсичные вещества. Мелкодисперсная пыль свободно проникает в лёгкие и приводит к фиброзным изменениям. Токсичные вещества, содержащиеся в пыли, проникают через слизистую в организм и отравляют его. Особенно опасна асбестовая пыль. Она вызывает микротравмы на клеточном уровне, что приводит к раковым заболеваниям.

Основную роль в прозрачности воздуха играет углекислый газ. Он свободно пропускает ультрафиолетовое излучение, но является экраном для инфракрасного излучения. Это приводит к повышению температуры приземного слоя атмосферы. Оксид углерода – СО или угарный газ не оказывает влияния на физическое состояние атмосферы, но при этом влияет на организм животных. Этот газ прежде всего разрушает гемоглобин, расстраивает нервную и сердечно-сосудистую системы.

Наиболее загрязнено соединениями серы северное полушарие. При сжигании топлива в атмосферу выбрасывается диоксид серы SO_2 , который потом окисляется до триоксида SO_3 . Соединяясь с водой, оксиды серы образуют серную и сернистую кислоты, которые, взаимодействуя с пылевыми частицами, образуют сульфаты и сульфиты. Накопление кислот и сульфатов в атмосфере приводит к выпадению кислотных осадков. В настоящее время, плотность дождевой воды над промышленными районами превышает норму в 10-1000 раз. Изменение активной кислотности - рН атмосферных вод наиболее сильно сказывается на действии ферментов и гормонов живых организмов. Крупные виды в меньшей степени страдают от изменения рН, т.к. их защищает кожа. Наиболее сильно на кислотность воды реагируют молодые и ослабленные организмы. В подкисленных водных экосистемах все организмы быстро вымирают или из-за прямого воздействия ионов водорода, или из-за невозможности разложе-

ния или из-за отравления вредными веществами, образующимися из-за действия кислот на почву.

Оксиды азота поступают в атмосферу в основном с выхлопными газами автомобилей, а также в результате высокотемпературного сжигания топлива тепловых электростанций. Под воздействием ультрафиолетовых лучей оксид и диоксид азота превращаются друг в друга с образованием атомарного кислорода и озона. Атомарный кислород и озон вступают в соединение с углеводородами с образованием свободных радикалов – молекул, с незаполненными связями, вследствие чего обладают высокой химической активностью. Свободные радикалы взаимодействуют друг с другом и с веществами, находящимися в атмосфере, образуя вторичные загрязнения – фотохимический смог.

Вредное воздействие загрязнителей требует их контроля в воздушной среде. Универсального метода оценки качества воздуха не существует. Обусловлено это различием в химических свойствах самих загрязняющих веществ. Рассмотрим некоторые методы, позволяющие определить загрязнение воздуха.

Цель работ - обучить студентов экспресс-методу определения оксидов углерода, сероводорода и аммиака на газоанализаторе ГУ-2 в окружающем воздухе, методу косвенного определения загрязнённости воздуха магистральных дорог оксидом углерода, методам определения микробиологического загрязнения в аудитории, а также показать возможность очистки от микробного загрязнения с помощью фитонцидной активности некоторых растений.

Работа 1.1. Определение содержания газообразных загрязнителей воздуха газоанализатором УГ-2

Описание и устройство газоанализатора УГ-2

Газоанализатор УГ-2 универсальный предназначен для измерения массовых концентраций вредных газов (паров) в воздушной среде производственных помещений, промышленной зоны при аварийных ситуациях, промышленных выбросах, емкостях и каналах.

Принцип действия прибора основан на изменении окраски слоя индикаторного порошка в индикаторной трубке после просасывания через нее воздухозаборным устройством УГ-2 воздуха рабочей зоны

производственных помещений. Длина окрашенного столбика индикаторного порошка в трубке пропорциональна концентрации анализируемого газа в воздухе и измеряется по шкале, градуированной в $\text{мг}/\text{м}^3$.



Условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха $10-35^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность воздуха не более 90%;
- атмосферное давление от 87 до 107 кПа (от 650 до 800 мм рт. ст.);
- массовая концентрация пыли не более $40 \text{ мг}/\text{м}^3$.

Применение прибора в других условиях не гарантирует требуемой точности.

Технические характеристики газоанализатора УГ-2

- Масса воздухозаборного устройства УГ-2 не более 1,5 кг.
- Масса комплекта индикаторных трубок не более 0,3 кг.
- Габаритные размеры воздухозаборного устройства УГ-2 не более $110 \times 105 \times 200 \text{ мм}$.
- Габаритные размеры комплекта индикаторных трубок не более $140 \times 75 \times 30 \text{ мм}$.

- Относительная погрешность измерения массовых концентраций аммиака, ацетона, хлора, бензола, толуола, ксилола, углеводородов нефти, этилового эфира, бензина, оксидов азота, оксида углерода и сернистого ангидрида тремя индикаторными трубками при помощи газоанализатора универсального УГ-2 не превышает $\pm 25\%$.

Устройство и принцип работы газоанализатора УГ-2

Газоанализатор универсальный УГ-2 состоит из воздухозаборного устройства УГ-2 и индикаторных трубок.

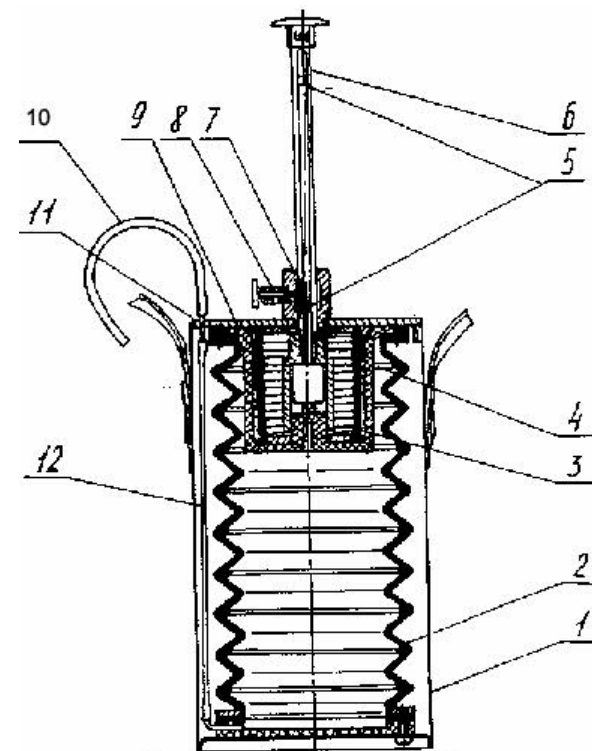


Рис. 12. Газоанализатор УГ-2

- 1 - корпус; 2 - сильфон; 3 - пружина; 4 - кольцо распорное;
 5 - канавка с двумя углублениями; 6 - шток; 7 - втулка;
 8 - фиксатор; 9 - плата; 10 - трубка резиновая; 11 - штуцер;
 12 - трубка резиновая.

Воздухозаборное устройство УГ-2 состоит из резинового сильфона 2 с двумя фланцами, стакана с пружиной 3, находящихся внутри

корпуса 1. Во внутренних гофрах сильфона установлены распорные кольца 4 для придания жесткости сильфону и сохранения постоянства объема. На верхней плате 9 имеется неподвижная втулка 7 для направления штока 6 при сжатии сильфона. На штуцер 11 с внутренней стороны надета трубка резиновая 12, которая через нижний фланец соединяется с внутренней полостью сильфона.

Действие прибора основано на использовании свойств индикаторного порошка изменять окраску под воздействием газов. Под влиянием аммиака желтый цвет порошка переходит в синий, в присутствии сероводорода белый порошок превращается в темно-коричневый, а под действием оксиды углерода образуется коричневое кольцо.

Концентрацию газов в исследуемом воздухе определяют путем измерения длины окрашенной части индикаторного порошка в индикаторной трубке после просасывания через нее определенного объема воздуха с помощью измерительной шкалы в мг/м³.

Оборудование: маленькая воронка для засыпки индикаторного порошка в трубки, фольга алюминиевая, шкалы для определения газов, газоанализатор ГУ-2. В комплект газоанализатора входят: насос сильфонный с резиновой трубкой, штырек, стержень, футляр с принадлежностями.

Реактивы: анализируемый воздух, индикаторные порошки, индикаторные трубки, вата,

Ход работы

При открытой крышке сильфонного насоса отвести палец стопорного устройства и вставить шток на анализируемый газ в направляющую втулку. Давлением руки на головку штока сжать сильфон до захода пальца стопорного устройства в верхнее фиксирующее отверстие в канавке штока. Индикаторную трубку заполнить с помощью воронки соответствующим индикаторным порошком. Оба конца трубки должны быть закрыты ватой во избежание просыпания порошка. Подготовленную индикаторную трубку соединить с резиновой трубкой и открытый конец трубки ввести в исследуемый воздух. Слегка надавить на головку штока и отвести палец стопорного устройства. Как только шток начнет двигаться, стопор опустить. После фиксации пальца стопорного устройства в нижнем фиксирующем отверстии на канавке штока (слышен щелчок) дать выдержку

до полного окончания просасывания исследуемого воздуха через трубку.

Время выдержки зависит от объема просасываемого воздуха. Для определения допустимых концентраций газов объем просасываемого воздуха должен составлять для диоксида углерода – 400 см³, аммиака – 250 см³, сероводорода – 300 см³, оксида углерода – 220 см³. При определении токсичных концентраций этих газов объем просасываемого воздуха через индикаторные трубки должен соответственно составлять: 100, 30, 30 и 60 см³.

По окончании просасывания индикаторную трубку снять с резиновой трубки, приложить к шкале таким образом, чтобы нижняя граница окрашенного столбика индикаторного порошка в трубке совпала с нулевым делением шкалы. Верхняя граница окрашенного столбика укажет на шкале концентрацию определяемого газа в мг/м³. Записать результат в тетрадь.

Вопросы для самоконтроля

1. Каково значение воздушной среды для биосферы?
2. Какие источники загрязнения атмосферы вам известны?
3. Какое значение имеет запыленность атмосферы и от чего зависит прозрачность воздушной среды?
4. Каково происхождение кислотных дождей?
5. Опишите и устройство газоанализатора УГ-2.
6. На чем основан принцип действия газоанализатора УГ-2?

Работа 1.2. Определение содержания оксида углерода на магистральных улицах

1.2.1. Определение состава и численности автотранспорта

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. Многие страны, в том числе и Россия, принимают различные меры по снижению токсичности выбросов, путем лучшей очистки бензина, замены его на более чистые источники энергии (газовое топливо, этанол, электричество), снижения свинца в добавках к бен-

зину. Проектируются более экономичные двигатели с более полным сгоранием горючего, создание в городах зон с ограниченным движением автомобилей и др. Несмотря на принимаемые меры, из года в год 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 бензоантроцен). При этом наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается автотранспортом в воздух на малом ходу, на перекрестках, остановках перед светофорами. Так, на небольшой скорости бензиновый двигатель выбрасывает в атмосферу 0,05% углеводородов (от общего выброса), а на малом ходу - 0,98%, окиси углерода соответственно - 5,1% и 13,8%. Подсчитано, что среднегодовой пробег каждого автомобиля 15 тыс. км. В среднем за это время он обедняет атмосферу на 4350 кг кислорода и обогащает ее на 3250 кг углекислого газа, 530 кг окиси углерода, 93 кг углеводородов и 7 кг окислов азота.

Снижение уровня выбросов возможно следующими мероприятиями:

- запрещение движения автомобилей;
- ограничение интенсивности движения до 300 авт./час;
- замена карбюраторных грузовых автомобилей дизельными;
- установка фильтров.

Цель работы – обучить возможности оценивать загруженность участка улицы разными видами автотранспорта, сравнивать загруженность разных улиц. Собранные данные необходимы для расчета концентрации оксида углерода в воздушной среде магистральных улиц, предлагаемого в следующей работе.

Ход работы

Студентов разделить на группы по 3-4 человека (один считает, другой записывает, остальные дают общую оценку обстановки). Студентов предварительно проинструктировать, затем разместить на определенных участках разных улиц с односторонним движением. В случае двустороннего движения каждую группу расположить на своей стороне. Сбор материала по загруженности улиц автотранспортом может проводиться как путем разового практического занятия, так и более углубленно (для курсовых, дипломных работ) с

замерами в 8, 13 и 18 часов. Интенсивность движения автотранспорта определить методом подсчета автомобилей разных типов 3 раза по 20 мин в каждом из отрезков времени. Вычислить среднее значение для каждого типа автомобиля и записать в таблицу 1.2.1.

Таблица 1.2.1. – Количество автомобилей по их типам

Время	Тип автомобиля	Число единиц
	Легкий грузовой	
	Средний грузовой	
	Тяжелый грузовой (дизельный)	
	Автобус	
	Легковой	

На каждой точке наблюдений производить оценку улицы по следующей схеме:

1. Тип улицы: городские улицы с односторонней застройкой (набережные, эстакады, виадуки, высокие насыпи), жилые улицы с двусторонней застройкой, дороги в выемке; магистральные улицы и дороги с многоэтажной застройкой с двух сторон, транспортные тоннели и др.
2. Уклон. Определяется глазомерно или электриметром.
3. Скорость ветра определяют анемометром.
4. Относительная влажность воздуха определяется психрометром.
5. Наличие защитной полосы из деревьев и др.

Произвести оценку движения транспорта по отдельным улицам, построить диаграммы.

Итогом работы является суммарная оценка загруженности улиц автотранспортом согласно ГОСТ-17.2.2.03-77г.: низкая интенсивность движения - 2,7-3 > 6 тыс. автомобилей в сутки, средняя - 8-17 тыс. и высокая - 18-27 тыс.

Производится сравнение суммарной загруженности различных улиц города в зависимости от типа автомобилей, дается объяснение различий.

Вопросы для самоконтроля

1. При каких условиях выброс токсичных веществ автотранспортом увеличивается?

2. Какими мероприятиями можно снизить уровень выбросов автомобилей?
3. Как определяется интенсивность движения автотранспорта?
4. Какие условия на каждой точке наблюдений учитываются при проведении работы?

1.2.2. Определение содержания оксида углерода

Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей удобно оценивать по концентрации окиси углерода, в мг/м³. Исходными данными служат показатели, собранные студентами во время предыдущей работы.

Однако эту работу можно поставить и самостоятельной, обусловив исходные данные. Например, магистральная улица города с многоэтажной застройкой с двух сторон, продольный 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.

Ход работы

Используя данные предыдущей работы, в которой были определены численности автомобилей по их типам, и необходимые коэффициенты из таблиц 1.2.2–1.2.7, рассчитайте концентрацию оксида углерода (K_{co}) по формуле (Бегма и др., 1984; Шаповалов, 1990):

$$K_{co} = (0,5 + 0,01 N \cdot K_T) \cdot K_A \cdot K_y \cdot K_c \cdot K_B \cdot K_n$$

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

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

$$K_T = \sum P_i K_{Ti}$$

где: P_i - состав автотранспорта в долях единицы; K_{Ti} - определяется по табл. 1.2.2.

Таблица 1.2.2 – Значение коэффициентов для различных типов автомобилей

Тип автомобиля	Коэффициент K _T
Легкий грузовой	2,3
Средний грузовой	2,9
Тяжелый грузовой (дизельный)	0,2
Автобус	3,7
Легковой	1,0

Подставив значения согласно заданию (или собственные данные) получаем:

$$K_T = 0,1 - 2,3 + 0,1 - 2,9 + 0,05 - 0,2 + 0,05 - 3,7 + 0,7 - 1 = 1,41$$

Значение коэффициента K_A, учитывающего аэрацию местности, определить по табл. 1.2.3.

Таблица 1.2.3 – Значение коэффициентов для разных типов местности по степени аэрации

Тип местности по степени аэрации	Коэффициент 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, виадуки, высокие насыпи	0,4
Пешеходные тоннели	0,3

Для магистральной улицы с многоэтажной застройкой K_A = 1.

Значение коэффициента K_y , учитывающего изменение загрязнения воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона, определить по табл. 1.2.4.

Таблица 1.2.4 – Значения коэффициентов для разных продольных уклонов

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

Коэффициент изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра K_c определяется по табл. 1.2.5.

Таблица 1.2.5 – Значение коэффициента в зависимости от скорости ветра

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

Значение коэффициента K_B , определяющего изменение концентрации окиси углерода в зависимости от относительной влажности воздуха, приведено в табл. 1.2.6.

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха окисью углерода у пересечений приведен в табл. 1.2.7.

Подставив значения коэффициентов, определить содержание оксида углерода в 1 м³ атмосферного воздуха

$$K_{co} = (0,5 + 0,01 \cdot 500 \cdot 1,4) \cdot 1 \cdot 1,06 \cdot 1,20 \cdot 1,00 = 8,96 \text{ мг/м}^3$$

ПДК выбросов автотранспорта по окиси углерода равно 5 мг/м³.

Таблица 1.2.6 – Значение коэффициента в зависимости от влажности атмосферного воздуха

Относительная влажность, %	Коэффициент K_B
100	1,45
90	1,30
80	1,15
70	1,00
60	6,85
50	0,75

Таблица 1.2.7 – Значения коэффициента в зависимости от типа пересечения

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

Сравнить полученные результаты со значением ПДК и дать оценку загрязненности воздуха оксидом углерода на обследованных магистральных улицах.

Вопросы для самоконтроля

1. В каких единицах измеряется загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей по концентрации окиси углерода?
2. По какой формуле рассчитывается и рассчитайте концентрацию оксида углерода (K_{co})?
3. Как определяется средневзвешенный коэффициент токсичности для потока автомобилей?
4. Дайте оценку загрязненности воздуха оксидом углерода на обследованных магистральных улицах?

Работа 1.3. Определение числа микроорганизмов в воздушной среде рабочих помещений

Известно, что в помещениях с большим числом людей (непроевентрируемые 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 пугём. Так, в аудитории до занятий число бактерий не превышает 2 тыс. в 1 м³ 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.

Оборудование:

1) бактерицидная лампа; 2) чашки Петри; 3) водяная баня; 4) спиртовка; 5) термостат; 6) пипетки; 7) спички; 8) карандаш по стеклу; 9) пробирки с мясо-пептонным агаром или другой подходящей средой; 10) шпатель.

Реактивы и материалы растения, растущие в естественной обстановке, или их большие ветки, поставленные в воду (молодые побеги хвойных, тополя бальзамического).

Вся посуда должна быть заранее простерилизована.

Ход работы

В лаборатории предварительно сделать влажную уборку и стерилизацию включением бактерицидной лампы на 15-20 мин.

Мясопептонный агар после автоклавирования быстро разлить из пробирок в чашки Петри. Последние вынуть из бумаги после их стерилизации и поставить на край стола малой крышечкой вниз, а большую крышку слегка приоткрыть. Перед выливанием смеси пробирки или горлышко колбы обжечь в пламени спиртовки. После выливания питательной среды крышку быстро закрыть и распределить

смесь ровным слоем, осторожно наклоняя чашку Петри во все стороны. Дать остыть и уплотниться агару.

1.3.1. Определение количества микроорганизмов в воздухе

После застывания среды открыть одну чашку в загрязненном помещении ровно на 5 мин, другую в это время – в лаборатории, третью – в гуще хвои или листы (хвойных, тополя), можно на улице. Закрыть каждую чашку Петри, перевернуть питательной средой вверх (чтобы на агар не канала вода, конденсирующаяся на другой крышке), подписать восковым карандашом. Все чашки поставить в термостат при температуре +25 °С.

Через 1-2 недели подсчитать число выросших в чашках колоний, не открывая чашек, а ставя чернилами точки на крышках. Измерить площадь чашки и определить число микроорганизмов в воздухе, исходя из того, что за 5 мин на 1 дм² горизонтальной поверхности при отсутствии ветра оседает столько микроорганизмов, сколько их содержится в 10 дм³ воздуха. Сделать вывод о степени загрязнения воздуха микроорганизмами в исследуемых помещениях, исходя из того, что санитарная норма – 11 тыс. микроорганизмов на 1 м³ воздуха.

1.3.2. Влияние фитонцидов измельченных растений на содержание микроорганизмов

Широко известна фитонцидная роль зелёных растений в оздоровлении среды от микроорганизмов. Фитонциды – это группа разнообразных по химическому составу веществ, убивающие большинство бактерий, составная часть иммунной системы растений.

Так, один гектар можжевельного леса в Крыму выделяет до 30 кг летучих фитонцидов за сутки (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, в воздухе содержится незначительное количество бактерий.

По определению 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 и их частей 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 от комаров и др.). Древние врачи путем пропитки тел усопших ароматическими смолами, экстрактами лука, эвкалипта, натирания бальзамами умели предохранять трупы от гниения, мумифицировали их. Всем известны способы хранения свежего мяса, выпотрошенной рыбы: обертывание тканью, смоченной в кашице чеснока и лука, обертывание листьями крапивы, лопуха, черемши, которые используются, как антисептики. Широко применяются с древности вдыхание паров эвкалипта, пихтовой смолы, полоскание горла вытяжками из почек сосны, березы и др.

Цель работы - научить студентов количественному подсчету микроорганизмов в воздухе наиболее загрязненных помещений с большой насыщенностью людей - коридор, вестибюль, лекционная аудитория, а также с фитонцидной ролью растений, способностью изменять содержание микроорганизмов в воздухе.

Ход работы

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 добавить 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 перевернутую чашку с агаром, кашицей и посевом микроорганизмов из загрязненного воздуха в термостат при температуре +25°C (рис. 1.3.1).

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 дм² горизонтальной поверхности при отсутствии ветра оседает

столько микроорганизмов, сколько их содержится в 10 дм³ воздуха. Сделать вывод о степени загрязнения воздуха в исследуемых помещениях микроорганизмами, о влиянии на этот процесс фитонцидной активности разных растений.

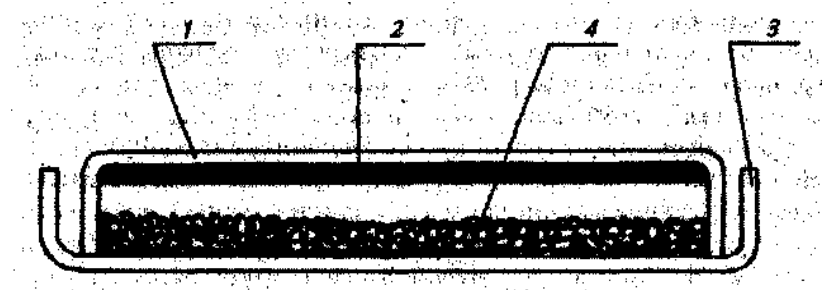


Рис. 1.3.1. Влияние летучих фитонцидов растений на рост микроорганизмов:

- 1 – чашка Петри (в перевернутом виде); 2 – авизированная среда, засеянная микроорганизмами; 3 – крышка чашки Петри; 4 – свежемолотая мезга растительных тканей, выделяющих фитонциды.

Результаты записать в таблицу.

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

Подсчитать процент снижения числа микроорганизмов под влиянием фитонцидов растений, а также обработки помещения ультрафиолетом.

Вопросы для самоконтроля

1. Какими способами можно снизить содержание количества микроорганизмов в воздухе?
2. Сделайте вывод о степени загрязнения воздуха микроорганизмами в исследуемых помещениях, исходя из того, что санитарная норма - 11 тыс. микроорганизмов на 1 м³ воздуха.
3. Что такое фитонциды и каково их значение в природе и в жизнедеятельности человека?
4. Сделайте вывод о влиянии на степень загрязнения воздуха микроорганизмами фитонцидной активности разных растений.

Вопросы к части 1

«Контроль качества воздушной среды»

1. Общие правила безопасной работы в лабораториях во время занятий.
2. Какие правила безопасности при работе с кислотами и щелочами вам известны?
3. Какие правила безопасной работы с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями (ЛВЖ и ГЖ) вы знаете?
4. Какие существуют правила безопасной работы с бытовым газом, спиртовым и сухим горючим?
5. Расскажите правила безопасной работы с химической посудой.
6. Каковы правила безопасности при работе с электрооборудованием и электроприборами?
7. Каково значение воздушной среды для биосферы?
8. Какие источники загрязнения атмосферы вам известны?
9. Какое значение имеет запыленность атмосферы и от чего зависит прозрачность воздушной среды?
10. Каково происхождение кислотных дождей?
11. Опишите и устройство газоанализатора УГ-2.
12. На чем основан принцип действия газоанализатора УГ-2?
13. При каких условиях выброс токсичных веществ автотранспортом увеличивается?
14. Какими мероприятиями можно снизить уровень выбросов автомобилей?
15. Как определяется интенсивность движения автотранспорта?
16. Какие условия на каждой точке наблюдений учитываются при проведении работы?

17. В каких единицах измеряется загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей по концентрации окиси углерода?
18. По какой формуле рассчитывается и рассчитайте концентрацию оксида углерода (K_{CO})?
19. Как определяется средневзвешенный коэффициент токсичности для потока автомобилей?
20. Дайте оценку загрязненности воздуха оксидом углерода на обследованных магистральных улицах?
21. Какими способами можно снизить содержание количества микроорганизмов в воздухе?
22. Сделайте вывод о степени загрязнения воздуха микроорганизмами в исследуемых помещениях, исходя из того, что санитарная норма - 11 тыс. микроорганизмов на 1 м³ воздуха.
23. Что такое фитонциды и каково их значение в природе и в жизнедеятельности человека?
24. Сделайте вывод о влиянии на степень загрязнения воздуха микроорганизмами фитонцидной активности разных растений.

ЧАСТЬ 2. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Вода - источник происхождения жизни на Земле. Сама по себе вода не имеет питательной ценности, но она составляет большую часть живых организмов. В растениях содержание воды достигает 90%, в организме взрослого человека - 60-65%. Фактически, вода является той средой, в которой протекают все процессы жизнедеятельности. Вода регулирует температуру тела, помогает преобразовывать пищу в энергию и выводит из организма шлаки и отходы жизнедеятельности.

По подсчетам ученых, 97,5% всех водных запасов Земли составляет соленая вода морей и океанов и лишь 2,5% остается на источники пресной воды. Если учесть, что 75% пресной воды находится в замороженном виде в горных ледниках и полярных «шапках», 24% - грунтовые воды, 0,5% - влага, рассредоточенная в почве, то получается, что на реки, озера и другие наземные водоемы приходится чуть больше 0,01% мировых запасов воды.

Несмотря на свой, казалось бы, предельно простой химический состав, вода - одно из самых загадочных веществ на Земле. Достаточно упомянуть, что это единственное химическое вещество, которое существует в условиях нашей планеты одновременно в трех агрегатных состояниях - газообразном, жидком и твердом. И так, без воды наша жизнь была бы невозможной. Но при ее потреблении возникают определенные проблемы. Вода, поступающая из скважины или водопровода, нуждается в предварительной обработке. Присутствие в воде нерастворенных механических частиц, песка, ржавчины, а также коллоидных веществ приводит к быстрому износу сантехники, к засорению труб. Растворенное железо и марганец придают воде желтоватый цвет и железистый вкус. Знакомый всем беловатый налет на поверхностях ванной и мойки, а также неизбежная накипь в чайниках и в водонагревательных приборах являются результатом нагрева воды, содержащей соли кальция и магния.

Само собой, это еще не полный список вредных веществ, создающих проблемы потребителям воды. В настоящее время приобрела

глобальное значение проблема загрязнения водной среды. В водоемы планеты ежегодно сбрасывается миллионы тонн загрязненных вод. Погибают наиболее чувствительные организмы, разрушаются сбалансированные сообщества, ограничивается хозяйственное и рекреационное использование водоемов. Полное прекращение антропогенного загрязнения среды нереально, поэтому следует применять разумные меры ограничения поступления в водоемы токсикантов и загрязнителей, применять эффективную очистку вод.

Загрязненная вода требует очистки перед сбросом в водоемы, а из обычных источников водоснабжения сначала нужно обеззаразить, а потом очистить. Но применяемые сейчас способы не так уж безопасны. Например, при хлорировании (обеззараживании) образуется порядка сотни токсичных хлорорганических соединений.

Тем не менее, уже сейчас существуют способы очистки, позволяющие довести исходную воду любого качества до уровня, соответствующего самым строгим нормативам.

Нормативы качества воды включают в себя следующие показатели:

- общие физико-химические;
- органолептические;
- бактериологические и паразитологические;
- радиологические;
- содержание неорганических примесей.

Пробоподготовка воды для анализа включает следующие этапы:

1. Прежде чем делать анализ воды, важно правильно набрать пробу. Для анализа воды можно использовать стеклянную (лучше стеклянную) или пластиковую тару, объемом не менее 1,5 дм³.

2. Перед набором пробы воды предварительно ее сливают в течение 5-10 минут. Это необходимо делать для того, чтобы избежать попадание в образец застоявшейся воды.

3. Бутылку, которую будут брать на анализ, нужно промыть водой изнутри. Не следует использовать бутылки из-под сладких напитков.

4. Для определения более точных результатов набирать воду необходимо небольшой струйкой и по стенке бутылки. Такой способ набора позволяет уменьшить насыщение воды кислородом воздуха и, как следствие, предотвращает протекание химических реакций.

5. Воду в бутылку необходимо залить под верхний обрез горлышка и плотно завернуть пробку (это сведет к минимуму контакт с кис-

лородом воздуха). В случае наличия воздуха под пробкой, это может дать искажение результатов анализа воды.

6. Если пробу после отбора невозможно сразу отправить на анализ, то её следует хранить в холодильнике не более 48 часов.

7. Пробу снабдить сопроводительным документом с указанием:

- места отбора: город, улица, район, село;
- вида воды: колодезная, артезианская, водопроводная или сточная;
- даты отбора: месяц, число, год.

Качество воды характеризуется ее свойствами. Основными из них являются:

1. Водородный показатель (рН) - это десятичный логарифм концентрации ионов водорода, взятый с обратным знаком. Для всего живого в воде минимально возможная величина $pH = 5$, в питьевой воде допускается $pH 6,0-9,0$, в воде водоемов хозяйственно - питьевого и культурно-бытового водопользования - $6,5-8,5$. Величина рН природной воды определяется, как правило, соотношением концентраций гидрокарбонатных анионов и свободного CO_2 .

2. Общая жесткость - это совокупность концентраций ионов магния и кальция. В зависимости от величины общей жесткости воды различают воду очень мягкую ($0-1,5$ мг-экв/дм³), мягкую ($1,5-3$ мг-экв/дм³), средней жесткости ($3-6$ мг-экв/дм³), жесткую ($6-9$ мг-экв/дм³), очень жесткую (более 9 мг-экв/дм³). Оптимальной физиологический уровень жесткости составляет $3,0-3,5$ мг-экв/дм³. Постоянное употребление внутрь воды с повышенной жесткостью приводит к накоплению солей в организме и, в конечном итоге, к заболеваниям суставов (артриты, полиартриты), к образованию камней в почках, желчном и мочевом пузырях. Жесткость выше $4,5$ мг-экв/дм³ приводит к интенсивному накоплению осадка в системе водоснабжения и на сантехнике, мешает работе бытовых приборов. Согласно инструкции по эксплуатации бытовой техники жесткость воды не должна превышать $1,5-2,0$ мг-экв/дм³.

3. Хлориды. Содержание хлоридов в природных водах колеблется в широких пределах (от долей миллиграмма до нескольких граммов на 1 дм³) и обусловлено вымыванием солей содержащих пород или сбросом в водоемы промышленных и бытовых сточных вод. Наличие в воде хлоридов более 350 мг/дм³ придает ей солоноватый привкус и приводит к нарушению пищеварительной системы у людей.

4. Сульфаты. Содержание сульфатов в природных водах колеблется в широких пределах (от долей миллиграмма до нескольких граммов на дм³) и обусловлено вымыванием солей содержащих пород или сбросом в водоемы промышленных и бытовых сточных вод. Наличие в воде сульфатов более 500 мг/дм³ придает ей солоноватый привкус и приводит к нарушению работы пищеварительной системы у людей.

5. Нитраты. Нитраты содержатся главным образом в поверхностных водах. Нитраты в концентрации более 20 мг/дм³ оказывают токсическое действие на организм человека. Постоянное употребление воды с повышенным содержанием нитратов приводит к заболеваниям крови, сердечно-сосудистой системы, вызывает метгемоглобинемию у детей.

6. Окисляемость перманганатная - это общая концентрация кислорода, соответствующая количеству иона перманганата (MnO_4^-), потребляемому при обработке данным окислителем пробы воды. Характеризует меру наличия в воде органических и окисляемых неорганических веществ. Этот параметр в основном предназначен для оценки качества водопроводной воды. Значение перманганатной окисляемости выше 2 мг O_2 /дм³ свидетельствует о содержании в воде легко окисляющихся органических соединений. При обеззараживании такой воды хлорированием образуются хлоруглеводороды, значительно более вредные для здоровья населения (например, хлорфенол).

7. Аммоний (или азот аммонийный) - NH_4^+ . Конечный продукт разложения белковых веществ - аммиак. Наличие в воде аммиака растительного или минерального происхождения не опасно в санитарном отношении. Если же аммиак образуется в результате разложения белка сточных вод, такая вода непригодна для питья. Превышение в питьевой воде ПДК по содержанию аммония может свидетельствовать о попадании фекальных стоков или органических удобрений в источник. По данным ВОЗ, содержание аммония не должно превышать $0,5$ мг/дм³. Постоянный прием внутрь воды с повышенным содержанием аммония вызывает хронический ацидоз и изменения в тканях. Кроме того, аммиак (в виде газа) раздражает конъюнктиву глаз и слизистые оболочки.

8. Сухой остаток. Минерализация воды характеризуется двумя аналитически определяемыми показателями - сухим остатком и жесткостью. Сухой остаток определяется термогравиметрическим методом (выпаривание пробы воды на водяной бане и высушивания

чашки при 105°C. В процессе обработки из пробы удаляются летучие компоненты и вещества, разлагающиеся с образованием летучих компонентов. Для гигиенистов сухой остаток служит ориентиром содержания в воде неорганических солей.

Целью этих работ является научить студентов проводить пробоотбор воды, определять основные физические и химические показатели качества воды на примере сточных вод.

Работа 2.1. Определение физических показателей сточных вод

Ряд показателей позволят судить об общей загрязненности воды, уровне загрязнения биологически окисляемыми веществами. К ним относятся: физические - цвет, запах, прозрачность, мутность, температура, плотность; химические - активная кислотность - рН; щелочность; жесткость; содержание солей, общего азота, взвешенных веществ и т.д.

2.1.1. Определение температуры

Оборудование: термометр с ценой деления 0,1°C, бутылка для отбора воды.

Реактивы и материалы: вода для анализа.

Температуру определяют сразу после отбора пробы или в водоеме термометром с ценой деления 0,1°C. Термометр держат в воде не менее 5 мин.

2.1.2. Определение осадка

Воду в бутылке взболтать, налить в цилиндр слоем примерно 30 см и оставить в покое 1 ч. Осадок оценить количественно (нет, незначительный, заметный, большой) и качественно (кристаллический, хлопьевидный, гелеобразный и т.д.). Отметить при этом и цвет осадка.

Большой осадок свидетельствует о загрязнении воды.

2.1.3. Определение запаха

Характер и интенсивность запаха воды определяют органолептически. По характеру запаха делят на две группы: естественного происхождения (живущие и отмершие в воде организмы, гнивающие

растительные остатки и др.) – табл. 2.1.1; искусственного происхождения (примеси промышленных и сельскохозяйственных сточных вод).

Таблица 2.1.1 – Запахи естественного происхождения

Обозначение запаха	Характер запаха	Примерный род запаха
А	Ароматический	Огуречный, цветочный
Б	Болотный	Илистый, тинистый
Г	Гнилостный	Фекальный, сточный
Д	Древесный	Морской щепы, древесной коры
З	Землистый	Прелый, свежеспаханной земли, глинистый
П	Плесневый	Затхлый, застойный
Р	Рыбный	Рыбьего жира, рыбы
С	Сероводородный	Тухлых яиц
Т	Травянистый	Скошенной травы, сена
Н	Неопределенный	Естественного происхождения, неподходящий под предыдущие определения

Запах воды зависит от живущих и отмирающих в ней организмов, от почвы и растительности берегов и дна, а также от посторонних веществ, поступающих в воду (сточные воды, навоз, моча и др.). Запах фенола указывает на поступление в водоемы отходов химической промышленности.

При наличии органических веществ растительного происхождения и продуктов распада вода имеет землистый, илистый, травянистый или болотный запах. Кроме того, болотный запах речной воды обусловлен наличием в ней гуминовых веществ. Вода, в которой присутствуют и разлагаются водоросли, имеет рыбный или огуречный запах. Гнилостный запах зависит от разложения органических веществ. Запах сероводорода вода приобретает в результате разложения органических веществ, содержащих серу, или вследствие восстановления сульфатов воды в сульфиды под действием гниющих органических веществ. В первом случае образуется свободный сероводород, а во втором – сероводород, связанный щелочным метал-

лом. Достаточно 0,001 мг сероводорода, чтобы она приобрела неприятный запах (и вкус). При загрязнении воды навозом или мочой она имеет запах аммиака. Такую воду перед употреблением необходимо исследовать.

Запахи подземных вод зависят от растворенных в них минеральных солей и газов (например, сероводорода). В подземных водах сероводород образуется в результате разложения пирита FeS_2 под влиянием свободной углекислоты, содержащейся в воде. Однако при соприкосновении воды с воздухом сероводород быстро превращается в свободную серу и запах исчезает. Если сероводород имеет белковое происхождение, то при соприкосновении воды с воздухом он не исчезает и такую воду нельзя использовать даже для животных.

В колодезной воде запах сероводорода возникает в результате образования сероводорода во время гнилостных процессов, происходящих в иле на дне колодца. После тщательной очистки и дезинфекции запах быстро исчезает.

Интенсивность запаха по ГОСТ 3351-74 оценивают по шестибалльной шкале – табл. 2.1.2. Запахи второй группы (искусственно-го происхождения) называют по определяющим запах веществам: хлорный, бензиновый и т.д.

Таблица 2.1.2 – Характеристика вод по интенсивности запаха

Интенсивность запаха, балл	Характер запаха	Описательные определения
0	Никакого запаха	Отсутствие осязаемого запаха
1	Очень слабый	Запах, не замечаемый потребителем, но обнаруживаемый специалистом
2	Слабый	Запах, обнаруживаемый потребителем, если обратит на это внимание
3	Заметный	Запах легко обнаруживаемый; он может быть причиной того, что вода неприятна для питья
4	Отчетливый	Запах привлекает внимание, он может заставить воздержаться от питья
5	Очень сильный	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

В питьевой воде интенсивность запаха при температуре 20 и 60°C не должна превышать 2 балла.

Оборудование: конические колбы с пробкой вместимостью 250 см³, водяная баня, часовое стекло.

Материалы: исследуемая вода.

Ход работы

Для определения запаха в коническую колбу налить 100 см³ исследуемой пробы при температуре 20°C. Колбу закрыть пробкой и содержимое несколько раз тщательно взболтать и сразу же органолептически установить характер запаха и его интенсивность.

В другую такую же колбу внести 100 см³ и горлышко колбы закрыть часовым стеклом. Содержимое колбы нагреть на водяной бане до 60°C. Колбу встряхнуть, открыть и немедленно органолептически определить характер и интенсивность запаха по шестизначной (пятибалльной) шкале (табл. 2.1.2).

2.1.4. Определение цветности воды

Цветность воды зависит от наличия в ней примесей минерального и органического происхождения. Цветность поверхностных и неглубоких подземных вод обусловлена наличием в ней вымываемых из почвы гуминовых веществ, продуктов растительного перегноя, которые придают воде окраску от желтой до коричневой. Водный оксид железа окрашивает воду в желто-бурый и бурый цвет, а глинистые примеси – в желтый цвет. Зеленоватая окраска открытого водоема может быть обусловлена размножением водорослей (цветением). Цветность и интенсивность окраски сточных вод обусловлена характером и объемами производства.

Показатель качества воды, характеризующий интенсивность окраски воды и обусловленный содержанием окрашенных соединений, выражается в градусах платино-кобальтовой шкалы и определяется путем сравнения окраски испытуемой воды с эталонами. Характеристика вод по цветности представлена в таблице 2.1.3.

Цветность воды можно определить и по хромово-кобальтовой шкале и выражают в градусах. Цветность неочищенной воды в открытых водоемах, особенно в искусственных водохранилищах, бывает довольно высокой – 50–160°. Цветность хорошей питьевой воды по платиново-кобальтовой шкале должна быть не выше 20°. Вода,

имеющаяся цветность 20°, считается бесцветной. Если показатель цветности превышает это значение, то воду необходимо либо осветлить, либо использовать только в технических целях.

Таблица 2.1.3 – Характеристика вод по цветности

Цветность	Значение показателя, ° Pt-Co-вой шкалы
Очень малая	До 25
Малая	25 - 50
Средняя	50 - 80
Высокая	80 - 120
Очень высокая	> 120

а). Качественное определение цветности воды

Оборудование: пробирки из бесцветного стекла диаметром 1,5 см и высотой 12 см.

Реактивы: исследуемая и дистиллированная вода.

Ход работы: цветность воды можно определить следующим образом. В пробирку налить 8–10 см³ исследуемой воды и сравнить с аналогичным столбиком дистиллированной воды. Цветность выражают в градусах, руководствуясь таблицей 2.1.4. Хорошая вода должна иметь цветность ниже 20°, а допустимой можно считать воду с цветностью до 40°.

Таблица 2.1.4 – Визуальное определение цветности воды

Окрашивание сбоку	Окрашивание сверху	Цветность, град.
Нет	Нет	Менее 10
Нет	Едва уловимое, бледно-желтоватое	10
Нет	Очень слабое, желтоватое	20
Едва уловимое, бледно-желтоватое	Желтоватое	30
Едва заметное, бледно-желтоватое	Слабо желтое	40
Очень бледно-желтое	Желтое	150
Бледно-зеленоватое	Интенсивно желтое	300

б). Количественное определение цветности воды

Оборудование: фотоколориметр, цилиндр на 100 см³, мерные колбы на 1 дм³.

Реактивы и материалы: дистиллированная вода, стандартный раствор №1 (0,0875 г бихромата калия, 2 г сульфата кобальта и 1 см³ серной кислоты с плотность 1,84 г/см³ растворить в дистиллированной воде и довести объем до 1 дм³, раствор соответствует цветности 500°С), раствор №2 (1 см³ концентрированной серной кислоты довести дистиллированной водой до 1 дм³), исследуемая вода.

Для приготовления шкалы цветности смешать растворы №1 и №2 в цилиндрах в следующих соотношениях (табл. 2.1.5).

Таблица 2.1.5 – Хромово-кобальтовая шкала цветности

Раствор №1	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	16
Раствор №2	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	84
Градусы цветности	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70

Ход работы

Цветность можно определить визуально. Для этого в колориметрический цилиндр налить 100 см³ профильтрованной исследуемой воды и, просматривая окраску контрольных растворов сверху вниз, найти цилиндр, окраска жидкости в котором совпадает с окраской в цилиндре с исследуемой водой.

Более точно цветность определяют на фотоколориметре. Для этого построят градуированный график на хромово-кобальтовой шкале цветности. Растворы с различной цветностью фотометрируют в кювете на 5 см³ в синей части спектра относительно профильтрованной дистиллированной воды.

При цветности выше 35° водопотребление ограничивают.

2.1.5. Определение прозрачности и мутности воды

Мутность воды вызвана присутствием тонкодисперсных примесей, обусловленных нерастворимыми или коллоидными неорганическими и органическими веществами различного происхождения. Ка-

чувственное определение проводят описательно: мутность не заметна (отсутствует), слабая опалесценция, опалесценция, слабомутная, мутная и сильная муть.

В России мутность чаще всего измеряют в нефелометрических единицах мутности НЕФ (NTU) для небольших значений в пределах 0–40 НЕФ (NTU), например, для питьевой воды. В условиях большой мутности обычно применяется измерение единиц мутности по формазину (ЕМФ). Пределы измерений – 40–400 ЕМФ. Индикатор по НЕФ (NTU) – рассеивание излучения, по ЕМФ – ослабление потока излучения.

Наряду с мутностью, особенно в случаях, когда вода имеет незначительные окраску и мутность, и их определение затруднительно, пользуются показателем «прозрачность». Мера прозрачности – высота столба воды, при которой можно наблюдать опускаемую в воду белую пластину определенных размеров (диск Секки) или различать на белой бумаге шрифт определенного размера и типа (шрифт Снеллена). Результаты выражаются в сантиметрах (табл. 2.1.6).

Таблица 2.1.6 – Характеристика вод по прозрачности

Характеристика прозрачности	Значение показателя, см
Прозрачная	более 30
Мало мутная	25 – 30
Средней мутности	20 – 25
Мутная	10 – 20
Очень мутная	менее 10

Метод основан на способности воды пропускать видимый свет. Степень прозрачности воды зависит от наличия в ней взвешенных частиц органического или минерального происхождения. Вода, в которой содержится большое количество органических или минеральных веществ, становится непрозрачной, мутной, при этом снижаются ее органолептические свойства.

Допустимая прозрачность питьевой воды – не менее 30 см по шрифту Снеллена. Прозрачность воды рек в зависимости от степени загрязнения по сезонам года колеблется в пределах: зимой – 2...35 см, весной – 4...35 см, летом – 10...30 см, осенью 2...35 см.

а). Определение прозрачности по шрифту Снеллена

Степень прозрачности выражается высотой столба жидкости в см, через который отчетливо виден специальный шрифт. Прозрачность не менее 30 см обладают питьевые воды, речные, кроме горных могут иметь прозрачность 25 см, уменьшение прозрачности природных вод свидетельствует об их загрязнении.

Оборудование: цилиндр, шрифт, линейка.

Реактивы и материалы: сточные воды и воды из водоема.

Ход работы

Исследуемую воду налить в цилиндр, на дно которого подложить на расстоянии 4 см шрифт. Сливать воду до тех пор, пока сверху через слой можно будет отчетливо прочесть этот шрифт. Высоту столба оставшейся воды измерить линейкой. Определение производить при хорошем дневном освещении на расстоянии 1 м от светонесущей стены.

б) Определение прозрачности по проволочному кольцу

Оборудование: проволочное кольцо диаметром 1-1,5 см на рукоятке, цилиндр вместимостью 500 см³, линейка.

Реактивы: исследуемая вода.

Ход работы

Держа за рукоятку, проволочное кольцо опускать в исследуемую воду, налитую в цилиндр, до тех пор, пока контуры его станут невидимыми. Затем линейкой измерить глубину, на которой кольцо становится отчетливо видимым.

Полученные данные переводят на показания по шрифту Снеллена следующим образом:

Таблица 2.1.7 – Сравнительная оценка прозрачности воды

По кольцу, см	По Снеллену, см	По кольцу, см	По Снеллену, см
1	2	3	4
2	0,5	22	16
3	2	24	17
6	3	26	18
8	5	28	19

Продолжение таблицы 2.1.7

1	2	3	4
10	6	30	21
12	8	32	23
15	10	34	25
17	12	36	26
20	14	38	28
		41	30

Работа 2.2. Определение перманганатной окисляемости

Окисляемость - это величина, характеризующая содержание в воде органических и минеральных веществ, окисляемых (при определенных условиях) одним из сильных химических окислителей. Этот показатель отражает общую концентрацию органики в воде. Природа органических веществ может быть самой разной - и гуминовые кислоты почв, и сложная органика растений, и химические соединения антропогенного происхождения. Кроме органических веществ могут окисляться некоторые неорганические восстановители: нитрит-ион, двухвалентные катионы железа и марганца и др. При значительном содержании восстановителей их влияние на величину окисляемости учитывается при расчете.

Для определения конкретных соединений используются другие методы.

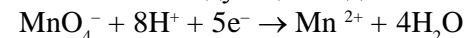
Прямое определение органических веществ в воде является сложной и трудоемкой задачей. Поэтому пользуются более простыми косвенными методами. Различают несколько видов окисляемости воды: перманганатную, бихроматную, иодатную. Наиболее высокая степень окисления достигается бихроматным методом. В практике водоочистки для природных малозагрязненных вод определяют перманганатную окисляемость, а в более загрязненных водах - как правило, бихроматную окисляемость (ХПК - «химическое потребление кислорода»). Перманганатная окисляемость выражается в миллиграммах кислорода, пошедшего на окисление этих веществ, содержащихся в 1 дм³ воды.

Чаще используют метод перманганатной окисляемости. Этот метод позволяет оценить содержание легко окисляющихся в воде

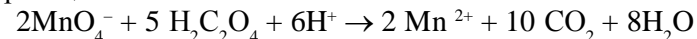
органических веществ. Перманганатная окисляемость в среднем составляет 40-50% от полной окисляемости веществ до диоксида углерода. Метод бихроматной окисляемости соответствует полному окислению всех органических веществ, за исключением некоторых белковых соединений.

Величина окисляемости природных вод может варьироваться в широких пределах от долей миллиграммов до десятков миллиграммов O₂ на дм³. Поверхностные воды имеют более высокую окисляемость по сравнению с подземными. Это понятно - органика из почвы и растительного опада легче попадает в поверхностные воды, чем в грунтовые, чаще всего ограниченные глинистыми водоупорами. Вода равнинных рек как правило имеет окисляемость 5-12 мг O₂/дм³, рек с болотным питанием - десятки миллиграммов на 1 дм³. Подземные воды имеют в среднем окисляемость на уровне от сотых до десятых долей миллиграмма O₂/дм³. Хотя подземные воды в районах нефтегазовых месторождений и торфяников могут иметь очень высокую окисляемость. Повышение в воде органических веществ приводит к увеличению и бактериального загрязнения. Это обуславливает непрерывный контроль органических соединений в сточных и проточных водах.

Определение окисляемости воды основано на способности иона марганца со степенью окисления, равной +7, восстанавливаться до степени окисления +2 в кислой среде органическими веществами, нитратами или другими восстановителями. Окислительно-восстановительное уравнение имеет следующий вид:



Избыток перманганата калия реагирует с вводимой в раствор щавелевой кислотой. Не вступившая в реакцию щавелевая кислота оттитровывается перманганатом калия. При этом протекает следующая реакция:



При окисляемости воды, не превышающей 4 мг/дм³, точность метода составляет 0,4 мг/дм³. При более высокой окисляемости точность метода падает на 10%.

ПДК питьевой воды по перманганатной окисляемости согласно СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников» составляет 5,0-7,0 мг/дм³.

Оборудование: бюретка для титрования, пипетки 10 см³, 15 см³, 50 см³, 100 см³; колба коническая термостойкая 250 см³; электроплитка; стеклянная воронка.

Реактивы и материалы: раствор перманганата калия 0,01 н; раствор щавелевой кислоты 0,01 н; раствор серной кислоты (1:3), предварительно окисленный на холоду раствором перманганата калия до слабо-розовой окраски для удаления возможных восстановителей; воды для исследования.

Ход работы

а). Определение расхода 0,01 н перманганата калия

В термостойкую колбу отмерить 100 см³ исследуемой воды при окисляемости до 10 мг О₂/дм³. При большем значении показателя можно взять меньший объем исследуемой воды. В этом случае меньший объем пробы довести в мерной колбе дистиллированной водой до 100 см³. К 100 см³ исследуемой воды прилить 5 см³ раствора разбавленной серной кислоты и 15 см³ 0,01 н раствора перманганата калия из бюретки. Колбу нагреть до появления первых пузырьков, и с этого момента содержимое колбы кипятить 10 мин. Во избежание разбрызгивания содержимое колбы при нагревании необходимо вставить стеклянную воронку в горло колбы.

При кипячении возможны следующие изменения первоначального фиолетового цвета раствора перманганата калия:

а) обесцвечивание, которое свидетельствует о большом содержании в исследуемом объеме пробы восстанавливающих веществ. В таком случае определение повторяют с меньшим объемом исследуемой пробы;

б) появление коричнево-бурого цвета, свидетельствующего о недостаточном количестве серной кислоты в растворе. В этом случае в раствор необходимо добавить 5 см³ раствора серной кислоты и продолжить определение;

в) появление красноватого оттенка или раствор не изменяет своей окраски. Такое проявление свидетельствует о том, что определение идет правильно.

В окрашенный раствор прилить пипеткой 15 см³ 0,01 раствора щавелевой кислоты (количество должно строго соответствовать первоначальному объему перманганата калия, внесенному в пробу при кипячении). Раствор при этом обесцветится.

Не доливая бюретки с раствором перманганата калия, пробу титруют до появления устойчивой слабо-розовой окраски от одного прибавления капли перманганата калия. При титровании учитывается суммарное количество перманганата калия, израсходованного как на окисление органических веществ в пробе, так и на окисление 15 см³ щавелевой кислоты.

б). Определение нормальности перманганата калия

Для определения поправочного коэффициента к нормальности перманганата калия, в колбу прилить 15 см³ стандартного 0,01 н раствора щавелевой кислоты и оттитровать до слабо-розовой окраски. Температура пробы при титровании должна быть 50–60°С.

Поправочный коэффициент к нормальности перманганата калия вычислить по формуле:

$$K = V_1 / V_2,$$

где: V₁ – объем 0,01 н раствора щавелевой кислоты (H₂C₂O₄); V₂ – объем 0,01 н раствора перманганата калия (KMnO₄), израсходованного на титрование 15 см³ щавелевой кислоты.

Окисляемость воды вычислить по формуле:

$$OK = 8 \cdot N \cdot K \cdot (A - B) / 1000 \cdot V \text{ (мг О}_2\text{ / дм}^3\text{)},$$

где: 8 – эквивалентная масса кислорода; K – поправочный коэффициент к нормальности перманганата калия KMnO₄; V – объем пробы воды, взятой для анализа, см³; N – нормальность раствора перманганата калия (0,01 г·экв./дм³); A – количество перманганата калия, затраченное на окисление органических веществ и 15 см³ раствора щавелевой кислоты, см³; B – количество перманганата калия, израсходованное на окисление 15 см³ щавелевой кислоты.

Работа 2.3. Определение соединений минерального азота

Содержание минерального азота – это сумма аммонийного, нитратного и нитритного азота.

Повышение концентрации ионов аммония и нитритов обычно указывает на свежее загрязнение, в то время как увеличение содержания нитратов – на загрязнение в предшествующее время. Все формы азота способны к взаимным превращениям.

В природной воде аммиак образуется при разложении азотсодер-

жащих органических веществ. Хорошо растворим в воде с образованием гидроксида аммония. ПДК аммиака составляет 2,0 мг/дм³. Аммонийный азот относится к токсикологическим и лимитирующим показателям вредности.

Содержание ионов аммония в природных водах варьирует в интервале от 10 до 200 мкг/дм³ в пересчете на азот. Присутствие в незагрязненных поверхностных водах ионов аммония связано главным образом с процессами биохимической деградации белковых веществ, дезаминирования аминокислот, разложения мочевины под действием уреазы. Основными источниками поступления ионов аммония в водные объекты являются животноводческие фермы, хозяйственно-бытовые сточные воды, поверхностный сток с сельскохозяйственных угодий в случае использования аммонийных удобрений, а также сточные воды предприятий пищевой, коксохимической, лесохимической и химической промышленности. В стоках промышленных предприятий содержится до 1 мг/дм³ аммония, в бытовых стоках - 2-7 мг/дм³; с хозяйственно-бытовыми сточными водами в канализационные системы ежедневно поступает до 10 г аммонийного азота (на одного жителя).

Присутствие аммония в концентрациях порядка 1 мг/дм³ снижает способность гемоглобина рыб связывать кислород. Признаки интоксикации - возбуждение, судороги, рыба мечется по воде и выпрыгивает на поверхность. Механизм токсического действия - возбуждение центральной нервной системы, поражение жаберного эпителия, гемолиз (разрыв) эритроцитов. Токсичность аммония возрастает с повышением рН среды.

Таблица 2.3.1 – Содержание аммония в водоемах с различной степенью загрязненности

Характеристика загрязнения (классы водоемов)	Концентрация аммонийного азота, г/дм ³
Очень чистые	0,05
Чистые	0,1
Умеренно загрязненные	0,1-0,4
Загрязненные	0,4-1,0
Грязные	1,1-3,0
Очень грязные	>3,0

Повышенная концентрация ионов аммония может быть использована в качестве индикаторного показателя, отражающего ухудшение санитарного состояния водного объекта, процесса загрязнения поверхностных и подземных вод, в первую очередь, бытовыми и сельскохозяйственными стоками.

Присутствие нитратных ионов в природных водах связано с:

- внутриводоемными процессами нитрификации аммонийных ионов в присутствии кислорода под действием нитрифицирующих бактерий;
- атмосферными осадками, которые поглощают образующиеся при атмосферных электрических разрядах оксиды азота (концентрация нитратов в атмосферных осадках достигает 0,9–1 мг/дм³);
- промышленными и хозяйственно-бытовыми сточными водами, особенно после биологической очистки, когда концентрация достигает 50 мг/дм³;
- стоком с сельскохозяйственных угодий и со сбросными водами с орошаемых полей, на которых применяются азотные удобрения.

В поверхностных водах нитраты находятся в растворенной форме. Концентрация нитратов в поверхностных водах подвержена заметным сезонным колебаниям: минимальная в вегетационный период, она увеличивается осенью и достигает максимума зимой, когда при минимальном потреблении азота происходит разложение органических веществ и переход азота из органических форм в минеральные. Амплитуда сезонных колебаний может служить одним из показателей эвтрофирования водного объекта.

В незагрязненных поверхностных водах концентрация нитратных ионов не превышает величины порядка десятков микрограммов в 1 дм³ (в пересчете на азот). Абсолютная концентрация нитратного азота и его доля в сумме минерального азота возрастают, достигая 0,10-1,00 мг/дм³. В незагрязненных подземных водах содержание нитратных ионов обычно выражается сотыми, десятными долями миллиграмма и реже единицами миллиграммов в 1 дм³. Подземные водоносные горизонты в большей степени подвержены нитратному загрязнению, чем поверхностные водоемы, поскольку отсутствует потребитель нитратов.

Присутствие нитрата аммония в концентрациях порядка 2 мг/дм³ не вызывает нарушения биохимических процессов в водоеме; под-

пороговая концентрация этого вещества, не влияющая на санитарный режим водоема, 10 мг/дм³.

В воздействии на человека различают первичную токсичность собственно нитрат-иона; вторичную, связанную с образованием нитрит-иона, и третичную, обусловленную образованием из нитритов и аминов нитрозаминов. Смертельная доза нитратов для человека составляет 8-15 г.

Наряду с описанными эффектами воздействия немаловажную роль играет тот факт, что азот - это один из первостепенных биогенных (необходимых для жизни) элементов. Именно этим обусловлено применение соединений азота в качестве удобрений, но, с другой стороны, с этим связан вклад вынесенного с сельскохозяйственных земель азота в эвтрофикацию (неконтролируемого роста биомассы) водоемов. Так, с одного гектара орошаемых земель выносятся в водные системы 8-10 кг азота.

ПДК нитратов составляет 45 мг/дм³ (по NO₃⁻). Нитриты представляют собой промежуточную ступень в цепи бактериальных процессов окисления аммония до нитратов. Нитрификация происходит только в аэробных условиях. И, напротив, восстановление нитратов до азота и аммиака - денитрификация - при недостатке кислорода. Подобные окислительно-восстановительные реакции характерны для станций аэрации, систем водоснабжения и собственно природных вод. Кроме того, нитриты используются в качестве ингибиторов коррозии в процессах водоподготовки технологической воды и поэтому могут попасть и в системы хозяйственно-питьевого водоснабжения. Широко известно также применение нитритов для консервирования пищевых продуктов.

В поверхностных водах нитриты находятся в растворенном виде. В кислых водах могут присутствовать небольшие концентрации азотистой кислоты (HNO₂), недиссоциированной на ионы. Повышенное содержание нитритов указывает на усиление процессов разложения органических веществ в условиях более медленного окисления NO₂⁻ в NO₃⁻, что указывает на загрязнение водного объекта, т.е. является важным санитарным показателем.

Концентрация нитритов в поверхностных водах составляет сотые (иногда даже тысячные) доли миллиграмма в 1 дм³; в подземных водах концентрация нитритов обычно выше, особенно в верхних водоносных горизонтах (сотые, десятые доли миллиграмма в 1 дм³).

Сезонные колебания содержания нитритов характеризуются отсутствием их зимой и появлением весной при разложении неживого органического вещества. Наибольшая концентрация нитритов наблюдается в конце лета, их присутствие связано с активностью фитопланктона (установлена способность диатомовых и зеленых водорослей восстанавливать нитраты до нитритов). Осенью содержание нитритов уменьшается. Для нитритов ПДК составляет 3,3 мг/дм³.

В соответствии с требованиями глобальной системы мониторинга состояния окружающей среды нитрит- и нитрат-ионы входят в число обязательных наблюдений за составом питьевой воды и являются важными показателями степени загрязнения и трофического статуса природных водоемов, поэтому важно научиться определять эти показатели качества воды.

Цель работ – обучить студентов несложным методам определения соединений азота в воде.

Аммонийные соединения, нитриды и нитраты в воде могут быть определены качественно и количественно.

а). Определение азота аммонийных солей

Ионы аммония определяют фотометрически по реакции с реактивом Несслера. Сущность метода во взаимодействии аммония с реактивом Несслера с образованием йодида меркураммония, окрашивающего раствор в желто-коричневый цвет. Интенсивность окраски раствора пропорциональна содержанию ионов аммония в воде:



Соли магния и кальция мешают определению ионов аммония. При взаимодействии с реактивом Несслера они также выпадают в осадок. Для того чтобы исключить влияние катионов кальция и магния на ход анализа, их связывают раствором сегнетовой соли – тартрата натрия-калия.

Фотометрический метод позволяет определить содержание ионов аммония в количествах от 0,05 до 4,00 мг/дм³. В чистых природных водах содержание солей аммония составляет 0,01-0,10 мг/дм³. Предельно допустимая концентрация аммиака в воде водоемов не должна превышать 2 мг/дм³ (по азоту).

Оборудование: фотоколориметр; электроплита; мерные колбы на 50 см³, 100 см³; пипетки на 1 см³, 10 см³ с делениями, на 10 см³ без делений.

Реактивы и материалы: раствор сегнетовой соли $\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (растворить в 50 г соли при нагревании в дистиллированной воде, довести раствор до 100 см³, перемешать, отфильтровать, добавить 5 см³ 10%-ного раствора гидроксида натрия и прокипятить 30 мин. (для удаления следов аммиака). Объем раствора вновь довести до 100 см³); реактив Несслера (щелочной раствор тетраидмеркурата калия K_2HgI_4); безаммиачная вода (дистиллированная вода с добавкой щелочи – 25 см³ 5%-ного раствора гидроксида натрия NaOH растворить в 1 дм³ и прокипятить в течение 1 час.); стандартный раствор хлорида аммония. Основной раствор: растворить в безаммиачной воде 296,5 мг безводного хлорида аммония, высушенного при 100°C, и разбавить той же водой до 100 см³, 1 см³ полученного раствора содержит 100 мкг ионов аммония NH_4^+ . Рабочий раствор: разбавить безаммиачной дистиллированной водой 5 см³ основного стандартного раствора до 100 см³; вода водоема.

Ход работы

а). Количественное определение ионов аммония

К 100 см³ пробы воды добавить 0,2 см³ раствора сегнетовой соли и 0,2 см³ реактива Несслера, перемешать и через 10 мин. измерить оптическую плотность раствора при 425 нм в кювете толщиной 1 см на фоне дистиллированной воды. Из полученного значения оптической плотности вычесть оптическую плотность холостой пробы. Концентрацию ионов аммония в пробе определяют по калибровочному графику.

Построение калибровочного графика

В мерные колбы на 50 см³ налить 0,1, 2, 3, 4, 6 и 10 см³ стандартного раствора хлорида аммония концентрацией 5 мкг NH_4^+ в 1 см³. Разбавить до метки безаммиачной водой, перемешать, отобрать из каждой колбы по 10 см³ и перенести в пробирки. Концентрации ионов аммония в растворе составляют 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,6 и 1 мг/дм³. Определение ионов аммония проводить по методике, описанной выше. Из полученных значений оптических плотностей вычесть оптическую плотность холостого раствора.

Качественное определение ионов аммония

В обычную прозрачную пробирку налить 10 см³ исследуемой воды, прибавить 2-3 капли реактива Несслера. При наличии в воде аммиака

ка или его солей вода окрашивается с образованием йодистого меркураммония в соответствии с уравнением (2.3.1).

На основании качественного определения можно дать приблизительную количественную характеристику (табл. 2.3.2.)

Таблица 2.3.2 – Ориентировочное определение аммонийного азота

Окрашивание при рассматривании сбоку	Окрашивание при рассмотрении сверху	Содержание иона аммония, мг/дм ³
Нет	Чрезвычайно слабо-желтоватое	0,08
Чрезвычайно слабо-желтоватое	Слабо-желтоватое	0,2
Очень слабо-желтоватое	Желтоватое	0,4
Светло-желтоватое	Желтое	2,0
Желтое	Интенсивно желто-буроватое	4,0
Мутновато-резко-желтое	Бурое, раствор мутный	8,0
Интенсивно бурое, раствор мутный	Бурое, раствор мутный	20,0

б). Качественное определение нитрат-ионов

Предельно допустимая концентрация нитратов в воде водоемов – 10 мг/дм³ (по азоту).

Сущность метода заключается во взаимодействии между нитратами и дифениламином в присутствии серной кислоты с образованием дифенилнитрозоаминов. Применим этот метод в случаях отсутствия нитритов.

Оборудование: фарфоровая чашка вместимостью 50 см³, пипетка 2 см³.

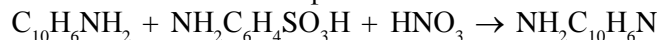
Реактивы: дифениламин, концентрированная серная кислота, исследуемая вода.

Ход работы

В фарфоровую чашку поместить 1 см³ исследуемой воды, добавить кристаллик дифениламина и 2 см³ концентрированной серной кислоты, осторожно наклонив на воду по стенке фарфоровой чашки. При наличии в воде нитратов она окрашивается в темно-синий цвет вследствие образования дифенилнитрозоамина.

в). Определение нитрит-иона

Метод основан на способности нитритных ионов давать интенсивно окрашенные диазосоединения с первичными ароматическими аминами. При определении используют реакцию с реактивом Грисса – сульфаниловая кислота и α -нафтиламин:



Чувствительность метода составляет 0,5 мкг в 1 дм³. При большом содержании нитритов исследуемую пробу необходимо разбавлять.

Определению мешают взвешенные вещества, мутность, окраска воды, кроме того, сильные окислители и восстановители. Мутность и цветность удаляют фильтрованием и коагулированием. Для этого к 300 см³ пробы прибавляют 0,5 г активированного угля или гидроксида аммония. Влияние окислителей и восстановителей в сильно загрязненных пробах можно устранить соответствующим разбавлением пробы дистиллированной водой.

Оборудование: фотоколориметр; электроплита; мерные колбы на 25 см³, 100 см³, 1000 см³; пипетки на 1 см³, 5 см³ с делениями и 1 см³, 5 см³ без делений; стакан на 100-150 см³, водяная баня.

Реактивы и материалы: реактив Грисса (0,1 г α -нафтиламин растворить в 100 см³ дистиллированной воды при кипячении в течение 15 мин., раствор охладить, добавить 5 см³ ледяной уксусной кислоты и 100 см³ 1%-ного раствора сульфаниловой кислоты. Хранить в склянке из темного стекла.); уксусная кислота, 12%-ный раствор (25 см³ ледяной уксусной кислоты разбавить дистиллированной водой до 200 см³); гидроксид аммония, суспензия для коагуляции; стандартные растворы нитрита натрия. Основной стандарт: 4,927 г высушенного при 110°C нитрита натрия растворить в мерной колбе на 1 дм³ дистиллированной водой, доведя до метки. Разбавить основной стандартный раствор дистиллированной водой в мерной колбе сначала в 50 раз, а затем полученный раствор еще в 10 раз. 1 см³ рабочего раствора содержит 2 мкг азота нитритного. Хранить в склянке из темного стекла); вода из водоема.

Ход работы

100 см³ исследуемой осветленной или предварительно разбавленной водой до содержания азота, не превышающего 0,004 мг, поместить в колбу или стакан, прилить 5 см³ реактива Грисса и переме-

шать. Окраска появляется через 40 мин. и сохраняется неизменной в течение 3 час. Через 40 мин. в растворах определить оптическую плотность в кювете толщиной 5 см с зеленым светофильтром ($\lambda=530$ нм) по отношению к дистиллированной воде с добавлением реактива Грисса.

Содержание нитритов находят по калибровочному графику или визуальным сравнением интенсивности окраски пробы и шкалы стандартных растворов.

При очень малом содержании нитритов, когда окраска в исследуемой пробе не проявляется в течение 30 мин., пробу воды и стандарты следует подогреть в течение 10 мин. до 70°C в одинаковых условиях, охладить и определить оптическую плотность с этими стандартами.

Построение калибровочного графика

В ряд мерных колб внести рабочий стандартный раствор в количестве 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0; 1,2; 1,5; 2,0 см³, что соответствует содержанию 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 2,0; 2,4; 3,0; 4,0 мкг азота нитритов. В колбу долить дистиллированную воду до метки и прибавить 5 см³ 10%-ного реактива Грисса, перемешать и через 40 мин. определить оптическую плотность. Калибровочный график строить в координатах: оптическая плотность – содержание азота нитритов (мкг). Целесообразно строить два калибровочных графика для содержания азота нитритов от 0 до 4 мкг и от 0 до 1,6 мкг.

Содержание азота нитритов (мг/дм³) рассчитывают по формуле:

$$X = A/V,$$

где: А – количество азота нитритов, найденное по калибровочному графику (мкг); V – объем пробы, взятой для анализа (см³).

Чувствительность метода позволяет проводить качественное и приблизительное количественное определение нитритного азота.

Для определения в пробирку налить 10 см³ исследуемой воды, прибавить 1 см³ реактива Грисса. Затем пробирку нагреть в водяной бане в течение 5-10 мин. при температуре 70-80°C. Появление в воде розовой окраски различной интенсивности свидетельствует о наличии в ней нитритов. По интенсивности окрашивания можно приблизительно определить количество нитритов в ней (табл. 2.3.3).

Таблица 2.3.3 – Определение нитрит-иона по интенсивности окраски

Окрашивание при рассматривании сбоку	Окрашивание при рассматривании сверху	Содержание нитрит-иона, мг/дм ³
Нет	Нет	> 0,001
Едва заметное розовое	Чрезвычайно слабо-розовое	0,002
Очень слабо розовое	Слабо-розовое	0,004
Слабо-розовое	Розовое	0,020
Светло-розовое	Розовое	0,040
Розовое	Сильно-розовое	0,070
Сильно-розовое	Красное	0,200
Красное	Ярко-красное	0,400

Вопросы к части 2

«Контроль качества воды»

1. Какова роль воды в нашей жизни?
2. Назовите основные источники загрязнения водоемов.
3. Назовите основные категории производственных сточных вод.
4. Назовите основные показатели качества воды.
5. Как нужно готовить воду для анализа?
6. На какие группы делят запах воды?
7. От чего зависит цветность воды?
8. В каких единицах измеряется показатель цветности воды?
9. Что является мерой прозрачности?
10. На чем основан метод определения перманганатной окисляемости воды?
11. С чем связано присутствие солей аммония в поверхностных и сточных водах?
12. Что обуславливает наличие нитрат-ионов в природной и сточной воде?
13. Чем можно объяснить более высокое содержание нитрит-ионов в подземных водах по сравнению с содержанием в поверхностных водах?
14. В чем сущность методов определения азота: а) аммонийных солей? б) нитрит-ионов? в) нитрат-ионов?

ЧАСТЬ 3. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОЧВЫ

Общая площадь суши Земли составляет 148 млн. км², из которых для обитания людей пригодны 133 млн. км².

Почвенный покров является важнейшим природным образованием. Его роль в жизни общества определяется тем, что почва представляет собой основной источник продовольствия, обеспечивающий 95-97% продовольственных ресурсов для населения планеты. Площадь земельных ресурсов мира составляет 129 млн. км² или 86,5% площади суши. Пашня и многолетние насаждения в составе сельскохозяйственных угодий занимают около 15 млн. км² (10% суши), сенокосы и пастбища - 37,4 млн. км² (25% суши). Общая пахотнопригодность земель оценивается различными исследователями по-разному: от 25 до 32 млн. км².

Образование почв происходит на Земле с момента возникновения жизни и зависит от многих факторов.

От характера материнских пород зависят физические свойства почвы (пористость, водоудерживающая способность, рыхлость и т. д.). Они определяют водный и тепловой режим, интенсивность перемещения веществ, минералогический и химический составы, первоначальное содержание элементов питания, тип почвы.

Растительность - зеленые растения (основные создатели первичных органических веществ). Поглощая из атмосферы углекислоту, из почвы воду и минеральные вещества, используя энергию света, они создают органические соединения, пригодные для питания животных.

Техногенная интенсификация производства способствует загрязнению и дегумификации, вторичному засолению, эрозии почвы. Основными загрязнителями почвы в аграрном секторе являются пестициды, применяемые для борьбы с сорняками. Ежегодное применение пестицидов в сельском хозяйстве в РФ в период с 1980 по 1991 гг. находилось на одном уровне и составляло примерно 150 тыс. т, а в 1992 г. снизилось до 100 тыс. т.

Но главными видами загрязнения почвы являются твердые бытовые и промышленные отходы. В состав твердых бытовых отходов входят пищевые отходы, бумага, картон, стекло, текстиль, металлы, полимеры и т.д.

Почвы вокруг больших городов и крупных предприятий цветной и чёрной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, машиностроения, ТЭС на расстоянии в несколько десятков километров загрязнены тяжёлыми металлами, нефтепродуктами, соединениями свинца, серы и другими токсичными веществами. Почва становится мёртвой при содержании в ней 2-3 г свинца на 1 кг грунта (вокруг некоторых предприятий содержание свинца в почве достигает 10-15 г/кг).

Таким образом, интенсивное развитие промышленного производства приводит к росту промышленных отходов, которые в совокупности с бытовыми отходами существенно влияют на химический состав почвы, вызывая ухудшение её качества. Сильное загрязнение почвы тяжёлыми металлами вместе с зонами сернистых загрязнений, образующихся при сжигании каменного угля, приводят к изменению состава микроэлементов и возникновению техногенных пустынь.

Почва, как и другие объекты окружающей среды, требуют контроля за ее загрязнением. Целью работ этой части является обучение навыкам распознавания минеральных удобрений по их основным свойствам, обнаружения микроорганизмов в почве.

Работа 3.1. Определение микроорганизмов почвы методом прямого счета

Метод прямого счёта микроорганизмов С. Н. Виноградского в модификации О. Г. Шульгиной позволяет более точно учесть численность микроорганизмов в почве, нежели методы высева почвенной суспензии на агаризованные питательные среды. В свою очередь, точный учет численности микроорганизмов в почве дает более полное представление об ее биогенности. Однако следует иметь в виду, что при работе данным методом получают несколько завышенные результаты, так как на препаратах не удается дифференцировать живые и мертвые клетки микроорганизмов.

Оборудование: ступка, резиновая перчатка, спиртовка, часовое стекло, весы, разновесы, скальпель, пинцет, колба, исследуемая почва, микропипетки на 0,1–0,2 см, обезжиренные предметные стекла, микроскоп.

Материалы: 5%-ный раствор карболового эритрозина, абсолютный спирт или 2%-ный раствор осмиевой кислоты,

Ход работы

Небольшое количество исследуемой почвы растереть в течение 10 мин. в ступке пальцем в резиновой перчатке. На часовом стекле отвесить 5 г почвы и перенести ее в колбу, содержащую 45 см³ стерильной воды, при этом получают разведение 1/10. Если анализируемая почва характеризуется высокой численностью микроорганизмов, приготовить следующее разведение. В колбу № 2, содержащую 90 см³ стерильной воды, пипеткой прилить 10 см³ почвенной суспензии из колбы № 1, разведение становится - 1/100.

Содержимое колбы встряхивать в течение 5 мин., затем дать крупным частицам отстояться 3–5 сек. и стерильной микропипеткой перенести 0,01–0,02 см³ почвенной суспензии на обезжиренное предметное стекло, равномерно распределяя ее на площади 4 см². Квадрат на стекле вычертить заранее алмазом, подложив под стекло миллиметровую бумагу.

Приготовленный препарат высушить на воздухе, зафиксировать на пламени либо абсолютным спиртом 5 мин., либо парами 2%-ного раствора осмиевой кислоты 2–4 мин. Затем препарат окрасить карболовым эритрозином в течение 30–40 мин. и более в зависимости от качества красителя. Эритрозин хорошо окрашивает бактериальные клетки и не окрашивает почвенные частицы. Окрашенный препарат промыть водой, высушить и микроскопировать, пользуясь объективом МИ-90. Конденсор микроскопа тоже обязательно иммергировать.

Подсчет микроорганизмов проводить в 50–100 полях зрения микроскопа. Если бактерий много, подсчет осуществлять в 50–100 квадратах окулярной сетки. При подсчете отмечать соотношение морфологических форм бактерий.

Расчет количества бактерий в 1 г почвы провести по формуле:

$$x = \frac{A \cdot 4 \cdot 10^6 D}{50 \cdot B \cdot C}$$

где: x – число бактерий в 1 г почвы; A – число бактерий в 50 полях зрения микроскопа; B – площадь поля зрения микроскопа, $\mu\text{м}^2$; C – объем почвенной суспензии, нанесенной на стекло, см^3 ; D – исходное разведение почвенной суспензии.

Площадь поля зрения микроскопа определяют по формуле:

$$S = \pi r^2.$$

Диаметр поля зрения микроскопа вычисляют с помощью окулярного и объективного микрометров. Определив цену деления окулярного микрометра при данном увеличении микроскопа, определяют диаметр поля зрения в микрометрах и рассчитывают площадь поля зрения микроскопа.

Пользуясь окулярным и объективным микрометрами, можно определить также площадь квадрата окулярной сетки.

Пример расчета

Если сторона квадрата окулярной сетки равна 0,02 мм, а площадь квадрата – 0,0004 мм^2 (окуляр 10х, объектив 90х), тогда на площадь препарата 4 см^2 приходится 1000000 таких квадратов окулярной сетки. Допустим, что на один квадрат окулярной сетки в среднем приходится 3,5 бактерии, тогда на площади препарата 4 см^2 окажется: $3,5 \times 1000000 = 3500000$ бактериальных клеток. А если учесть, что на препарат наносили 0,01 см^3 почвенной суспензии, в которой содержится 0,001 г почвы (разведение 1/10), то полученную величину необходимо умножить на 1000, тогда в 1 г исследуемой почвы будет содержаться $3500000 \times 1000 = 3500000000$ бактериальных клеток. Таким образом, каждая бактерия в квадрате окулярной сетки отвечает 1 млрд. бактерий в 1 г почвы.

Вопросы для самоконтроля

1. Значение почвы для биосферы и человека.
2. Какие основные загрязнители почвы вам известны?
3. В чем достоинства и недостатки метода прямого счёта микроорганизмов С. Н. Виноградского в модификации О. Г. Шульгиной?
4. По какой формуле ведется расчет микроорганизмов в 1 г почвы?

3.1.1. Определение состава микрофлоры почвы (Учет ризосферной и корневой микрофлоры по Е.З. Теппер)

Зона почвы, прилегающая непосредственно к корням растений, получила название ризосферы. Микрофлора ризосферной зоны значительно богаче и разнообразнее, чем микрофлора почвы. Микроорганизмы обладают положительным хемотаксисом в отношении корневых выделений растений. Отмершие клетки корней используются микроорганизмами в качестве питательного материала. В свою очередь микроорганизмы ризосферы осуществляют минерализацию органических веществ и снабжают корни растений усвояемыми формами минеральных элементов – азота, фосфора и др. Кроме того, микроорганизмы в процессе жизнедеятельности выделяют физиологически активные вещества типа витаминов и ауксинов, способствующие усилению корневого питания и активизации обменных процессов в растениях.

Экспериментально доказано, что ризосферная микрофлора специфична для определенного вида растений. Это, очевидно, объясняется характером корневых выделений растений. Как правило, в ризосферной зоне преобладают неспороносные формы бактерий рода *Pseudomonas*, микобактерии, анаэробные фиксаторы азота и др.

По Е.Ф. Березовой, принято различать: *корневую микрофлору* – микроорганизмы, находящиеся непосредственно на поверхности корней и проникающие в ткани корня; *прикорневую микрофлору* – микроорганизмы, населяющие слой почвы 0,5 см непосредственно примыкающий к корням и *микрофлору ризосферы* – микроорганизмы, находящиеся в почве на расстоянии 1–2 см от корней.

Наибольшее значение для растений имеет корневая и прикорневая микрофлора.

Для выделения и качественно-количественного изучения ризосферной и корневой микрофлоры широкое применение получил метод последовательных отмываний корней по Е. З. Теппер.

Оборудование: крючки из проволоки, микропипетки, шпатели, лупа, микроскоп, чашки Петри, МПА или КАА; прибор для счёта микробных колоний, стерильный кварцевый песок колбы со стерильной дистиллированной водой, пробирки, пипетки на 10 см^3 и 1,2 см^3 , микропипетки на 0,1–0,2 см^3 .

Материалы: монолит почвы с растением, пинцет, часовое стекло, ножницы, весы, разновесы, колбы объемом 250 мл, содержащие по 99 мл стерильной дистиллированной воды.

Ход работы

Растение выкопать с монолитом почвы. Стерильным пинцетом корни растения осторожно освободить от прилипшей к ним почвы. С корневой системы растения стерильными ножницами срезать кусочки молодых корней и отвесить 1 г на часовом стекле. Пинцетом перенести навеску корней в первую колбу с 99 см³ стерильной дистиллированной воды и взболтать содержимое колбы в течение 2 мин. Стерильным металлическим крючком перенести корни во вторую колбу с 99 мл стерильной дистиллированной воды и вновь взболтать колбу с раствором в течении 2 мин. Затем корни перенести последовательно в колбы № 3, 4, 5, 6 и 7, отмывая их в каждой колбе по 2 мин. В воду колб № 6 и 7 предварительно перед стерилизацией внести по 3–5 г хорошо промытого стерильного кварцевого песка. Песком отделяются микроорганизмы, находящиеся в тесном контакте с корнем.

Для качественно-количественного анализа ризосферной и корневой микрофлоры из каждой колбы стерильной микропипеткой высевать по 0,05 см³ промывной воды на поверхности пластинки МПА или КАА в чашки Петри. Повторность посева 3–5-кратная. Соблюдая стерильность, каплю высевной жидкости шпателем равномерно нанести в поверхность питательной среды с небольшим усилием. Для каждого разведения следует иметь отдельную пипетку и отдельный шпатель.

Засеянные чашки Петри поместить в термостат при температуре 28–30°C. Через 3–5 дней приступить к анализу колоний, развившихся на агаровых пластинках в чашках Петри.

Колонии микроорганизмов изучают при малом увеличении микроскопа (окуляр 10–15х, объектив 8–10х) и делают подробное описание. Для этого из колоний приготовить мазки и рассмотреть их, пользуясь объективом МИ-90. На препаратах обратить внимание на морфологические особенности микроорганизмов и по возможности установить родовой состав ризосферной и корневой микрофлоры.

Для количественного учета микроорганизмов корневой зоны использовать смывы с остальных шести колб. Содержимое этих колб

слить вместе, из полученной суспензии приготовить ряд разведений и сделать посеы из них на пластинки питательной среды в чашки Петри. Засеянные чашки Петри выдержать в термостате 3-5 суток при температуре 28–30°C. По всем параллельным чашкам Петри для каждого разведения подсчитать число развившихся колоний и вычислить среднее количество колоний на чашку. Число колоний, полученное на чашку Петри, умножить на 20 (пересчет с 0,05 см³ на 1 см³), на степень разведения, на 600 (6 смывов по 100 см³). Полученное значение – это количество микроорганизмов на 1 г корней.

Вопросы для самоконтроля

1. Как называется зона почвы, прилегающая непосредственно к корням растений и в чем ее особенности?
2. Какие микроорганизмы преобладают в ризосферной зоне почвы?
3. На какие виды по Е. Ф. Березовой разделяют почвенную микрофлору?
4. Каков принцип метода изучения ризосферной и корневой микрофлоры Е.З. Теппер?

3.1.2. Определение активности ферментов класса оксидоредуктаз микробиоценоза почвы

Цель работы: выявить активность окислительно-восстановительного действия оксидаз микроорганизмов почвы (групп *Actinomyces*, *Streptomyces*, *Micromonospora* и др.). По способности разлагать перекись водорода.

Особенности микробиоценоза почвы

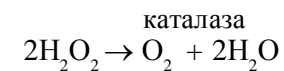
В природе, не подвергающейся вмешательству человека, экосистема настроена на самоочищение т.е. природа сама справляется с переработкой более не нужного ей (мертвого) органического материала. В утилизации органики участвует почва, содержащая естественную биоту (микроорганизмы, эдафон) - живой компонент, представленный разнообразными представителями растительного и животного мира. В одном грамме садовой почвы содержатся десятки миллионов микроорганизмов - сапрофитов, актиномицетов, грибов, олигонитрофилов, азотобактеров и клубеньковых бактерий, бактерий,

разлагающих клетчатку, аммонификаторов, нитрификаторов, денитрификаторов, анаэробных фиксаторов азота. Вместе микроорганизмы составляют микрофлору почвы, отвечающую за метаболизм, в результате которого мертвая органика перерабатывается в плодородный гумус. Деятельность человека оказывает на окружающую среду мощное техногенное воздействие в частности загрязнением почвы и воды отходами производств и жизнедеятельности, где значительную долю занимают органические загрязнители. В результате загрязнений почвы и воды органическими веществами подавляется естественная биота, меняются соотношения между отдельными группами микроорганизмов и в целом изменяется направление метаболизма, нарушаются естественные процессы самоочищения. В районах постоянных загрязнений почвенная микрофлора в субстратах загрязнителях насчитывает, не более нескольких тысяч КОЕ на 100 граммов субстрата, одни группы микроорганизмов сохраняют присутствие, в то время как количество других критически уменьшается, нарушаются процессы почвообразования, в почве и воде накапливаются не разлагаемые отходы. В загрязненной экосистеме с подавленной полезной микрофлорой развиваются вредные и патогенные микроорганизмы.

Микроорганизмы не только принимают участие в образовании почвы и ее составляющих компонентов, но и играют большую роль в формировании популяций симбиотической микрофлоры в ней. Так, представители группы неподвижных грамположительных бактерий актиномицеты (более 500 видов) являются продуцентами антибиотиков (тетрациклина, стрептомицина и др.), что подавляет рост патогенных групп. Кроме того, они ассимилируют остатки целлюлозы, хитина и других биополимеров, трудно разлагаются. Во всех выше-названных процессах формирования биоценоза важное значение принадлежит окислительно-восстановительным ферментным системам микроорганизмов - обитателей почвы.

В клетках микроорганизмов обнаружены ферменты шести классов. К классу оксидоредуктазы, катализирующих окислительно - восстановительные реакции, относятся дегидрогеназы, цитохромы, каталаза, пероксидаза .

Каталаза - двухкомпонентный фермент, в состав которого входит простетическая небелковая группа гематин, ускоряющий расщепление перекиси с образованием кислорода:



Пероксидаза катализирует окисление органических субстратов с активацией перекиси водорода, который действует как акцептор H_2 и инициирует распад H_2O_2 .

Действие фермента каталазы в клетках животных и человека проявляется при промывании порезов или ран перекисью водорода. Происходит как бы «кипение», то есть бурное выделение пузырей газа из перекиси водорода. Это и есть следствие разложения перекиси водорода каталазы клеток крови (эритроцитов).

Материалы и реактивы: 3 %-ный р-р перекиси водорода, почва горшка комнатного растения.

Оборудование: микроскоп МБР-1, предметное стекло, пипетки, пинцет, скальпель, лопатка для сыпучих веществ, стеклянная палочка.

Ход работы

Принцип метода. Расщепление перекиси водорода происходит с участием каталазы микроорганизмов групп Actinomycetes, обитающих в почве. Об активности каталазы свидетельствует выделение пузырей на поверхности почвы. Ход исследования: на предметное стекло лопаткой для сыпучих веществ отобрать небольшое количество почвы из горшка, в котором растет герань. С помощью пипетки на отобранную пробу нанести каплю H_2O_2 . Качественно по нормальным условиям наблюдать выделение кислорода (пузырей воздуха).

Вопросы для самоконтроля

1. Какие группы ферментов участвуют в процессах детоксикации почвы?
2. Какой химический процесс катализируется ферментами каталазы, пероксидаза?
3. Назовите группы наиболее распространенных микроорганизмов почвы.
4. Какова экологическая роль микроорганизмов в почве.

Работа 3.2. Качественное распознавание минеральных удобрений

Неправильное и избыточное внесение минеральных удобрений, способы их хранения являются причиной загрязнения почв и сель-

хозпродукции. Водорастворимые формы азотных удобрений стекают в пруды, реки, ручьи, достигают грунтовых вод, вызывая повышенное содержание в них нитратов, что неблагоприятно сказывается на здоровье человека.

Очень часто удобрения вносят в почву неочищенными, что является причиной загрязнения почв радиоактивными (например, изотопами калия при использовании калийных удобрений), а также токсическими веществами. Различные формы суперфосфатов, обладая кислой реакцией, способствуют подкислению почвы, что нежелательно для районов, где pH почвы понижена. Избыточное количество фосфорных удобрений, стекая в стоячие и медленно текущие воды, вызывает развитие большого количества водорослей и другой растительности, что ухудшает кислородный режим водоемов и способствует их зарастанию.

В ряде случаев удобрения перевозятся без надлежащей упаковки, хранятся без укрытий на окраинах полей, где они слеживаются, загрязняются и становятся по внешнему виду весьма схожими между собой. В связи этим необходимо научиться распознавать удобрения по внешнему виду и простым качественным реакциям.

Наиболее распространенные удобрения азотные, фосфорные, калийные, известковые.

Азотные удобрения

Чаще всего применяется аммиачная селитра – NH_4NO_3 и мочевина – $(NH_2)_2CO$, реже сульфат аммония – $(NH_4)_2SO_4$. В защищенном грунте используют нитраты кальция – $Ca(NO_3)_2$ и калия – KNO_3 .

Фосфорные удобрения

Наиболее распространен простой гранулированный суперфосфат – $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O + 2CaSO_4$, двойной гранулированный суперфосфат $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$, преципитат $CaHPO_4 \cdot H_2O$. Употребляется также фосфоритная мука – $Ca_3(PO_4)_2$. Фосфоритная мука – минеральное фосфорное удобрение, получаемое при тонком размолу фосфоритов – осадочных горных пород, образованных в основном минералами группы апатита. Содержит 19–30% P_2O_5 в виде $Ca_3(PO_4)_2$. Поскольку фосфат кальция малорастворим в воде, фосфоритная мука может усваиваться растениями только на кислых почвах – подзолистых и торфяных, – в которых $Ca_3(PO_4)_2$ постепенно переходит в доступный растениям гидрофосфат $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$.

Калийные удобрения

Применяется, в основном, хлорид калий – KCl , нитрат калий – KNO_3 или сульфат калия K_2SO_4 . Меньше употребляются двойные удобрения: силвинит – $KCl \cdot NaCl$ и калимаг – $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$.

Известковые удобрения

К ним относятся известковые материалы, содержащие не менее 50% $CaCO_3$. Это – известковая мука из туфа, доломитовая мука, мел, известь озерная и др. Действие их заключается в нейтрализации почвенной кислотности, улучшении условий для жизнедеятельности микроорганизмов и физических свойств почвы.

Оборудование: 1) пробирки – 12 штук; 2) штативы для пробирок; 3) небольшие ступки с пестиками; 4) капельницы или индивидуальные пипетки для каждого реактива; 5) щипцы муфельные; 6) пинцеты длинные; 7) электроплитка; 8) газовая горелка или спиртовка; 9) кусочки древесного угля; 10) индикаторная бумага.

Реактивы и материалы: 1) дистиллированная вода; 2) 8-10%-ная щелочь KOH или $NaOH$; 3) 5%-ный раствор хлористого бария; 4) концентрированная соляная кислота; 5) 2%-ная соляная кислота; 6) уксусная кислота (ледяная, разбавленная в 10 раз); 7) 1-2%-ный раствор азотнокислого серебра; 8) раствор йода в йодистом калии (20 г KI растворяют в 20 см³ дистиллированной воды, добавляют 6,35 г кристаллического I. Раствор переносят в мерную колбу на 50 см³, доводят до метки); 9) четыре вида (или более) наиболее распространенных удобрений (без подписей).

Ход работы

1. Внешние признаки

Консистенция. Удобрение может быть кристаллическим (мелко- и крупно-), аморфным, а также в виде гранул. К кристаллическим удобрениям относятся все азотные (за исключением цианамиды, кальция) и все калийные, к аморфным – все фосфорные и известковые. Фосфорные удобрения часто гранулируются (суперфосфаты).

Цвет удобрения устанавливается путем тщательного осмотра. Признак может несколько изменяться при транспортировке, при загрязнении пылью, а также в зависимости от технологии производства. Очищенные удобрения имеют характерный цвет.

Запах. Почти все удобрения имеют запах, но часто не стойкий, лишь цианамид кальция пахнет керосином.

2. Растворимость в воде

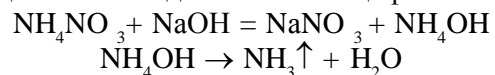
Помещают в пробирку 1-2 г удобрения, добавляют 15-20 см³ дистиллированной воды и хорошо взбалтывают. Наблюдают следующие градации: а) полностью растворимо; б) заметно растворимо (растворяется не менее половины взятого удобрения); в) слабо растворимо (растворяется менее половины взятого удобрения); г) нерастворимо. Если при взбалтывании образовалась обильная муть, заполнившая пробирку, то удобрение слабо растворимо.

К полностью растворимым и заметно растворимым относятся все азотные удобрения, а также калийные. К нерастворимым или слабо растворимым - все фосфорные и известковые.

Если удобрение растворилось полностью, то раствор разливают в пробирку и выявляют в нем наличие того или иного катиона или аниона, определяют ряд дополнительных показателей, а затем отыскивают название удобрения по схеме.

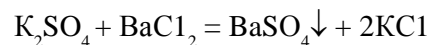
3. Реакция со щелочью

В раствор удобрения прилить несколько капель 8-10%-ного раствора щелочи (KOH или NaOH). В присутствии аммиака при взбалтывании ощущается его выделение по специфическому запаху.



4. Реакция с хлоридом бария

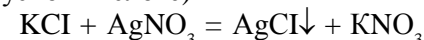
В пробирку с раствором удобрения прибавить несколько капель 5%-ного раствора хлористого бария. При наличии в удобрении иона SO₄²⁻ выпадает творожистый белый осадок BaSO₄, нерастворимый в уксусной кислоте. Убедиться в нерастворимости осадка, добавив кислоту



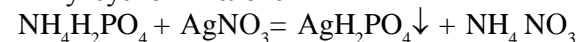
5. Реакция с нитратом серебра

К водному раствору удобрения прибавляют 2-3 капли 1-2%-ного раствора AgNO₃ и содержимое пробирки встряхивают. Реакция слу-

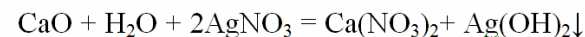
жит для обнаружения хлора (белый дымчатый осадок AgCl, нерастворимый в уксусной кислоте)



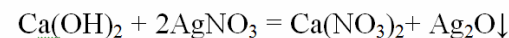
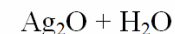
Фосфорные удобрения образуют с AgNO₃ желтоватый осадок, растворимый в уксусной кислоте



Реакция с AgNO₃ также используется для анализа известковых удобрений. Так, с негашеной и гашеной известью азотнокислое серебро дает бурый осадок закиси серебра, который растворим в уксусной кислоте



↓



6. Проба на раскаленном угле

Угольки размером с орех нагревают на электроплитке, затем берут щипцами или пинцетом, раскаляют в пламени спиртовки докрасна. На уголек насыпают щепотку удобрения, предварительно растертого в ступке и помещенного в узенькую ложечку из фольги. Наблюдают за быстротой сгорания, появлением дыма, цветом пламени, запахом. Аммиачные удобрения распознают по запаху аммиака, нитратные соединения дают вспышку, калийные потрескивают.

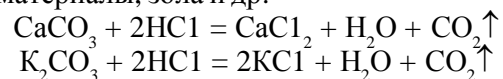
Если удобрение вспыхивает - это селитра. По цвету, пламени различают следующие селитры: натриевая - сгорает желто-оранжевым пламенем, калийная - фиолетовым, аммиачная дает бесцветное пламя, а иногда плавится, кипит с выделением аммиака.

Азотные удобрения, содержащие амидную (NH₂)⁻ и аммонийную (NH₄)⁺ группы, на раскаленном угле сгорают с выделением белого дыма и запаха аммиака. Кристаллики калийных удобрений на раскаленном угле не вспыхивают, а только слегка потрескивают и «подпрыгивают». Следует заметить, что если уголек плохо раскален (не докрасна), а кристаллики крупные, они могут лежать на угле без всяких изменений.

Фосфорные, известковые удобрения, гипс не изменяются на раскаленном угле.

7. Реакция с кислотой

В пробирку или фарфоровую чашку помещают немного сухого удобрения и капают на удобрение 2–10%-ный раствор соляной или уксусной кислоты. Если удобрение вскипает от выделяющегося углекислого газа, то оно представляет собой карбонат или содержит значительную примесь карбоната. К таким удобрениям относятся известковые материалы, зола и др.



8. Реакция водной вытяжки

В пробирку с водной вытяжкой из удобрений помещают полоску индикаторной бумаги. Суперфосфат имеет характерный запах, сероватый дает кислую реакцию за счет гипса. Другие удобрения имеют щелочную реакцию (цианамид кальция, томасшлак, известковые удобрения), у третьих - реакция нейтральная.

9. Определение магния

Проводят с помощью раствора йода в йодистом калии. Ионы магния с гидроксильным ионом воды образуют малорастворимую гидроксид магния:



Гидроксид магния с йодом дает красно-бурую окраску. Так определяют калийные и известковые, содержащие магний удобрения.

а). В калийных удобрениях

Помещают в фарфоровую чашку 1-2 капли йода и 1-2 капли (появляется бледно-желтая окраска), приливают 1-2 капли раствора удобрения. Если в удобрении содержится магний, то окраска становится красно-бурой.

б). В известковых удобрениях

В пробирку с 2-3 г удобрения приливают 2-3 см³ уксусной кислоты, взбалтывают и дают отстояться. Затем анализ проводят так же, как описано выше. Содержащие магний известняки окрашивают раствор в красно-бурый цвет, а не содержащие магния дают желтую окраску раствора.

Таким образом, сначала определяют внешние признаки: вид, цвет,

запах, влажность, консистенцию. Затем выясняют растворимость удобрения и проводят соответствующие качественные реакции. Результаты записывают в таблицу, после чего определяют название удобрения, пользуясь нижеприведенной схемой определения.

Таблица 3.1 – Свойства исследуемых удобрений

№ п/п	Название	Внешний вид, запах	Растворимость в воде	Реакция со щелочью	Реакция с BaCl ₂	Реакция с кислотой	Реакция на угле	Реакция AgNO ₃	Прочие реакции
1									
2									
3									
4									

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите основные источники загрязнения и основные загрязнители почв.
2. Какова роль удобрений для агротехнологий?
3. Назовите наиболее распространенные удобрения: а) азотные; б) фосфорные; в) калийные и г) известковые.
4. Какие признаки позволяют судить о разной растворимости удобрений?
5. Какой реакцией можно обнаружить в удобрениях:
 - а) ион аммония;
 - б) сульфат – ион;
 - в) фосфат – ион;
 - г) хлорид – ион;
 - д) карбонат – ион;
 - е) ион магния?
6. Какие удобрения позволяет обнаружить проба на раскаленном угле?

Вопросы для самоконтроля к части 3 «Контроль качества почвы»

1. Значение почвы для биосферы и человека.

2. Какие основные загрязнители почвы вам известны?
3. В чем достоинства и недостатки метода прямого счёта микроорганизмов С. Н. Виноградского в модификации О. Г. Шульгиной?
4. По какой формуле ведется расчет микроорганизмов в 1 г почвы?
5. Как называется зона почвы, прилегающая непосредственно к корням растений и в чем ее особенности?
6. Какие микроорганизмы преобладают в ризосфера зоне почвы?
7. На какие виды по Е. Ф. Березовой разделяют почвенную микрофлору?
8. Каков принцип метода изучения ризосферной и корневой микрофлоры Е. З. Теппер?
9. Какие группы ферментов участвуют в процессах детоксикации почвы?
10. Какой химический процесс катализируется ферментами каталаза, пероксидаза?
11. Назовите группы наиболее распространенных микроорганизмов почвы.
12. Какова экологическая роль микроорганизмов в почве.
13. Назовите основные источники загрязнения и основные загрязнители почв.
14. Какова роль удобрений для агротехнологий?
15. Назовите наиболее распространенные удобрения:
 - а) азотные;
 - б) фосфорные;
 - в) калийные;
 - г) известковые.
16. Какие признаки позволяют судить о разной растворимости удобрений?
17. Какой реакцией можно обнаружить в удобрениях:
 - а) ион аммония;
 - б) сульфат-ион;
 - в) фосфат-ион;
 - г) хлорид-ион;
 - д) карбонат-ион;
 - е) ион магния?
18. Какие удобрения позволяет обнаружить проба на раскаленном угле?

ЧАСТЬ 4. ЗАГРЯЗНЕНИЕ РАСТЕНИЕВОДЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ И БИОИНДИКАЦИЯ

Работа 4.1. Определение нитратов в различных овощных культурах

Нитраты – неотъемлемая часть всех наземных и водных экосистем, поскольку процесс нитрификации, ведущий к образованию окисленных неорганических соединений азота, носит глобальный характер. В то же время, в связи с применением в больших масштабах азотных удобрений, поступление неорганических соединений азота в растения возрастает. Избыточное потребление азота удобрений не только ведет к аккумуляции нитратов в растениях, но и способствует загрязнению водоемов и грунтовых вод остатками удобрений, в результате чего территория загрязнения сельхозпродукции нитратами расширяется. Однако накопление нитратов в растениях может происходить не только от переизбытка азотных удобрений, но и при недостатке других их видов (фосфорных, калийных и др.) путем частичной замены недостающих ионов нитрат-ионами при минеральном питании, а также при снижении у ряда растений активности фермента нитратредуктазы, превращающего нитраты в белки.

Ввиду этого наблюдается четкое различие видов и сортов растений по накоплению и удержанию нитратов. Существуют, например, виды овощных культур с большим и малым содержанием нитратов. Так, накопителями нитратов, являются семейства тыквенных, капустных, сельдерейных. Наибольшее их количество содержится в листовых овощах: петрушке, укропе, сельдерее, наименьшее - в томатах, баклажанах, чесноке, зеленом горошке, винограде, яблоках и др. И между отдельными сортами существуют в этом отношении сильные различия. Так, сорта моркови «шантанэ», «пионер» отличаются низким содержанием нитратов, а «нантская», «лосиноостровская» - высоким. Зимние сорта капусты мало накапливают нитратов по сравнению с летними.

Наибольшее количество нитратов содержится в сосудистых и проводящих органах растений - корнях, стеблях, черешках и жилках листьев. Так, у капусты наружные листья кочана содержат в 2 раза больше нитратов, чем внутренние. А в жилке листа и кочерыжке содержание нитратов в 2-3 раза больше, чем в листовой пластинке. У кабачков, огурцов и т.п. плодов нитраты убывают от плодоножки к верхушке.

В результате употребления продуктов, содержащих повышенное количество нитратов, человек может заболеть метгемоглобинией. При этом заболевании ион NO_3^- взаимодействует с гемоглобином крови, окисляя железо, входящее в гемоглобин, до трехвалентного, а образовавшийся в результате этого метгемоглобин не способен переносить кислород и человек испытывает кислородную недостаточность - задыхается при физических нагрузках. В желудочно-кишечном тракте избыточное количество нитратов под действием микрофлоры кишечника превращается в токсичные нитриты, а далее возможно превращение их в нитрозоамины - сильные канцерогенные яды, вызывающие опухоли. В связи с этим при употреблении в пищу растений - накопителей нитратов важно нитраты употреблять в малых дозах. Содержание нитратов можно уменьшить вымачиванием, кипячением продуктов (если отвар не используется), удалением тех частей, которые содержат большое количество нитратов.

Допустимые нормы нитратов (по данным ВОЗ) составляют 5 мг (по нитрат-иону) в сутки на 1 кг массы взрослого человека, т. е. при массе 50-60 кг - это 220-300 мг, а при 60-70 кг - 300-350 мг.

Целью работы является обучение методам определения нитратов в различных видах, сортах, тканях и частях овощной продукции с использованием выжатого сока и целых растений, а также очень простому и быстрому потенциометрическому методу количественного определения нитратов в овощах и фруктах с использованием потенциометра (рН-метра) и ионоселективного электрода на нитрат-ион.

а). Определение нитратов в соке растений

Оборудование: 1) ступки малые с пестиками; 2) предметные стекла; 3) марлевые салфетки; 4) мелкие емкости - пузырьки из-под пенициллина с пробками; 5) пипетки химические на 5 см³; 6) пипетки медицинские; 7) скальпели.

Реактивы и материалы: 1) 1%-ный раствор дифениламина в концентрированной серной кислоте; 2) исходный раствор NaNO_3 для построения калибровочной кривой; 3) дистиллированная вода; 4) термостойкий химический стакан на 0,5-1 дм³ для кипячения овощей; 5) электроплитка; 6) части различных овощей, содержащих наибольшее количество нитратов, с неокрашенным соком (капуста, огурцы, кабачки, картофель, дыня и др.).

Ход работы

Овощи, купленные в магазине или принесенные с собственного участка, вымыть и обсушить.

В один из пузырьков налить 10 см³ исходного раствора NaNO_3 , соответствующего по концентрации максимальному содержанию нитратов в овощах (см. табл. 4.1) - 3000 мг на кг. Следует отметить, что в отдельных органах растений встречаются и более высокие концентрации нитратов.

Таблица 4.1 – Определение баллов и содержания нитратов в растениеводческой продукции по интенсивности окраски (Церлинг, 1965)

Баллы	Характер окраски	Содержание нитратов, мг/кг
6	Сок или срез окрашиваются быстро и интенсивно в иссиня-черный цвет. Окраска устойчива и не пропадает	>3000
5	Сок или срез окрашиваются в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время	3000
4	Сок или срез окрашиваются в синий цвет. Окраска наступает не сразу	1000
3	Окраска светло-синяя, исчезает через 2-3 минуты	500
2	Окраска быстро исчезает, окрашиваются главным образом проводящие пучки	250
1	Следы голубой, быстро исчезающей окраски	100
0	Нет ни голубой, ни синей окраски. На целых растениях возможно порозовение	0

Приготовить серию калибровочных растворов путем разбавления пополам предыдущего (например, к 3 см³ исходного раствора прибавляется 3 см³ дистиллированной воды; взболтать и т.д.). Получить серию растворов с разным содержанием нитратов: 3000, 1500, 750, 375, 188, 94, 47, 23 мг/кг.

Основой для определения содержания нитратов в соке должны быть собственные исследования, а не вышеприведенная таблица, т. к. окраска может варьировать в зависимости от качества реактивов, срока их годности, температуры в помещении и др.

Овощи и плоды расчленить на части: зона, примыкающая к плодоножке, кожура, периферийная часть, срединная часть, кочерыжка (у капусты), жилки, лист без жилок. Вырезанные части мелко измельчить ножом и быстро растереть в ступке, сок отжать через 2-3 слоя марли. 2 капли сока поместить с помощью пипетки на чистое предметное стекло, положенное на белую бумагу, добавить 2 капли дифениламина. Быстро описать все наблюдаемые изменения, сравнить с данными таблицы. Повторность опыта 3-кратная. В случае сомнений в содержании нитратов в той или иной части овощной продукции капают рядом калибровочный раствор с известной концентрацией вещества и повторяют реакцию с дифениламином.

Анализ начинать с сока капусты и картофеля, затем поместить эти овощи в термостойкий химический стакан с кипящей дистиллированной водой и кипятить 10-15 мин, затем провести анализ отварных овощей и отвара. Во время варки овощей сделать анализ различных частей других овощей и плодов (не менее четырех видов). Записать в общую таблицу на доске и в тетради.

Схема записи
Содержание нитратов в различных овощах и плодах

Исследуемое растение	Части овощей	Содержание нитратов, мг/кг	Баллы
1	2	3	4
Картофель свежий	а) под кожурой; б) срединная часть		
Картофель отварной	Те же части		

Продолжение схемы записи

1	2	3	4
Капуста	а) жилки; б) кочерыжки; в) лист		
Капуста отварная	Те же части		
Отвар			

б). Определение нитратов в целых растениях

Ход работы

Отрезать у свежих растений части в виде толстых срезов: куски стеблей, черешков, плодов. Положить их на полоску восковой бумаги. Нанести пипеткой на различные части среза по несколько капель 1%-ного раствора дифениламина в серной кислоте, отметить окрашивание и сравнить с показаниями в табл. 4.1. При малых и следовых концентрациях нитратов в продукции вместо синей окраски может наступить порозовение ткани. Это результат ее обугливания серной кислотой в реактиве дифениламина.

в). Определение нитратов методом ионоселективных электродов

В стаканчик вместимостью 100 см³ поместить 10 г свежеразмолотых плодов или овощей, прилить 50 см³ 1%-ного раствора алюмокалиевых квасцов, взболтать в течение т 3–5 мин. Нитрат-ион определить ионоселективными методом с использованием потенциометра (рН-метра). Калибровку сделать по KNO₃.

Приготовление реактивов

1) 1%-ный раствор дифениламина в серной кислоте: 1 г дифениламина растворить в 99 г концентрированной серной кислоты (плотность 1,84). Это соответствует приблизительно 54 см³ H₂SO₄.

Расчет:

$$P = m/V; \quad V = m/P = 53,8 \text{ см}^3,$$

где: P – плотность; m – масса; V – объем.

2) Исходный раствор NaNO₃ для построения калибровочной кривой.

Если растворить 1 г NaNO_3 в 1 дм³ воды, то это будет соответствовать 729 мг/кг нитратов (по нитрат-иону):

$$85 - 1000 \text{ мг (1 г);}$$

$$62 - X;$$

$$X = 62 \cdot 1000 / 85 = 729 \text{ мг/кг,}$$

где: 85 – молекулярная масса NaNO_3 ; 62 – молекулярная масса нитрат-иона (NO_3^-).

Однако, согласно табл., наибольшее содержание нитратов в распространенных видах овощей – 3000 мг/кг.

$$729 - 1000 \text{ мг (1 г);}$$

$$3000 - X;$$

$$X = 3000 \cdot 1000 / 729 = 4,11 \text{ г,}$$

т. е. надо растворить 4,11 г соли в 1000 см³ дистиллированной воды. Однако при небольшом количестве анализов в учебных целях достаточно и 100 см³, т. е. 411 мг NaNO_3 нужно растворить в 100 см³ воды.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие растения являются накопителями нитратов?
2. В каких частях растений накапливается большее содержание нитратов?
3. Чем опасно избыточное содержание нитратов в организме человека?
4. Каковы допустимые нормы нитратов (по данным ВОЗ) в сутки на 1 кг массы взрослого человека?

Работа 4.2. Влияние солей тяжелых металлов на коагуляцию растительных и животных белков

К тяжелым металлам (ТМ) относится относительно большая группа химических элементов с плотностью выше 5 г/см³ и относительной атомной массой более 40. Эту группу составляют медь, цинк, марганец, железо, никель и другие металлы, в небольших количествах необходимые как животным, так и растениям. Среди тяжелых металлов, не относящихся к необходимым питательным элементам, наиболее распространены Cd и Pb. Загрязнение ими среды обусловлено:

- сжиганием жидкого и твердого топлива;
- выбросами металлургического производства;
- сбросом сточных вод, в которых Pb и Cd содержатся в повышенных количествах;
- внесением в почву химикатов, в том числе удобрений.

Связываясь на поверхности клеток или проникая в них, ТМ могут взаимодействовать с функциональными группами белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов и других соединений, а также замещать ионы других металлов, связанные с этими группами. В результате возникают различные нарушения метаболизма, начинающиеся с момента поступления ТМ в растения.

Целью работы является наглядно показать действие солей тяжелых металлов на животные и растительные белки, выявляя разницу в реакции белков разного происхождения.

Оборудование: пробирки - 16 шт.; пузырьки из-под пенициллина - 8 шт.; стаканчик - 1 шт.; пипетка на 1 см³ - 1 шт.; пипетка аптечная - 2 шт.; 6) стеклограф; 7) фильтровальная бумага;

Реактивы и материалы: 5%-ный раствор CuSO_4 ; 5%-ный раствор $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; дистиллированная вода; животный белок (куриного яйца); растительный белок (зернового гороха, сои, фасоли и др.).

Приготовление растворов белков

а). У куриного яйца отделить белок в мерный стаканчик, размешать его стеклянной палочкой в дистиллированной воде в соотношении 1:10. Затем профильтровать.

б). Зерновой горох перемолоть в муку в кофемолке, развести в соотношении 10 г гороховой муки на 50 см³ 10%-ного NaCl или KCl. Профильтровать.

Ход работы

Приготовить в пузырьках от пенициллина серию растворов сульфата меди CuSO_4 и нитрата свинца $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ из исходного 5%-ого раствора (2,5%; 1,25%; 0,62%). В 8 пробирок пипеткой внести по 1 см³ животного белка, а в другие 8 - по 1 см³ растительного белка (для обеих солей всего 8 растворов). В каждую пробирку добавить по 2 капли одного из указанных растворов испытуемых солей. Все пробирки пометить стеклографом. Рассмотреть характер коагуляции на темном фоне (черной бумаги, доски и др.). Наблюдения записать в таблицу.

Схема записи результатов

Таблица 4.2 – Влияние концентрации солей на коагуляцию растительных и животных белков

Вид белка	Формула и концентрация солей тяжелых металлов, масс. %							
	5		2,5		1,25		0,62	
	$CuSO_4$	$Pb(NO_3)_2$	$CuSO_4$	$Pb(NO_3)_2$	$CuSO_4$	$Pb(NO_3)_2$	$CuSO_4$	$Pb(NO_3)_2$
Растительный								
Животный								

Вопросы для самоконтроля

1. Какие элементы относятся к тяжелым металлам?
2. Чем обусловлено загрязнение окружающей среды соединениями тяжёлых металлов?
3. Каковы последствия воздействия соединений тяжелых металлов на животные и растительные белки?
4. Проведите сравнительный анализ наблюдаемых изменений и установите, при которой концентрации раствора и в присутствии какой соли происходит коагуляция белков наиболее быстро?

Работа 4.3. Биоиндикация влияния солей тяжелых металлов на коагуляции белка вермикультурой *Eisenia foetida*

Чувствительность земляных червей к ионам тяжелых металлов используется как индикатор степени загрязнения почв тяжелыми металлами. Установлено, что медь, цинк, кадмий и свинец угнетают жизнеспособность и плодовитость дождевых червей, вызывая коагуляцию нативных белков. При концентрации в почве 150 мг/кг $CuSO_4$ в поверхностном слое почвы численность дождевых червей снижается на 50 %, а при 260 мг/кг черви полностью исчезают.

Жизнеспособность червей *Eisenia foetida* полностью подавляется при содержании в почве ионов: Cu - 50 мг/кг, Ni - 400 мг/кг, Zn и Pb - 5000 мг/кг.

В связи с тем, что биомасса червей может быть использована в качестве кормовой добавки для животных, исходного материала различных лекарственных препаратов и косметических средств, в питании человека, необходим строгий контроль указанных продуктов на содержание тяжелых металлов.

Цель: провести биоиндикации негативного влияния солей тяжелых металлов (меди и свинца) на белки вермикультуры *E. foetida*.

Материалы и реактивы: пробирки - 8 шт., стаканчик - 1 шт., пипетка на 1 мл - 1 шт., пипетка аптечная - 2 шт., стеклоглаф, 10 % раствор $CuSO_4$, 10 %-й раствор $Pb(NO_3)_2$, дистиллированная вода, белок червя *Eisenia foetida*.

Ход работы

Приготовить в пузырьях от пенициллина серию растворов сульфата меди и нитрата свинца из исходного 10 %-го раствора (5 %, 2,5 %; 1,25 %). В 4 пробирки пипеткой внести по 1 мл червячного белка. В каждую пробирку добавить по 2 капли одного из указанных растворов испытываемой соли. Все пробирки заметить стеклоглафом. Рассмотреть характер коагуляции на темном фоне (черная бумага, доска). Результаты внести в табл. 4.3.

Таблица 4.3 – Результаты коагуляции

Название соли	Концентрация раствора			
	10 %	5 %	2,5 %	1,25 %

Задача. Определить предельную концентрацию солей тяжелых металлов, при которых происходит коагуляция белка.

Вопросы для самоконтроля

1. Назвать биообъекты, которые используются как индикатор степени загрязненности почв тяжелыми металлами.
2. На какие вещества живых организмов в первую очередь направлено действие солей тяжелых металлов?

3. Почему черви могут использоваться как тест - объект для биоиндикации тяжелых металлов?
4. Назвать критические величины концентраций солей тяжелых металлов в организмах червей.

Работа 4.4. Влияние активной кислотности среды и солей тяжелых металлов на изменение цвета флавоноидных пигментов различных цветковых растений

Известно, что яркая окраска цветов, плодов, а иногда и побегов, обусловлена в основном пигментами флавоноидной природы. Флавоноиды – это гетероциклические кислородсодержащие красящие вещества, обеспечивающие разнообразную гамму окрасок цветков: красную, алую, фиолетовую, синюю, желтую, оранжевую и смешанные тона – розово-лиловую, лилово-фиолетовую, голубовато-синюю, желто-кремовую, цвета слоновой кости и др. Они входят в обширную группу фенольных веществ, широко распространенных среди растений. В эту группу красящих веществ входят родственные соединения: флавоны, флавонолы, антоцианы, ауруны, халконы, катехины и др. Некоторые из них широко известны. Например, флавонолы чая (кверцетин и рутин) обуславливают его цвет и физиологическую активность. Среди пигментов наиболее распространены антоцианы. Они определяют всю гамму расцветок от оранжевого до темно-лилового, к менее распространенным относятся некоторые флавонолы, ауруны и халконы. Они придают растениям цвет от желтого до оттенков слоновой кости.

Присутствие антоцианов помогает интенсивному поглощению световой энергии. Часть ее превращается в тепло, способствуя повышению температуры органа. Это позволяет растениям приспособиваться для лучшего улавливания световой энергии солнца. При этом синие и фиолетовые пигменты поглощают энергии больше, чем красные. Вот, почему растения с синими и сине-фиолетовыми цветками более распространены в экстремальных условиях Севера и высокогорий.

Яркая окраска цветков способствует их опылению, а у плодов - распространению птицами. Флавоноидные пигменты выполняют так-

же защитную функцию, повышая сопротивляемость растений болезням, устойчивость к неблагоприятным факторам среды.

Предшественниками антоцианов являются бесцветные пигменты - лейкоантоцианы, которые содержатся в листьях, коре, тканях древесины. Некоторые авторы относят к предшественникам этих пигментов ауруны и халконы (желтые, желто-белые и кремовые оттенки), так как они при некоторых условиях могут переходить в антоциан. Однако они менее распространены и имеются лишь у отдельных растений, например, в венчике кислицы поникшей, желто-белого львиного зева.

Содержание антоцианов в растениях колеблется в широких пределах: от 0,7% до 24% (у красных георгин). В фиолетовых цветках обнаружено 33% антоцианов. Название антоциановых пигментов, как правило, дается по названию цветка, из которого он был выделен впервые, а цвет зависит от числа гидроксильных групп, метильных или гликозидных остатков.

Наиболее изучены следующие виды антоцианов:

1) красный пеларгонидин, который находится в виде гликозидов в цветках герани розовой, васильков, георгин, ягодах земляники, в кожуре алой редьки посевной, а его предшественник (лейкопеларгонидин) – в эндосперме пшеницы, в кожуре фасоли;

2) малиновый цианидин в сложных формах и соединениях содержится в цветках васильков, роз, астр, тюльпанов, розово-лилового львиного зева, в ягодах брусники, смородины, рябины, в плодах ежевики, малины, вишни, терна, листьях бука лесного;

3) розово-лиловый дельфинидин встречается в цветках живокости (дельфиниума), в ягодах черники, винограда, цветках петунии, мальвы, в соке граната, в кожуре сине-фиолетового баклажана, в лепестках пролески лесной, садового гиацинта и др.

Встречаются и другие, менее распространенные группы антоцианов или их производных (гесперидин, петунидин, мальвидин).

Антоцианы имеются почти во всех растительных тканях: в венчиках цветков, тычинках, корнях, стеблях и т. д. Во фруктах и овощах они содержатся в эпидермальном слое, а у некоторых сортов вишен, черешен, винограда - и в эпидермисе, и в мякоти. В листьях окраска антоцианов (или их предшественников) часто маскируется хлорофиллом.

В других случаях окраска растений (со сходными оттенками) обусловлена другой большой группой пигментов. Это - каротиноиды, содержащиеся преимущественно в пластидах и обуславливающие гамму расцветок желтого, оранжевого и красного цвета. Этот цвет в цветах календулы - ноготков, а также в расцветке осенних листьев. В сравнительно больших количествах каротиноиды содержатся в тканях и структурах, связанных с размножением. Это спорофиллы и спорангии плаунов, хвощей, папоротников, хвойных, цветковых растений (тычинки и пестики), у которых преобладает желтая, бурая и красная окраски. Эта группа пигментов распространена у представителей семейств лютиковых, лилейных, кувшинковых, крестоцветных, пасленовых, тыквенных, норичниковых, сложноцветных; они содержатся в листьях крапивы, люцерны, клевера, шпината, в кожице красного перца, в плодах абрикоса, рябины, облепихи, апельсинов, мандаринов, хурмы, банана, дыни, томатов, в цветках календулы, нарцисса, одуванчиков. В зеленых растениях каротиноиды часто замаскированы хлорофиллом и появляются только при его разрушении в период созревания плодов, осеннего расцветивания листьев, стрессах.

Таким образом, пигментация растений (особенно желто-оранжевых тонов) очень сходна у двух групп пигментов (флавоноиды и каротиноиды) и полезно было бы их различать. Эти различия следующие.

1. Каротиноиды нерастворимы в воде, но растворимы в органических растворителях (сероуглероде, ацетоне и реже - в спирте, петролейном эфире, хлороформе). Флавоноиды хорошо экстрагируются горячей водой, этанолом.

2. Каротиноиды хорошо растворяются в жирах, окрашивая растворы в оранжевый, желтый и красный цвета, флавоноиды - нерастворимы в жирах.

3. Каротиноиды устойчивы к щелочам и чувствительны к действию кислот, флавоноиды реагируют на те и другие. Щелочной дым сигареты часто выявляет антоцианы, образующиеся из своих предшественников.

4. Каротиноиды флуоресцируют в ультрафиолетовом свете от слабо-желтого до зеленоватого цвета, флавоноиды светятся голубым, голубовато-зеленым, желтым, желто-зеленым светом, усиливающимся в парах 2%-ного раствора аммиака.

5. Фенольные соединения имеют целый ряд специфических реакций:

а). При обработке очищенных пятен фенольных веществ на бумажных хроматографах 1-2%-ным спиртовым раствором хлористого железа ($FeCl_2$) появляется сине-зеленоватое окрашивание.

б). Обработка пятен 1-2%-ным спиртовым раствором хлористого алюминия ($AlCl_3$) дает фиолетово-голубое, желто-оранжевое, желтое, голубое окрашивание (в зависимости от класса веществ) при кратковременном нагревании.

Разнообразие окрасок флавоноидных пигментов в природной обстановке, их изменчивость, под влиянием факторов побудили ученых к выяснению причин этого явления. Было выяснено, что антоцианы и другие окрашенные и бесцветные родственные соединения (халконы, ауроны, флавонолы, катехины и др.) могут менять свою окраску в связи с изменением условий среды (холодные условия севера, высокогорий, заморозки, недостаток элементов питания, избыток одного из них, изменение рН среды и клеточного сока, стрессы и др.). Так, антоциановое окрашивание различных органов появляется у растений в неблагоприятных условиях среды, что связано с усилением интенсивности защитных окислительных процессов.

Давно замечено, что фенольные пигменты могут менять свою окраску в комплексе с металлами. Так, обычным цветом для антоцианов является пурпурно-красный, однако в соединениях с магнием, железом, алюминием их цвет в лепестках венчиков цветков меняется на голубой. Одной из причин появления интенсивного синего цвета является образование весьма сложных комплексов антоцианов с определенными металлами. Природа металла влияет на характер окраски: так, при комплексе с молибденом возникает фиолетовая окраска, с железом - синяя, с медью - белая. В некоторых опытах под влиянием солей меди окраска лепестков розы и мака менялась на голубую и даже черную. Изменение окраски у антоцианов наблюдалось и при разных рН. Так, при рН меньше 6 - окраска карминно-красная, при 6 - фиолетовая, при 8 - синяя, при 10 - зеленая. Кислая почвенная среда вызывает изменение окраски и в природных условиях. Так, у герани лесной с синими цветками на кислых почвах - розовые лепестки. Синие лепестки гиацинта, растущего вблизи муравейника, становятся красными под действием муравьиной кислоты. Лепестки примул в парах аммиака приобретают фиолетовую окраску, в парах уксусной кислоты - красную. Спиртовая вытяжка из краснокочанной капусты - красно-фиолетового цвета, при рН = 4-5 - ро-

зовая, при pH = 2-3 - красная, при 7 - синяя, при 8 - зеленая, при 9 - желто-зеленая.

Все переходы окраски цветков у антоцианосодержащих растений известны, однако усиливающееся загрязнение окружающей среды дает дополнительную информацию относительно использования этого показателя в качестве индикатора. Так, в результате выпадения кислых осадков появляются красные или зеленовато-синие пятна на желтоокрашенных плодах яблок, персиков, абрикосов, пурпурные с разными оттенками пятна и точки - на листьях древесных и кустарниковых пород; появляются голубовато-черные пятна на лепестках отдельных видов растений, произрастающих в городе, что является предшественником некрозов. Покраснение и побронзовение хвоинок или их кончиков в загрязненной городской среде является признаком их частичного или полного отмирания впоследствии. Особенно сильно такие пятна или красноватая окантовка наблюдаются у белых цветков (например, у белых гладиолусов), что обусловлено превращением лейкоантоцианов (бесцветных предшественников) в антоцианы.

Оборудование: пробирки в штативе (8-10 штук); стеклянные палочки; медицинские пипетки; ступки малые с пестиками; воронки малые; марля.

Реактивы и материалы: горячая дистиллированная вода; 5-10%-ные растворы H_2SO_4 , HCl , NH_4OH , 5%-ные растворы солей тяжелых металлов: $Pb(NO_3)_2$, $FeCl_3$, $SnSO_4$, $CuSO_4$, $CoSO_4$; средне- и слабоокрашенные лепестки цветков, содержащих антоцианы или их предшественники; пионы, маки, розы, герани (можно высушенные), цветущие комнатные растения со средне- или слабоокрашенными цветками, содержащими антоцианы или их предшественники; кусочки лука и капусты фиолетовых сортов.

Ход работы

1). Комочек ваты размером с просяное зерно смочить в одном из растворов кислот, аммиака, солей, прикрепить лейкопластырем к листу или лепестку цветущего растения, выдержать 1-4,5 часа, затем снять. Реакцию учитывают как во время текущего занятия, так и через одну-две недели.

2). Кусочки лепестков свежих цветков, срезанную чешую фиолетового лука или листья фиолетовой капусты поместить в малую чаш-

ку Петри, залить полностью или частично (в виде накалывания) растворами кислот, аммиака или солей тяжелых металлов и проследить за изменением окраски.

3). Лепестки сухих или свежих антоцианосодержащих растений залить горячей дистиллированной водой, чтобы они размякли, растереть пестиком до состояния жидкой кашицы. Выжать через марлю и разлить по пробиркам, оставив образец раствора для контроля. Добавить поочередно в каждую пробирку по несколько капель кислот (имитация кислых осадков), аммиака, растворов солей тяжелых металлов. Описать последовательное изменение окраски.

4). Белые, цвета слоновой кости или желтоватые цветки, содержащие антоцианы или их предшественники, окурить парами аммиака или дымом сигареты. Какие происходят изменения окраски?

Схема записи опытов

Таблица 4.4.1 – Изменение цвета флавоноидов под действием реагентов, имитирующих загрязнение окружающей среды

Название растений	Изменение цвета под действием реагентов								
	контроль	H_2SO_4	HCl	NH_4OH	$Pb(NO_3)_2$	$FeCl_3$	$CuSO_4$	$CoSO_4$	$SnSO_4$

Вопросы для самоконтроля

1. Какие растения и на основе каких свойств указывают на наличие тяжелых металлов в растениях?
2. На какой из видов белков (животный или растительный) сильнее всего действует: а) $CuSO_4$ и б) $Pb(NO_3)_2$?
3. Какая соль (свинца или меди) сильнее действует: а) на животный белок; б) на растительный белок. Почему?

**Вопросы для самоконтроля к 4 части
«Загрязнение растениеводческой продукции
и биоиндикация»**

1. Какие растения являются накопителями нитратов?
2. В каких частях растений накапливается большее содержание нитратов?
2. Чем опасно избыточное содержание нитратов в организме человека?
3. Каковы допустимые нормы нитратов (по данным ВОЗ) в сутки на 1 кг массы взрослого человека?
4. Какие элементы относятся к тяжелым металлам?
5. Чем обусловлено загрязнение окружающей среды соединениями тяжёлых металлов?
6. Каковы последствия воздействия соединений тяжелых металлов на животные и растительные белки?
7. Проведите сравнительный анализ наблюдаемых изменений и установите, при какой концентрации раствора и в присутствии какой соли происходит коагуляция белков наиболее быстро?
8. Назвать биообъекты, которые используются как индикатор степени загрязненности почв тяжелыми металлами.
9. На какие вещества живых организмов в первую очередь направлено действие солей тяжелых металлов?
10. Почему черви могут использоваться как тест - объект для биоиндикации тяжелых металлов?
11. Назвать критические величины концентраций солей тяжелых металлов в организмах червей.
12. Какие растения и на основе каких свойств указывают на наличие тяжелых металлов в растениях?
13. На какой из видов белков (животный или растительный) сильнее всего действует: а) CuSO_4 и б) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$?
14. Какая соль (свинца или меди) сильнее действует:
а) на животный белок;
б) на растительный белок. Почему?

**ЧАСТЬ 5.
УТИЛИЗАЦИЯ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ**

По расчетам академика И.В. Петрянова-Соколова, только 2% добываемых природных материалов вовлекается в промышленное производство, остальное становится отходами. По другим расчетам, используемые компоненты составляют не более 50% извлекаемого сырья. Но и эта цифра свидетельствует о появлении и накоплении огромного количества вещества, изъятого из естественных условий нахождения в геосфере, преобразованного и превращенного в отходы. Отходы производства – все то, что образуется в процессе производства или после завершения его цикла, кроме продуктов в виде энергии или веществ – предметов производства.

Согласно этому определению к отходам производства относятся остатки многокомпонентного природного сырья после извлечения из него целевого продукта, например пустая рудная порода, шлаки и зола тепловых электростанций, доменные шлаки и горелая земля, металлическая стружка машиностроительных предприятий и т. д. Кроме того, к ним относятся значительные отходы лесной, деревообрабатывающей, текстильной и других отраслей промышленности, дорожно-строительной индустрии и современного агропромышленного комплекса (навозохранилища, неиспользованные химические удобрения и пестициды, необустроенные кладбища погибших животных, во время эпидемий и др.).

В принципе отходами производства являются и вещества, содержащиеся в отходящих технологических газах (дымовые) или в сточных водах предприятий, использующих воду в технологических процессах. Эти газообразные и жидкие виды отходов обычно рассматриваются в рамках экологических проблем загрязнения атмосферного воздуха и водного бассейна Земли и их охраны.

В промышленной экологии под отходами производства понимают отходы, находящиеся в твердом агрегатном состоянии (некоторые газообразные и жидкие отходы могут переходить в твердую фазу, например, в фильтрах или отстойниках). То же относится и к отходам потребления – промышленным и бытовым.

Все многообразие твердых отходов классифицируют следующим образом.

Отходы потребления – изделия и материалы, утратившие свои потребительские свойства в результате физического (материального) или морального износа. Промышленные отходы потребления – машины, станки и другое устаревшее оборудование предприятий.

Бытовые отходы – отходы, образующиеся в результате жизнедеятельности людей и удаляемые ими как нежелательные или бесполезные. К твердым бытовым отходам относят картон, газетную, упаковочную или потребительскую бумагу, всевозможную тару (деревянная, стеклянная, металлическая), вышедшие из употребления или утратившие потребительские свойства предметы и изделия из дерева, металла, кожи, стекла, пластмассы, текстиля и других материалов, сломанные или устаревшие бытовые приборы – мусор, а также сельскохозяйственные и коммунальные пищевые отходы – отбросы.

Особую категорию отходов (главным образом, промышленных) составляют **радиоактивные отходы** (РАО), образующиеся при добыче, производстве и использовании радиоактивных веществ в качестве горючего для атомных электростанций, транспортных средств (например, атомные подводные лодки) и других целей.

Большую опасность для окружающей среды представляют **токсичные отходы**. Причем, в их число входит часть отходов неопасных на стадии своего появления. Токсичность они приобретают во время хранения.

Отходы, которые не используются (или не подлежат использованию), направляются на захоронение на санкционированные свалки – полигоны.

Санкционированные свалки - это такое складирование твердых бытовых отходов, которое предусматривает долговременную переработку отходов при участии кислорода воздуха и микроорганизмов. Свалки - это наименее цивилизованный способ обезвреживания твердых бытовых отходов, так как продуктами обезвреживания являются продукты неполного распада органического вещества. В процессе гниения отходов образуются токсичные, дурнопахнущие и горючие газы (например, NH_3 , H_2S , CH_4 и т.д.) а также фильтрат, чрезвычайно опасный в санитарном отношении, так как количество бактерий кишечной группы в нем в 2–3 раза больше, чем в стоках городской канализации.

Мусоросжигательные заводы являются более эффективным способом обезвреживания твердых бытовых отходов по сравнению с санкционированными свалками. Но он также оказывает существенное негативное воздействие на окружающую среду. В результате сжигания отходов образуются отходящие газы, содержащие в своем составе SO_2 , HCl , HF , NO_x , CO_2 , летучую золу и т.д. Если для очистки газов используется вода, то после очистки газов она содержит альдегиды, хлориды, сульфаты, фосфаты и т.д. В процессе сжигания мусора также образуется шлак, состоящий из мелкозернистых негоревших частиц органики, металла, стекла, камней и т.д., который загрязняет почву инертными материалами. Поэтому при их проектировании обязательно предусматривается очистка выбросов. Производительность таких заводов составляет примерно 720 т/сут. при круглогодичном и круглосуточном режиме работы.

Мусороперерабатывающие заводы - это наиболее перспективный метод обезвреживания твердых бытовых отходов, причиняющий наименьший ущерб окружающей среде. Основными продуктами переработки твердых бытовых отходов является компост, находящий применение в сельском хозяйстве как удобрение, и некомпостируемый остаток (камни, глиняные черепки, пластмассы, стекло), представляющий собой обезвреженную массу и составляющий до 30% от объема исходного мусора. Мусороперерабатывающие заводы по переработке бытовых отходов действуют во многих городах, причем полная переработка мусора позволяет городу с населением в 1 млн. человек получать до 1500 тонн в год металла и почти 45 тыс. тонн в год компоста. В сельскохозяйственных районах строятся заводы по переработке старой полиэтиленовой пленки. Например, из собранной за год (более 1500 тонн), очищенной от грязи пленки получают 1300 тонн труб, которые используются в мелиорации и в крупнопанельных домах.

В нашей стране еще в 1991 году была разработана программа, предусматривающая переход на безотходные и малоотходные производства, обеспечивая при этом независимость экологической экспертизы и создание кадастра вторичных ресурсов для учета вторичного сырья.

Переработка промышленных отходов должна предшествовать их захоронению на полигонах-свалках для обеспечения экологической безопасности при их хранении, уменьшения первоначальных объемов.

Одновременно в процессе переработки из отходов можно извлечь ценные компоненты или получить новые материалы.

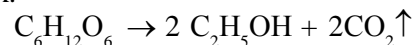
На сегодняшний день не существует промышленных отходов, которые нельзя было бы переработать тем или иным способом. Правда, при этом велики расходы энергии и себестоимость единицы массы переработанных отходов. Именно это сдерживает применение способов переработки и одновременно стимулирует разработку новых экологически и экономически эффективных технологий.

Биотехнологические методы должны оказаться очень полезными и эффективными при переработке отходов пищевой отрасли промышленности, агропромышленного комплекса, а также коммунального хозяйства – областях, где утилизация отходов развита в наименьшей степени.

Цель работ, представленных в этом разделе, показать значение основных биотехнологических методов для решения глобальных вопросов экономики в создании безотходных и малоотходных технологий и научить студентов пользоваться простыми технологиями утилизации твердых отходов.

Работа 5.1. Метод получения этанола из продуктов растениеводства

Еще в семидесятые годы многие страны столкнулись с энергетическим кризисом. Это коснулось в первую очередь государств-импортеров нефти (Бразилия и другие южноамериканские страны, Франция, Япония, Филиппины). Цены на нефть непрерывно росли в связи с постоянным истощением мировых нефтяных ресурсов, снижением эффективности работающих скважин у стран экспортеров. Представлялось более разумным ввести заменители традиционных источников горючего, одним из которых предлагался этиловый спирт. Последний легко получить из простых сахаров (сахароза из тростинка или свеклы) путем давно известной реакции спиртового брожения в анаэробных условиях:



Можно использовать также растения, содержащие крахмал – полисахарид, который легко разложить на простые сахара (глюкозу). К таким растениям относятся злаковые культуры (пшеница, кукуруза,

сахарное сорго), а также картофель, ямс, отходы после консервирования ананасов, бананов. Вопрос стоял об экономической выгоде этого мероприятия, которое требовало больших энергетических затрат по перегонке спирта из сброженного продукта. На первых этапах представлялось более выгодным получение спирта химическим путем из нефти, однако исследовательская и практическая мысль все время возвращалась к первому варианту. Это связано с относительной дешевизной получения некоторых растительных продуктов (например, сахарного сорго, кукурузы, картофеля). В качестве ферментного источника для брожения помимо известных дрожжей были выбраны более эффективные и быстро сбраживающие виды и штаммы бактерий, которые работали при более высоких температурах (40°C и выше), чем дрожжи, и могли разложить более сложные цепочки полисахаридов (волокна хлопчатника, солому, отходы фуража, древесную щепу) до более простых сахаров и затем спирта. Так, в США из одной тонны старого картона или соломы после гидролиза целлюлозы и последующего сбраживания глюкозы с помощью микроорганизмов получали 150 л спирта (Сасош, 1987).

Широко используется также топинамбур (земляная груша), дающая в условиях Америки высокие урожаи. Основным углеводом в этом случае является инулин, после гидролиза и брожения которого получается ацетобутанол, тоже пригодный как горючее.

Для замены бензина как горючего использовался чистый (99%) этанол, обводненный этанол (94%), смесь его с бензином: бензоэтанол (этанол 20% и 80% бедаина), газохол (6-9 частей бензина и 1 часть спирта). Последняя смесь предлагалась на 800 станциях обслуживания США. В настоящее время разработаны виды и штаммы микроорганизмов, работающих при температуре, 65-75°C, посредством которых можно получить этиловый спирт и другие продукты практически из всех видов органических отходов сельского хозяйства, лесной промышленности, сахарных заводов. Сейчас ведется работа по снижению энергозатрат при получении этанола - наиболее экологически чистого вида топлива.

Работа предлагает простой и давно известный способ получения этанола из простых и доступных продуктов: сахарной свеклы, картофеля, топинамбура и еще проще - из сахара.

Оборудование: 1) бутылка для сбраживания продуктов, содержащих углеводы, с пробкой и отводной трубкой; 2) стакан; 3) кругло-

донная колба; 4) шлифы; 5) стеклянный спиралеобразный охладитель; 6) приемная колба; 7) воронка; 8) песчаная баня; 9) электроплитка с закрытой спиралью; 10) терка; 11) марля; 12) испарительная чашка.

Материалы: сахарная свекла, картофель, сахар, дрожжи.

Заранее приготовить закваску, из дрожжей и небольшого количества сахара и муки. Можно использовать «дикие дрожжи», содержащиеся на невымытых ягодах (особенно на винограде).

Ход работы

I способ. Очищенную сахарную свеклу или топинамбур измельчить на терке. Через двойной слой марли выжать сок, затем налить в бутылку на 2/3 ее емкости. В сок ввести закваску из дрожжей, закрыть плотно пробкой с отводной трубкой (процесс анаэробный), конец ее опустить в стакан с водой (рис. 4.1.1). Всю систему поставить в теплое место (лучше при температуре 36-40°C). О начале брожения можно судить по образованию пузырьков газа, поступающие в стакан с водой, и пены внутри сосуда. Отметьте время начала брожения с момента введения закваски. Сосуд с бродильной смесью 2-3 раза перемешать. Прекращение выделения пены и углекислого газа свидетельствует об окончании процесса брожения. Опишите, что происходит с дрожжами и жидкостью.

II способ. В 1000 см³ теплой воды с температурой 36-37°C развести 150 г сахара, ввести 100 г очищенного и измельченного на терке картофеля, 10 г дрожжей. Бутылку закрыть пробкой с отводной трубкой, как и в предыдущем опыте.

Перегонка

После окончания сбраживания через сифон (можно использовать резиновую трубку) жидкость перелить в круглодонную колбу без взмучивания осадка; колбу наполнить на 1/2-2/3 объема.

Колбу поставить на песчаную баню электроплитки с закрытой спиралью. К колбе через шлифы подсоединить охладитель, в рубашке которого циркулирует холодная вода для конденсации паров спирта. Спирт по каплям собрать в приемную колбу с воронкой. Воронка необходима, чтобы уменьшить испарение спирта из колбы (рис. 4.1.1). После того, как наберется небольшое количество спирта, его вылить в испарительную чашку. Спирт обнаруживается органолептически - по запаху, на вкус и по характерному голубоватому горению после его поджигания в испарительной чашке.

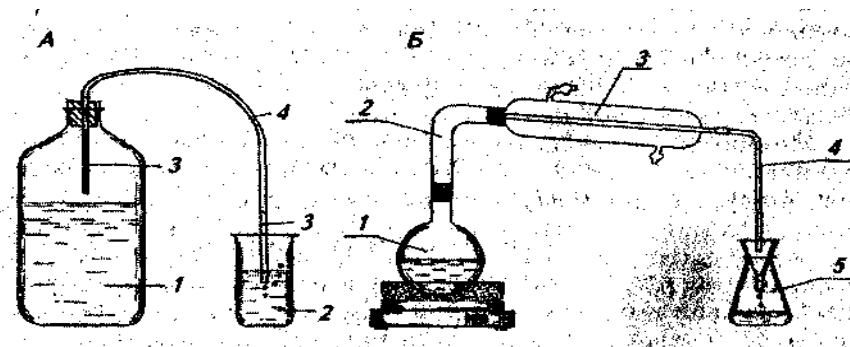


Рис. 4.1.1. Схема получения этанола:

А – сбраживание сока из продукта (сахарной свеклы, топинамбура, картофеля и др.): 1 – сок; 2 – вода; 3 – стеклянная трубка; 4 – резиновый шланг.

Б – перегонка спирта из перебродившего сока: 1 – колба с соком; 2 – стеклянный переходник со шлифами; 3 – охладитель с вводом воды от водопровода и выводом; 4 – стеклянная трубка; 5 – колба-приёмник этанола.

Для очистки полученного этанола от примесей (другие типы спиртов, сивушные масла) добавить в него активированный уголь марки БАУ (березовый активированный уголь) и выдержать несколько суток, затем отфильтровать через двойной складчатый фильтр. Уголь легко получить путем сжигания березовых дров. Для этого раскаленные угли переложить щипцами в чугунную емкость и охладить без доступа воздуха. Полученный уголь измельчить до размера 2-5 мм.

Вопросы для самоконтроля

1. Каков процент вовлекаемых в промышленное производство природных материалов по расчетам академика И.В. Петрянова-Соколова?
2. Что можно отнести к отходам производства?
3. Что можно отнести к отходам потребления?
4. Что можно отнести к бытовым отходам?
5. Что можно отнести к токсичным и радиоактивным отходам?
6. Какими способами можно очистить спирт от примесей?

Работа 5.2. Получение биогаза из органических остатков

В последнее время во всем мире все большее внимание уделяют нетрадиционным с технической точки зрения, возобновляемым источникам энергии (ВИЭ). К ним, прежде всего, относится энергия солнечного излучения, ветра, малых речных потоков, термальных источников, биомассы. Некоторые из них, например, ветер, находили широкое применение и в прошлом, а сегодня переживают второе рождение во многих странах мира, в особенности в странах Европы. Одним из «забытых» видов сырья является и биогаз, использовавшийся еще в Древнем Китае и вновь «открытый» в наше время.

Биогаз – это газообразный продукт, получаемый в результате анаэробной, то есть происходящей без доступа воздуха, ферментации органических веществ самого разного происхождения. Органические отходы многих производств (сахарных, молочных заводов) и сельского хозяйства (стоки ферм, фекальные массы) обычно попадают в реки, загрязняя источники водоснабжения. При разложении этих отходов образуются вредные вещества, влияющие отрицательно на здоровье человека; поэтому утилизация отходов – одна из кардинальных проблем экологии.

Метановое брожение известно давно (мерцающие огоньки на кладбищах, выделение болотного газа). Оно происходит при разложении продуктов, содержащих углеводы. Это способ анаэробного дыхания определенных групп бактерий, которые из углеводов органической массы образуют метан (CH_4) – 65%, углекислый газ (CO_2) – 30% и незначительное количество других газов: сероводород (H_2S) – 1%, азот, кислород, водород и закись углерода. При этом выделяется энергия, которая превращается в тепловую и нагревает субстрат.

В процессе участвуют три группы бактерий, которые работают последовательно, разлагая органическое вещество до более простых компонентов. Первые превращают органическое вещество в масляную, пропионовую и молочную кислоты, вторые преобразуют эти кислоты в уксусную кислоту, водород и углекислый газ, а затем метанообразующие бактерии превращают углекислый газ в метан с поглощением водорода.

Изучив эти процессы, ученые многих стран (США, Франции, Японии) разработали способы культивирования метановых и других видов бактерий; некоторые фирмы занимаются этим и продают микро-

организмы в пробирках. Применение этих бактерий значительно ускоряет процесс брожения и получения биогаза, который используется для отопления, нагрева воды на фермах, приготовления пищи в США, Китае, Бразилии, Индии, Японии. В качестве исходного субстрата используются все органические остатки, содержащие много углеводов (солома, древесная щепа лиственных пород, ботва, отходы сахарной промышленности, отходы фруктово-консервной промышленности, канализационный ил, отходы скота, особенно свиней). Так, при равной массе фекалий, из свиного навоза получается на 50% больше биогаза, чем от других животных.

Метановые бактерии в естественной обстановке существуют в небольшом количестве на самих отходах, а также в гумусовом слое плодородной почвы с нейтральным значением pH, поэтому переслаивание навоза небольшим количеством почвы дает определенную стимуляцию процесса. Однако применение особых видов и штаммов бактерий значительно ускоряет все реакции. Так, по данным японских исследователей, метаногенез органических остатков в естественных условиях юга Японии происходил за 20 дней, а с применением особых штаммов бактерий – за 8.

В практических целях для получения биогаза используются особые водонепроницаемые цистерны (дайджестеры), в которых брожение биомассы происходит при нейтральных pH (против закисления используется известь) и при температурах выше $+40^\circ\text{C}$ (а иногда, при работе высокопроизводительных штаммов бактерий при температуре $+50\dots+60^\circ\text{C}$). Обычно в этих условиях даже без применения особых бактерий длительность переработки навоза крупного рогатого скота составляет две – четыре недели, жидкие же отходы свиней сбраживаются за 10 дней. Средняя емкость применяемых резервуаров – $6\dots12\text{ м}^3$, средний выход биогаза – $0,15\text{ м}^3$ в сутки на 1 м^3 емкости. Малые емкости широко применяются в Индии. Они представляют собой круглые или четырехугольные цилиндры из кирпича, глины с плотно закрывающейся крышкой и отводной трубой для сбора газа. Процесс происходит в анаэробных условиях.

Употребляемые отходы должны содержать большое количество углеводов и малое – азота (C: N= 30 : 1 – по массе). При наличии большого количества азота образуется аммиак, который подавляет рост метанобактерий и процесс идет без образования биогаза. По-

этому в биомассу, содержащую много азота (жидкие отходы свиней, остатки бобовых культур), добавляют углеводы (измельченную солому, жом сахарного тростника, отходы сахарной свеклы).

Что же собой представляет биогаз по составу? Биогаз – смесь газов. Его основные компоненты: метан (CH_4) - 55-70% и диоксида углерода (CO_2) – 28–43%, а также в очень малых количествах другие газы, например – сероводород (H_2S).

В среднем 1 кг органического вещества, при 70% биологическом разложении, производит 0,18 кг метана, 0,32 кг диоксида углерода, 0,2 кг воды и 0,3 кг неразложимого остатка.

Перспективным, экологически безопасным и экономически выгодным направлением решения этой проблемы является анаэробная переработка навоза и отходов в биогазовых установках с получением биогаза. Благодаря высокому содержанию метана (до 70%) биогаз может гореть. Оставшаяся после такой естественной переработки органическая масса представляет собой качественное обеззараженное удобрение.

Полученный биогаз может идти на отопление производственных помещений, жилых домов, теплиц, на получение энергии для приготовления пищи, сушку сельскохозяйственных продуктов горячим воздухом, подогрев воды, выработку электроэнергии с помощью газовых генераторов.

Сухое удобрение используется по прямому назначению, при этом урожайность люцерны повышается на 50%, кукурузы на 12, овощей на 20–30%.

В настоящее время в России успешно работают более 150 установок получения биогаза.

Оборудование: 1) колба на 500–1000 см³ или пластмассовая бутылка; 2) пробка резиновая с выводной стеклянной трубкой; 3) резиновая трубка со стеклянным переходником с диаметром, соответствующим сосуду для сбора газа; 4) резиновый баллон (можно приспособить растянутую камеру резинового шарика); 5) термостат с температурой 36-40°C.

Материалы и реактивы: 1) органическая масса, содержащая много углеводов: отходы сахарной свеклы, картофеля, листья, отходы злаков; 2) немного высокогумусной естественной почвы; 3) 3% раствор уксусной кислоты.

Ход работы

В колбу или пластмассовую бутылку поместить измельченную и взвешенную биомассу, каждый слой слегка посыпать предварительно взвешенной гумусной почвой, залить теплой отстоянной водой (без хлора) в соотношении 1:1 по объему, что должно соответствовать общей концентрации твердых веществ 8–11 масс.%. Если биомасса кислая, добавить немного извести или меда для нейтрализации, если нейтральная или щелочная – 1–2 см³ уксусной кислоты. Биомасса с водой должна не доходить до верха колбы на 5-6 см. Колбу плотно закрыть резиновой пробкой с отводной стеклянной трубкой, конец трубки в колбе желателно расположить над водой для выхода газа. К стеклянной трубке присоединить резиновую. Она через стеклянный переходник соединит систему с мягким баллоном для приемки газа (рис. 5.2.1). Герметичность всех соединений и пробки с колбой обеспечить пластмассовой изолентой. Систему поставить в термостат при +40°C. По наполнению резиновой камеры следить за выделением газа на протяжении 2-3 дней. Первые порции газа следует спустить, т.к. он смешан с кислородом воздуха и при поджигании может произойти небольшой взрыв. Скопившийся в резиновой камере газ (следить на наполнение баллона) изолировать от колбы лабораторным зажимом, взвесить, подсоединить длинную стеклянную трубку и на конце ее поджечь газ, ослабив зажим.

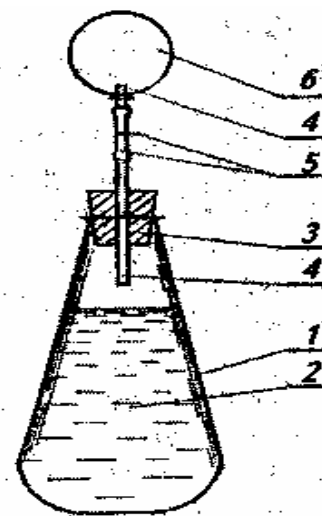


Рис. 5.2.1. Смонтированная камера для получения биогаза:

1 – колба; 2 – биомасса, залитая водой; 3 – пробка; 4 – стеклянная трубка; 5 – резиновая трубка с зажимом; 6 – растянутый резиновый баллон для сбора газа.

Конечное уравнение получения биогаза можно представить в виде:



Определите практический выход биогаза.

Вопросы для самоконтроля

1. Что подразумевает термин биогаз и каков его состав?
2. Какие группы бактерий участвуют в процессе метанового брожения?
3. Где встречаются метановые бактерии в окружающей среде?
4. Какое соотношение углерода к азоту должно быть в перерабатываемых в результате метанового брожения отходах?

Работа 5.3. Накопление биомассы одноклеточных микроорганизмов на различных субстратах

Для накопления дрожжевой биомассы надо иметь соответствующую емкость, т.е. аппарат для выращивания товарных кормовых дрожжей, засевные дрожжи чистой культуры, питательную среду и воздух. Каждый из указанных факторов влияет на процесс выращивания дрожжей. После выращивания дрожжи необходимо выделить из отработанной среды, промыть и довести до сухого состояния. Выделяют и обезвоживают дрожжи флотированием, сепарированием, фильтрацией, упариванием и сушкой. Таким образом, технологические операции получения дрожжей разделяются на биохимические, механические и тепловые.

Для культивирования дрожжей используется лабораторная установка - БИОЛУК-ЗШ для непрерывного культивирования микроорганизмов при решении биотехнологических задач и проблем, связанных с охраной окружающей среды. Установка может использоваться при процессах переработки субстратов сложного химического состава, для интенсификации микробиологических процессов, а также для ускоренного автоматического отбора активных штаммов, перспективных при использовании в различных областях народного хозяйства и промышленности. Установка - БИОЛУК-ЗШ может использоваться при исследованиях в генетике, биохимии, микробиологии, физиологии и экологии.

Технологические характеристики установки БИОЛУК-ЗШ

Установка может работать с ферментерами объемом	0,1-10 дм ³
Объем культуры в ферментерах	0,05-7 дм ³
Скорость вращения мешалки	до 1500 об/мин.
Аэрация	0-2,76 дм ³ /мин.
Производительность дозатора	20-400 см ³ /час
Автоматическая стабилизация рН	от 2 до 12
Потребляемая мощность	600 Вт
Напряжение питания	220 В, 50 Гц
Вес	25 кг



Рис. 5.3.1. Установка непрерывного культивирования микроорганизмов БИОЛУК ЗШ.

Принцип действия установки БИОЛУК

Установка работает следующим образом. Питательная среда при помощи перистальтического насоса дозатора по силиконовому шлангу подается в ферментер. Скорость подачи среды в ферментер регули-

руется в зависимости от цели и задачи исследования, то есть в режиме рН-стата, хемостата. Воздух ферментер поступает от микрокомпрессора через ротаметр, показывающий расход воздуха, воздушный и водяной фильтр, служащий для стерилизации и увлажнения подаваемого воздуха для насыщения кислородом культуральной жидкости. Перемешивание культуральной жидкости осуществляется вращением мешалки на основе электродвигателя. Регистрация и управление параметров растущей культуры происходит с помощью датчиков рН, рО₂ и др. Выбор датчиков определяется задачей исследования. Для стабилизации температуры в ферментере предусмотрено устройство, соединенное с термостатом, для поддержания заданной температуры. Излишки культуральной жидкости из ферментера уносятся воздухом через сливную трубку в бак для урожая.

Влияние активной кислотности среды

Дрожжи сохраняют жизнеспособность в широких пределах колебания рН - от кислых до щелочных (от 2,5 до 6,5). При выращивании дрожжей оптимальным является рН 4,5–5,5. При этом дрожжевые клетки хорошо растут и быстро размножаются, от условия рН зависит скорость поступления питательных веществ в клетку, активность ферментов, образование витаминов.

Влияние концентрации сухих веществ на рост и развитие дрожжей

Осмотическое давление внешней среды должно быть ниже, чем клеточного сока, что способствует усвоению питательных веществ растущей дрожжевой клетки. Чем больше разница в величине осмотического давления в клетке и в среде, тем быстрее накапливается биомасса дрожжей. Количество воды, содержащееся в дрожжевой клетке, может уменьшаться и увеличиваться в зависимости от соотношения концентрации сухих веществ в клеточном соке и окружающем растворе. Количество сухого вещества в клетке будет тем больше чем выше концентрация сухого вещества в среде.

Влияние температуры

Оптимальная скорость роста сахаромикетов при температуре 29–30°С. Скорость роста дрожжей этого рода понижается при температуре 23–27° С, что видно из сопоставления выхода дрожжей при

выращивании их в одних и тех же условиях, но при разной температуре. Повышенная температура 34–40°С. Тормозит рост и размножение дрожжей сахаромикетов и не влияет на рост несакхаромикетов. Повышенная температура отрицательно влияет на выход и качество чистых культур сахаромикетов: если при температуре 30°С выход сахаромикетов составляет 74 %, то при 38° С он уменьшается до 53 %.

При повышении температуры дикие дрожжевые грибы размножаются значительно быстрее сахаромикетов: если при температуре 30°С коэффициент размножения диких дрожжей в два-три раза больше коэффициента размножения сахаромикетов, то при температуре 38°С дикие дрожжи размножаются в шесть, восемь раз быстрее сахаромикетов.

Оборудование: 1) установки БИОЛУК-ЗШ; 2) воронка; 3) колба для задаточных дрожжей; 4) центрифуга для отделения дрожжей от культуральной жидкости.

Материалы: сахарная свекла, картофель, дрожжи (заранее приготовленная закваска из дрожжей, можно использовать «дикие дрожжи», содержащиеся на невымытых ягодах).

Ход работы

Очищенную сахарную свеклу или топинамбур измельчить на терке. Через двойной слой марли выжать сок и влить его в аппарат для культивирования дрожжей на 2/3 ее емкости. Внести закваску из чистой культуры дрожжей в количестве 20% от массы питательной среды. Затем добавить азотистое питание (мочевина) в количестве 3г на 1 дм³ питательной среды и при постоянной аэрации начать процесс культивирования, сохраняя основные параметры в оптимальных для дрожжей пределах.

Во время культивирования дрожжей каждый час определять следующие показатели: температуру, активную кислотность, прирост биомассы взвешиванием и количество дрожжевых клеток в см³. Результаты записать в таблицу 5.3.1.

Определение удельной скорости роста дрожжей

Скорость роста дрожжей обусловлена применяемой расой и технологическим режимом и т.д. Скорость размножения дрожжей мож-

но обозначить коэффициентом скорости образования биомассы M и вычислить по формуле:

$$M = \frac{\ln \cdot \frac{m_1}{m_0}}{t},$$

где: m_1 – полученная биомасса в конце процесса; m_0 – начальное количество биомассы; t – продолжительность процесса выращивания.

Таблица 5.3.1 – Основные показатели процесса культивирования дрожжей

Часы культивирования	T среды, t°С	pH среды	Биомасса г/дм ³
Начальная			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			

Вопросы для самоконтроля

1. Описать технологические характеристики установки БИОЛУК-ЗШ.
2. Описать принцип действия установки БИОЛУК-ЗШ.
3. Значение основных показателей среды для процесса культивирования дрожжей.
4. Влияние концентрации сухих веществ на рост и развитие дрожжей.
5. Влияние температуры на рост и развитие дрожжей.

Работа 5.4. Определение числа дрожжевых клеток в камере Горяева

О росте микроорганизмов в естественных субстратах или в питательных средах судят по изменению количества их клеток или биомассы в единице объема. Методы определения этих показателей могут быть прямыми (подсчет клеток под микроскопом, взвешивание) или косвенными. Косвенные методы основаны на измерении параметров, величина которых зависит от количества или биомассы микроорганизмов (число колоний, выросших после посева суспензии клеток на питательную среду, рассеяние или поглощение суспензией света, содержание в ней белка и т.д.). Выбор метода зависит от целей исследования, свойств питательной среды или субстрата, а также особенностей роста и морфологии микроорганизмов.

При оценке численности микроорганизмов, особенно в естественных субстратах, необходимо помнить, что их клетки часто находятся в прикрепленном (адгезированном) состоянии или в виде микроколоний. Поэтому перед началом подсчета их нужно отделить от частиц субстрата и друг от друга (десорбировать). Выбор метода десорбции (механическое перемешивание суспензии клеток, растирание, обработка ультразвуком, применение поверхностно-активных веществ и т.д.) определяется особенностями исследуемого субстрата.

Для подсчета клеток микроорганизмов под микроскопом можно использовать счетные камеры, препараты фиксированных и окрашенных клеток, приготовленные на предметных стеклах или мембранных фильтрах. Перечисленные методы позволяют определить общее количество клеток (как живых, так и мертвых) в единице объема. Основное ограничение большинства указанных методов - необходимость довольно высоких концентраций клеток в единице исследуемого субстрата. В отличие от подсчета микроорганизмов под микроскопом метод высева на питательные среды дает возможность определить только число жизнеспособных клеток в популяции.

Поскольку сред, пригодных для роста всех микроорганизмов, не существует, метод высева позволяет определить лишь число микроорганизмов, способных расти на среде данного состава. Это важно помнить при анализе таких естественных субстратов, как почва, вода и т.п.

Метод взвешивания биомассы широко применяют для оценки ро-

ста микроорганизмов в жидких питательных средах. Можно использовать его и для определения массы клеток, выращенных на плотной питательной среде, однако в этом случае микроорганизмы необходимо предварительно тщательно смыть с поверхности среды физиологическим раствором или водой и перевести в суспензию.

Оптический (нефелометрический, турбидиметрический) метод определения биомассы нашел широкое применение в лабораторных микробиологических исследованиях, поскольку позволяет быстро и довольно точно определить концентрацию клеток в суспензии или культуральной жидкости. В основе метода лежит измерение ослабления светового пучка при его прохождении через суспензию клеток. В определенных пределах оно обусловлено преимущественно рассеиванием света клетками пропорционально их концентрации. Величина этого показателя зависит от многих факторов (формы и размеров клеток, оптических свойств культуральной среды, длины волны света и т.д.), поэтому нефелометрический метод пригоден лишь для тех микроорганизмов, рост которых вызывает равномерное помутнение среды и не сопровождается заметным изменением формы и размеров клеток, образованием мицелия, пленок или других скоплений.

Точность любого метода определения числа микроорганизмов ограничена ошибкой метода, которая возникает вследствие случайного распределения клеток в суспензии и является результатом ограниченного числа подсчитываемых клеток, а также связана с техническими ошибками, т.е. неточностью в приготовлении разведений, неправильным монтажом камеры, повторным учетом одной и той же клетки (колонии) и т.д. Ошибки метода неизбежны, тогда как технические ошибки зависят главным образом от качества работы исследователя. Следует помнить, что статистическая обработка результатов возможна только при минимальной технической ошибке. Чашечный метод требует особой чистоты и аккуратности при выполнении всех операций. Необходимо тщательно оберегать пипетки, пробирки и среды от заражения микроорганизмами из воздуха, так как каждая случайно попавшая клетка может заметно завысить число микроорганизмов в исследуемом субстрате.

Оборудование, реактивы и материалы: 1) микроскоп; 2) счетная камера Горяева; 3) разводка дрожжей.

Ход работы

1. Помешивая стеклянной палочкой, взять 1–2 капли дрожжевой суспензии и нанести на сетку счетной камеры, накрыть покровным стеклом, притерев его осторожно пальцем к боковым пластинкам. Жидкость под покровным стеклом должна растечься по всей сетке. Следить, чтобы не было пузырьков воздуха.

2. Камеру поместить на предметный столик микроскопа и с объективом 8 найти сетку. Не передвигая ее, заменить объектив 8 объективом 40.

В камере Горяева площадь больших квадратов $1/25 \text{ мм}^2$, а так как слой жидкости над квадратом имеет высоту $1/10 \text{ мм}$, то объем жидкости над ним будет равен $1/250 \text{ мм}^3$. Площадь малого квадрата $1/400 \text{ мм}^2$, следовательно, объем $1/4000 \text{ мм}^3$.

После нескольких минут стояния камеры, когда дрожжи осядут на ее дно (на сетку), подсчитать количество их в пяти больших квадратах, а если это невозможно (клеток очень много), то подсчитать в 80 малых квадратах, передвигая камеру так, чтобы одно и то же место не попало в поле зрения микроскопа несколько раз. В том случае, когда клетки находятся на пограничных линиях, их считают только на двух смежных границах квадрата, например, на верхней и правой.

После окончания работы счетную камеру и покровное стекло хорошо промыть водой, протереть и убрать в футляр.

3. Найти среднее число дрожжевых клеток для одного малого квадрата (т. е. в $1/4000 \text{ мм}^3$ суспензии) или одного большого квадрата (в $1/250 \text{ мм}^3$ суспензии). При умножении найденного среднего числа на 4000 (в случае подсчета в малом квадрате) или на 250 (при подсчете в большом квадрате) получаем число дрожжевых клеток в 1 мм^3 исследуемой суспензии. Умножив полученное число N на 1000, получаем число дрожжевых клеток в 1 см^3 испытуемой суспензии.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие методы определения количества микроорганизмов в единице объема вам известны?
2. От чего зависит выбор метода исследования количества микроорганизмов в единице объема?
3. В чем достоинства и недостатки известных вам способов определения количества микроорганизмов в единице объема.

Вопросы для самоконтроля к части 5

«Утилизация твердых отходов»

1. Каков процент вовлекаемых в промышленное производство природных материалов по расчетам академика И.В. Петрянова-Соколова?
2. Что можно отнести к отходам производства?
3. Что можно отнести к отходам потребления?
4. Что можно отнести к бытовым отходам?
5. Что можно отнести к токсичным и радиоактивным отходам?
6. Какими способами можно очистить спирт от примесей?
7. Что подразумевает термин биогаз и каков его состав?
8. Какие группы бактерий участвуют в процессе метанового брожения?
9. Где встречаются метановые бактерии в окружающей среде?
10. Какое соотношение углерода к азоту должно быть в перерабатываемых в результате метанового брожения отходах?
11. Описать технологические характеристики и принцип действия установки БИОЛУК-ЗШ.
12. Значение основных показателей среды для процесса культивирования дрожжей.
13. Влияние концентрации сухих веществ на рост и развитие дрожжей.
14. Влияние температуры на рост и развитие дрожжей.
15. Какие методы определения количества микроорганизмов в единице объема вам известны?
16. От чего зависит выбор метода исследования количества микроорганизмов в единице объема?
17. В чем достоинства и недостатки известных вам способов определения количества микроорганизмов в единице объема.

ЧАСТЬ 6. БИООЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Сооружения, где очистка сточных вод осуществляется через слой загрузки из дробленой породы, покрытой биологической пленкой, а сточная вода распределяется методом орошения, называются биофильтрами.

Сточные воды направляются на биофильтры после их осветления в первичных отстойниках. При фильтрации сточных вод через слой загрузки происходит сорбция биологической пленкой тонко диспергированных веществ, оставшихся в осветленной воде после первичных отстойников, а также коллоидных и растворенных веществ. Органическая часть загрязняющих веществ, задержанных биопленкой, подвергается биохимическому окислению (минерализации).

Количество растворенного кислорода пополняется за счет адсорбции из воздуха, находящегося в полостях загрузки фильтра, куда он подается естественным путем или искусственно нагнетается вентиляторами.

Сущность процесса биологической очистки сточных вод на биофильтрах не отличается от процесса очистки на полях фильтрации и полях орошения. Правильнее было бы называть этот процесс биологическим экстрагированием, а не биологической фильтрацией.

В верхних слоях биофильтра концентрация питательных веществ в десятки раз выше, чем в нижних. Микроорганизмы в верхних слоях загрузки растут быстро, питаясь поступающей в избытке пищей, поэтому в верхних горизонтах биомасса биопленки увеличивается наиболее быстро, активно потребляется кислород, наиболее интенсивно окисляются органические вещества сточной воды. Таким образом, основное снижение БПК происходит в верхней части фильтра. По мере того, как сточная вода стекает вниз, содержание органических веществ уменьшается до такой степени, что микроорганизмы в нижней зоне находятся в состоянии голодания.

Для каждого слоя биофильтра (верхнего, среднего и нижнего) характерно специфическое доминирование определенных организмов в биоценозе. Отработанная и омертвевшая биопленка смывается про-

текающей сточной водой и выносятся из тела биофильтра. При правильно принятой нагрузке на биофильтр процессы отмирания и нарастания биологической пленки идут параллельно, поэтому заиливание и заболачивание биофильтров не происходит.

Сточные воды направляются на биофильтр после их осветления в первичных отстойниках. Растворенные и частично нерастворенные вещества, проходя через биофильтр, контактируют с микроорганизмами биопленки и окисляются. Во внутреннюю часть биофильтра непрерывно подается воздух (естественным путем или принудительно), кислород которого расходуется на окисление веществ. Количество кислорода, подаваемого на биофильтр в расчете на 1 м² площади фильтрующего материала в сутки, называется окислительной мощностью. Тесный контакт микроорганизмов с органическими веществами сточных вод, большая поверхность контакта и неограниченное количество кислорода поступающего создают условия для более интенсивного окисления по сравнению с природными условиями.

В зависимости от пропускной способности существуют малопродуктивные (капельные) и высокопроизводительные высоконагружаемые (аэрофильтры) биофильтры. В капельные биофильтры сточные воды поступают очень малыми дозами, что позволяет полностью очищать их от органических примесей. Однако малая производительность сильно увеличивает объем биофильтра и при объемах сточных вод более 1000 м³ в сутки их строительство нецелесообразно. Высоконагружаемые биофильтры пропускают в десятки раз больше сточных вод, чем капельные. Они загружаются крупными частицами, между которыми создается большой объем пор. Это позволяет усилить обмен воздуха, приводит к большему насыщению жидкости кислородом и увеличению окислительной мощности биофильтра. Однако вследствие большой скорости фильтрации в высоконагружаемых биофильтрах органические вещества сточных вод окисляются не полностью. Вещества вымываются из биофильтра вместе с избытком биопленки, которая интенсивно образуется в этих условиях. Для повышения степени очистки сточных вод необходимо их повторно пропускать через биофильтр (рециркуляция). Это может уменьшать их производительность. При среднегодовой температуре воздуха до температуры +3 °С биофильтры размещаются в отапливаемом помещении, при более высокой среднегодовой температуре они могут работать без искусственного подогрева. При размещении биофиль-

тров снаружи отапливаемого помещения рекомендуется подогревать воздух, предназначенный для аэрации.

При несоблюдении правил заполнения загрузки при несоответствии размеров частиц фильтрующего материала рекомендуемым нормам биофильтры могут работать неэффективно или почти полностью выходить из строя по причине того, что потоки воздуха и сточной жидкости распределяются не по всему объему биофильтра.

Для очистки сточных вод наиболее широко используются аппараты с неподвижной биопленкой (реактор с неподвижным слоем и противотоком воздуха и жидкости). В нем биомасса накапливается на поверхности носителя в виде пленки.

При этом процесс может быть спроектирован в 2-х вариантах:

- с малой нагрузкой, когда в качестве носителя используется щебень;
- с большей нагрузкой, когда используется носитель – пластмасса.

Щебеночные биофильтры имеют глубину 1,5–2,5 м и могут быть круглыми или прямоугольными. Независимо от конфигурации необходимо эффективное дренирование, чтобы жидкость свободно стекала, а воздух легко выводилось.

Основной режим работы щебеночных биофильтров - это однократное прохождение сточных вод. При этом нагрузка по органическим веществам на фильтр составляет 0,06-0,12 кг БПК/(м³·сут). Показатель БПК характеризует окислительные процессы как биохимическую потребность в кислороде. Для повышения производительности биофильтры могут работать в режиме переменного двойного фильтрования (с рециркуляцией).

Работа 6.1. Определение состава микробиоценоза биопленки

Биопленка, образующаяся в капельных биофильтрах, устроена в экологическом отношении сложнее, чем активный ил. Бактерии и возможно грибы образуют нижний трофический уровень. Именно эти виды разрушают загрязнения, вместе с микроорганизмами - окислителями углерода живут в верхней части реактора, а нитрификаторы находятся в нижней части реактора, там, где меньше конкуренция за кислород и питательные вещества.

Простейшие, колероватки и нематоды поедают бактерии и, в свою очередь, служат пищей высшим видам животных (например, личинкам насекомых). Учет отдельных видов, участвующих в экологической пирамиде, является несущественным для проектирования. Однако дисбаланс видового состава может породить сложности в работе аппарата (заиливания, паводковый смыв биоопленки).



Рис. 6.1. Трофическая пирамида в биоопленке каплевидных биофильтров.

Оборудование и материалы: застойная вода (ил), в котором находятся микроорганизмы; микроскоп, химические стаканы, пипетка, препаровальные иглы, микробиологическая петля, стеклянная палочка, предметные и покровные стекла.

Ход работы

1. Отобрать пробу из ила и приготовить временный препарат методом «раздавленной капли»: на обезжиренное предметное стекло микробиологической петлей наносят каплю суспензии микроорганизмов, прикрывают покровным стеклом, удаляют избыток влаги. Выявить присутствие различных видов микроорганизмов: микроводорослей, бактерий, простейших (сувойки, колероватки, эвглены зеленой или др.).

2. Провести микроскопическое исследование прижизненных форм микроорганизмов.

3. Для выявления подвижности микроорганизмов приготовить временный препарат методом «висячей капли».

Представители различных типов простых Царства Protozoa, образующийся в биоопленке каплевидных биофильтров (рис. 6.2).

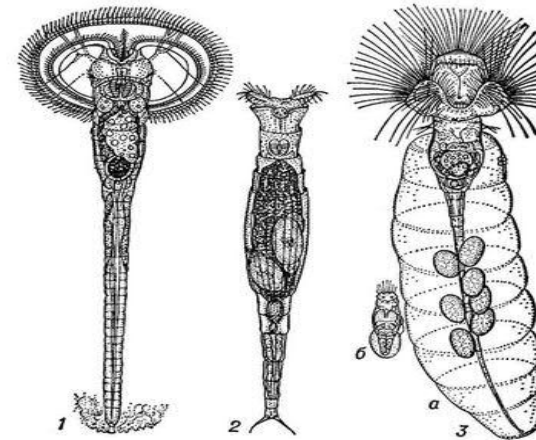


Рис. 6.2. Тип колероваток.

Колероватки:

1 – *Ptygura cephaloceros grande*; 2 – *Rotaria rotatoria*;

3 – *Collotheca trilobata*:

a – самка, б – самец.

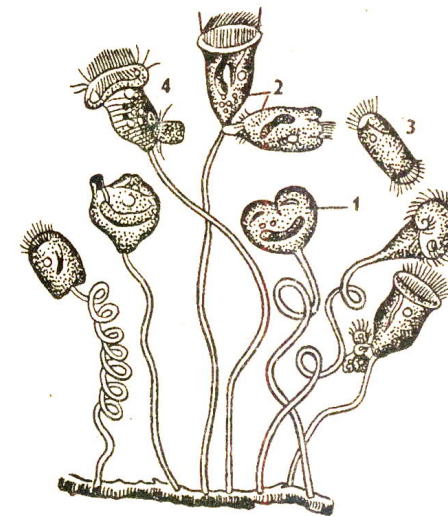


Рис. 6.3. Колонийки инфузории сувойки *Vorticella*:

Тип Инфузории - *Ciliophora*
Подкласс Колонийки - *Peritricha*

Вид сувойки - *Vorticella sp.*

1, 2 – размножение делением; 3 – отделение блуждающей особи; 4 – конъюгация.

Рис. 6.4.
Спирально-вильчатые инфузии:
А - *Stentor polymorphus*,
Б - *Spirostomum ambiguum*,
В - ривновийковая инфузия *Valantidium coli*.

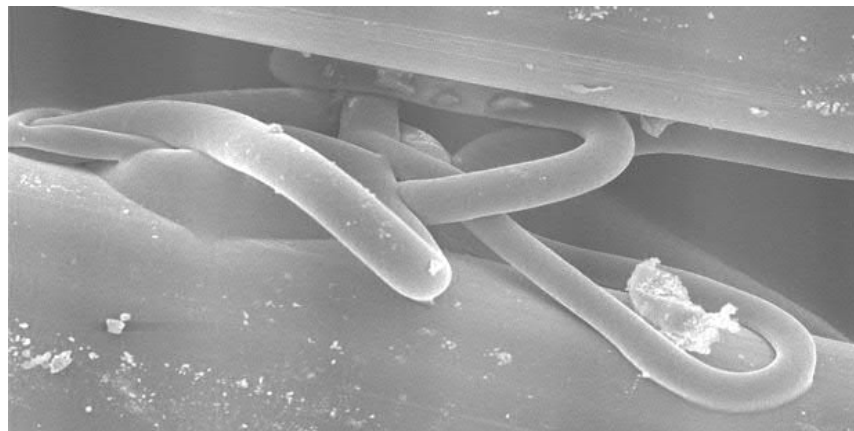
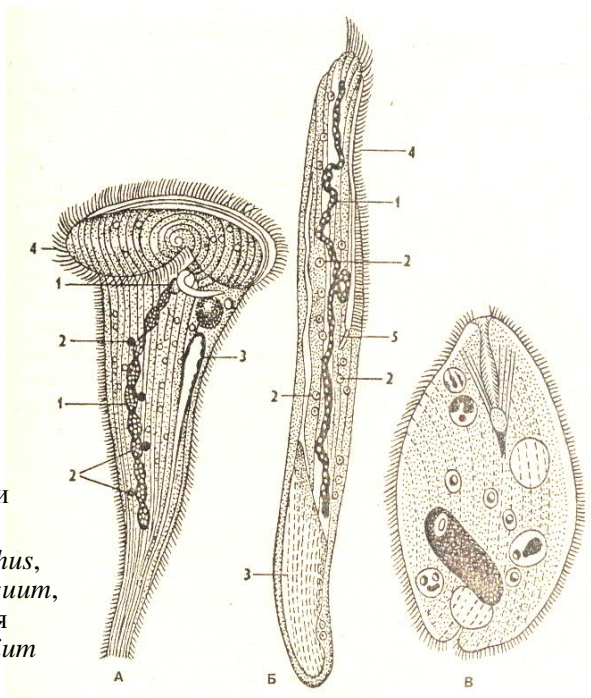


Рис. 6.6. Типы почвенных нематод (круглых червей).

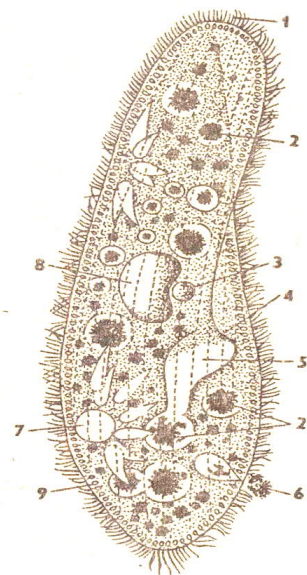


Рис. 6.5. Инфузия-туфелька
Paramecium caudatum:

Тип Инфузии - *Ciliophora* тест-объекты чистоты водоемов.

Класс ресничные инфузии - *Ciliata*.

Подкласс Ривновийковые - *Holotricha*.

1 - реснички; 2 - мае вакуоли; 3 - микронуклеус; 4 - ротовое отверстие; 5 - глотка; 6 - порошицу; 7 - сократительная вакуоль; 8 - макронуклеус; 9 - трихоцисты.

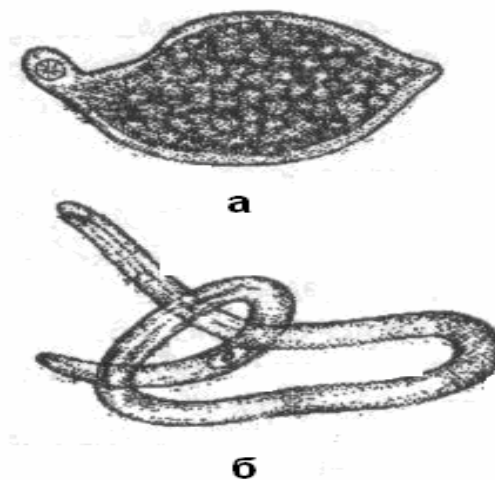


Рис. 6.7. Грунтовая нематода *Heterodera schachtii* Schmidt:
а - самка; б - самец.

Задача. Зарисовать по микроскопическим исследованиям и с плакатов рассмотренные виды микроорганизмов; объяснить, какие из них участвуют в системе биофильтров.

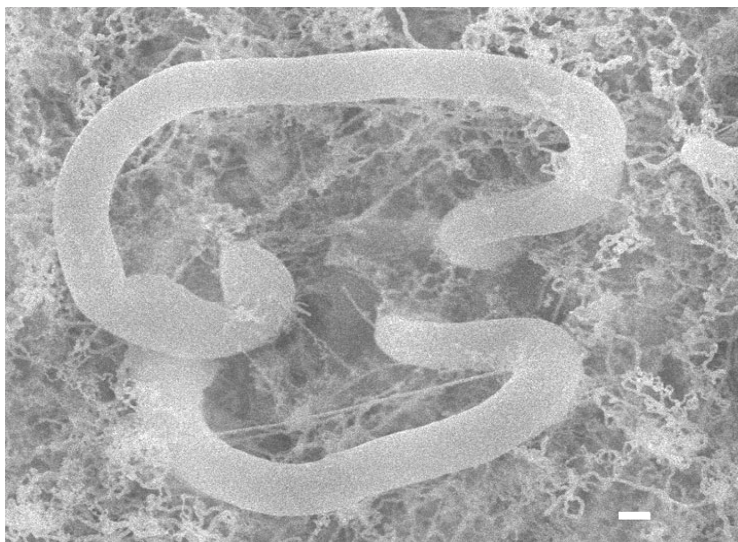


Рис. 6.8. Грунтовая нематода в минеральной вате.

Работа 6.2. Краткая характеристика и расчет различных типов биофильтров

6.2.1. Схема очистных сооружений с биофильтрами

Приемная камера (в которую подается исходная сточная вода, а также могут поступать дренажные воды с иловых площадок, верхний слой жидкости из метантенков и отработанная биопленка из вторичных отстойников).



Рис. 6.2.1. Схема очистных сооружений с биофильтрами:

1 – приемная камера; 2 – решетка; 3 – дробилка; 5 – песколовка; 6 – песковые площадки; 7 – биоотстойники; 8 – биофильтры; 9 – вторичный отстойник (с линией рециркуляции); 10 – хлораторная; 11 – контактный резервуар; 12 – отвод очищенных сточных вод.

6.2.2. Классификация существующих типов биофильтров

Принципы классификации существующих видов биофильтров могут быть различными: по степени очистки, по способу подачи воздуха, по режиму работы (наличие или отсутствие рециркуляции), по технологической схеме (одно-, двух- или трехступенчатые) и т.д. Основные отличия биофильтров друг от друга только конструктивные, биологический процесс, протекающий в них, один и тот же.



Рис. 6.2.2. Классификация биофильтров по конструктивным особенностям.

По конструктивным особенностям загрузочного материала все существующие биофильтры можно разделить на два вида:

- 1) с объемной загрузкой;
- 2) с плоскостной загрузкой.

В свою очередь биофильтры с объемной загрузкой можно разделить на следующие группы:

- а) капельные, имеющие крупность фракций загрузочного материала 20-30 мм и высоту слоя загрузки - 1-2 м;
- б) высоконагружаемые, имеющие крупность фракций загрузочного материала 40-60 мм и высоту слоя загрузки 2-4 м;
- в) башенные, имеющие крупность фракций загрузочного материала 60-80 мм и высоту слоя загрузки 8-16 м.

Капельные биофильтры целесообразно применять при расходах сточных вод до 1000 м³/сут., высоконагружаемые и башенные - при расходах до 30-50 тыс. м³/сут.

В качестве загрузочного материала в биофильтрах с объемной загрузкой используют гравий, щебень, гальку, шлак, керамзит и другие материалы плотностью 500-1500 кг/м³ и пористостью 40-50%, отличающиеся долговечностью, водоустойчивостью и достаточной прочностью. Все применяемые для загрузки естественные и искусственные материалы (за исключением пластмасс) должны выдер-

живать давление 1 кг/см при насыпной плотности до 1000 кг/м; не менее чем пятикратную пропитку насыщенным раствором сернокислого натрия; не менее 10 циклов испытаний на морозоустойчивость; кипячение в течение 1 часа в 5% растворе соляной кислоты.

Если после всех испытаний потеря по массе не превышает 10%, материал признается пригодным в качестве загрузки.

Более мелкие гранулы загрузки обеспечивают большую площадь поверхности для биомассы, однако создается большая опасность засорения полостей между гранулами, что ведет к затруднению прохождения сточной воды и воздуха.

Биофильтры с плоскостной загрузкой делятся на группы по типу загрузки:

а) жесткая засыпная (керамические, пластмассовые, металлические кольца, обрезки труб и др. элементы). Плотность материалов 100-600 кг/м и пористость 70-90%. Высота слоя загрузки 1-6 м;

б) жесткая блочная (решетки, блоки из различных видов пластмасс), плотность материалов 40-100 кг/м, пористость 90-97%. Высота слоя загрузки 2-16 м;

в) мягкая (металлические сетки, пластмассовые пленки или синтетические ткани, закрепленные на каркасах или скрученные в рулоны). Плотность загрузки 5-60 кг/м, пористость 94-99%. Высота слоя загрузки 3-8 м.

К биофильтрам с плоскостной загрузкой относят также и биодиски.

Биофильтры с жесткой засыпной и мягкой загрузкой рекомендуют применять при расходах сточных вод до 10 тыс. м/сут., а с жесткой блочной загрузкой до 50 тыс. м/сут.

6.2.3. Основные элементы непрерывно действующих биофильтров

Биофильтры ограждаются стенами. Стены биофильтра должны возвышаться над поверхностью фильтрующей среды на 0,5 м. Биофильтры строятся в основном в виде круглых, многогранных или прямоугольных в плане резервуаров со сплошными стенками и двойным дном: верхнее дно - дырчатое (колосниковая решетка) - через которое удаляется профильтрованная вода и при помощи которого поддерживается загрузка; нижнее - сплошное, располагается под дренажем на расстоянии не менее 0,6 м, благодаря чему образуется междудонное пространство.

В капельных биофильтрах предусматривается естественная аэрация через окна, располагаемые в стенках биофильтров равномерно по их периметру в пределах междудонного пространства. Окна оборудованы устройствами, позволяющими их наглухо закрывать. Площадь окон должна быть не менее 1% площади биофильтра. В аэрофильтрах воздух подается в междудонное пространство вентиляторами. Сточная вода распределяется по загрузочному материалу разбрызгивателями, реактивными оросителями и другими распределительными устройствами.

В конструкции биофильтра предусмотрены устройства для промывки днища, а также ремонтные лазы в междудонное пространство.

6.2.4. Краткая характеристика и расчет различных типов биофильтров

При определении нагрузки на биофильтр кроме расхода сточной воды имеют большое значение концентрация органического вещества и масса взвешенных веществ, поступающих на биофильтры.

Гидравлическая нагрузка на биофильтры не должна превышать 1-3 м/м сут. (для капельных фильтров) и 10-30 м/м сут. (для высоконагружаемых фильтров).

Если исходная сточная вода слишком загрязнена, о чем свидетельствует частое заиливание поверхности биофильтра, то применяют прием возврата части уже очищенной воды для разбавления вновь поступающей. Количество и качество рециркуляционной воды учитывается так же, как и исходной, и все расчетные величины, характеризующие работу биофильтра, проводят как с учетом, так и без учета рециркуляционного расхода и количества внесенных в них загрязняющих веществ. Рециркуляцию осуществляют перекачиванием осветленной во II отстойниках сточной воды на биофильтры. Капельные биофильтры при сточных водах с БПК $20 < 220$ мг/л применяют без рециркуляции и при БПК $20 > 220$ мг/л - с рециркуляцией.

При БПК $20 < 300$ мг/л проектируются без рециркуляции, а при БПК $20 > 300$ мг/л - с рециркуляцией.

Для осуществления рециркуляции следует проверить пропускную способность распределительной системы биофильтров. Технологический расчет биофильтров с рециркуляцией должен быть выполнен в соответствии с требованиями СНиП 2.04.03-85.

При проектировании для таких насадок следует учитывать шесть параметров, некоторые из них взаимосвязаны. Это эффективность пропускания, нагрузки по органическому веществу, необходимый объем насадки, отношение высоты к диаметру фильтра, скорость орошения и то, будет ли аппарат как одиночный фильтр или как последовательность из нескольких фильтров, объединенных в каскад. Эффективность является определяющим фактором и зависит от требуемого качества исходного стока. Из нее можно определить нагрузку по органическим веществам, а по погрузке - необходимый объем насадки. Выбор отношения высоты к диаметру фильтра носит более произвольный характер. Однако при заданном объеме лучшая производительность насадки достигается для глубоких биофильтров с малым диаметром, чем для аппаратов с меньшим отношением. Это объясняется тем, что увеличение времени пребывания жидкости в насадке связано с улучшением смачивания поверхности биопленки. Как и для щебеночных фильтров, важно достичь соответствующего минимума значения смачивания. Это значение колеблется в зависимости от типа насадки, но существенно выше [10-30 кг/(м³·сут.)], чем необходимо для щебеночной насадки.

Основные характеристики капельных биофильтров:

1. Рабочая высота биофильтра $H_{bf} = 1,5-2$ м.
2. Продолжительность орошения 5-6 мин.
3. Крупность загрузки = 25-40 мм.

В нижних слоях диаметр загрузочного материала увеличивается.

4. Производительность б/ф не более 1000 м/сутки.

5. Небольшая гидравлическая нагрузка сточных вод (0,5-1 м на 1 м фильтрующего материала) или 1-3 м/м сут.

6. БПК_{полн.} поступающей на очистку воды не более 220 мг/л. БПК_{полн.} очищенной воды $L_{ex} = 15$ мг/л.

7. Вентиляция тела биофильтра естественная. При этом разница поступающей на очистку воды и воздуха биофильтра должна быть не менее 2°.

Расчет капельных биофильтров производится по величине гидравлической нагрузки (q_{bf}), которая зависит от температуры воды (T_w), рабочей высоты биофильтра (H_{bf}), при заданных значениях БПК_{полн.} поступающих на очистку сточных вод (L_{en}) и БПК_{полн.} очищенной воды (L_{ex})

$$K = \frac{L_{en}}{L_{ex}}$$

Величину (q_{bf}) следует определять по таблице.

Таблица 6.2.4.1

Гидравлическая нагрузка q_{bf} , м ³ /м ² сут.	Коэффициент K_{bf} при температурах T_w и высоте H_{bf} , м							
	$T_w = 8$		$T_w = 10$		$T_w = 12$		$T_w = 14$	
	$H_{bf} = 1,5$	$H_{bf} = 2$	$H_{bf} = 1,5$	$H_{bf} = 2$	$H_{bf} = 1,5$	$H_{bf} = 2$	$H_{bf} = 1,5$	$H_{bf} = 2$
1	8	11,6	9,8	12,6	10,7	13,8	11,4	15,1
1,5	5,9	10,2	7	10,9	8,2	11,7	10	12,8
2	4,9	8,2	5,7	10	6,6	10,7	8	11,5
2,5	4,3	6,9	4,9	8,3	5,6	10,1	6,7	10,0
3	3,8	6	4,4	7,1	6	8,6	5,9	10,2

Примечание: если значение K_{bf} превышает табличное, то необходимо предусмотреть рециркуляцию. Также расчет капельных биофильтров производится по их окислительной мощности, т.е. по количеству БПК_{полн.} сточных вод, снимаемых 1 м³ загрузочного материала.

ОМ – окислительная мощность биофильтров зависит от температуры сточных вод и наружного воздуха, характера загрязнений сточных вод, загрузки и т.д.

При среднегодовой температуре воздуха до +3° биофильтры любой производительности, а при среднегодовой температуре воздуха более +3° до +6° биофильтры производительностью до 500 м/сутки размещаются в отапливаемых помещениях с пятикратным воздухообменом в час и расчетной температурой внутреннего воздуха на 2° выше температуры сточной воды. Биофильтры производительностью более 500 м/сутки при среднегодовой температуре воздуха более +3° до +6° необходимо размещать в неотапливаемых помещениях облегченной конструкции.

Таблица 6.2.4.2.

Среднегодовая температура воздуха, град.	Для б/ф, размещаемых в отопляемых помещениях	Для открытых б/ф и б/ф, располагаемых в не отопляемых помещениях
До +3°	200	-
Более +3° до +6°	250	150
Более +6° до +10°	-	250
Более +10°	-	300

Фактическая окислительная мощность биофильтра в г О в сутки на 1 м загруженного материала рассчитывается по формуле:

$$OM = \frac{(L_{en} - L_{ex}) \cdot Q}{W}, \text{ г/м},$$

где: L_{en} – БПК₂₀ поступающей на очистку сточной воды; L_{ex} – БПК₂₀ очищенной сточной воды, мг/л; Q – среднесуточный приток жидкости, м³/сут.; W – объем загрузочного материала, м³.

Объем фильтрующего материала, необходимый для очистки сточных вод в сутки, вычисляется по формуле:

$$W = \frac{(L_{en} - L_{ex}) \cdot Q}{OM}, \text{ м},$$

где: L_{en} – БПК₂₀ поступающей на очистку сточной воды; L_{ex} – БПК₂₀ очищенной воды; Q – среднесуточный приток жидкости, м³/сут.; OM – окислительная мощность биофильтра в г О₂ в сутки (фактич.); q_0 – допустимая нагрузка, т.е. количество сточных вод в м³/сутки, которое может быть очищено на 1 м³ фильтрующей загрузки, определяется по формуле:

$$q_0 = \frac{OM}{L_{en} - L_{ex}}, \text{ м}^3/\text{м}^2.$$

Характеристика высоконагружаемых биофильтров

1. Высота биофильтра 2-4 м.
2. Вентиляция тела биофильтра естественная и искусственная.

3. Диаметр загрузочного материала 40-60 мм. Это создает большой объем пор в теле б/ф.

4. Гидравлическая нагрузка 10-30 м³/м² сут.

5. БПК_{полн.} подаваемых на биофильтры сточных вод до 300 мг/л. При большей БПК_{полн.} необходима ее рециркуляция, т.е. ее разбавление.

Эксплуатационные особенности высоконагружаемых биофильтров

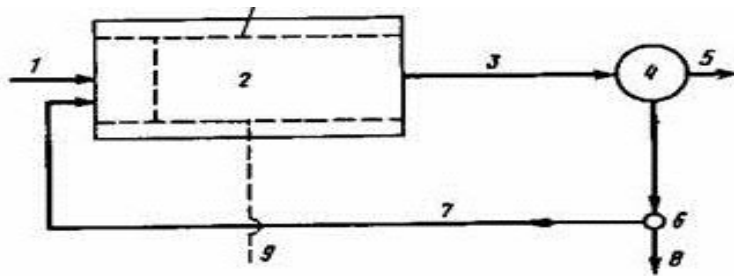
1. Орошение поверхности биофильтра сточными водами непрерывное или с меньшими интервалами, чем капельного.
2. Работа на неполную и полную очистку сточных вод.
3. При поступлении концентрированных сточных вод необходимо их разбавление нормативно-чистыми водами или очищенной жидкостью, что осуществляется ее рециркуляцией. Необходимость рециркуляции сточной воды с БПК_{полн.} 300 мг/л и менее устанавливается расчетом.

Вопросы для самоконтроля

1. Дать характеристику биофильтрам.
2. Для чего используются биофильтры?
3. Чем могут отличаться биофильтры?
4. Экологическая направленность использования биофильтров.
5. Назвать уровни трофической пирамиды в биопленке капельных биофильтров.
6. Какие виды микроорганизмов используются в системе биофильтров?
7. Какими показателями характеризуется эффективность работы биофильтров?

Работа 6.3. Расчеты аэротенков

Аэротенки представляют собой резервуары, в которых сточная вода смешивается с активным илом и аэрируется с помощью различных систем аэрации, которые обеспечивают эффективное смешение сточных вод с активным илом, подачу в иловую смесь кислорода и поддержание ила во взвешенном состоянии. В процессе окисления органического вещества увеличивается биомасса микроорганизмов-деструкторов (активный ил) и образуется избыточный активный ил, отделение которого происходит во вторичных отстойниках.



1 — сточная вода после отстойников; 2 — аэрационный бассейн; 3 — иловая смесь из аэротенков; 4 — вторичный отстойник; 5 — очищенная вода; 6 — иловая камера; 7, 8 — циркуляционный и избыточный активный ил соответственно; 9 — воздух от воздухоподувок; 10 — аэрационная система для распределения воздуха в аэротенке

Рис. 6.3.1. Классическая схема биологической очистки сточных вод в аэротенках.

Применяемый в настоящее время в нашей стране метод расчета аэротенков основывается на следующих положениях.

1. Выбор типа аэрационного сооружения (аэротенк-вытеснитель, аэротенк-смеситель, аэротенк с рассредоточенным впуском воды) и режим его работы (с регенерацией активного ила или без нее) производится исходя из характеристик, подлежащих очистке сточных вод и требуемой глубины их очистки.

2. Длительность аэрации является функцией одновременного воздействия таких факторов, как исходная и конечная концентрации загрязнений в сточной воде, природа загрязнений, доза ила в сооружениях, скорость окисления загрязнений активным илом, поддерживаемая в сооружении концентрация растворенного кислорода, гидродинамические условия в аэротенках. Методика расчета длительности аэрации будет различной для сооружений разных типов.

3. По расчетной длительности аэрации определяется расчетный расход сточных вод (по таблицам или графикам часового притока сточных вод в течение суток).

4. Необходимый объем аэротенков без регенераторов определяется на основе расчетного расхода и длительности аэрации без учета рециркуляционного расхода активного ила, так как его смешение с поступающими на очистку сточными водами приводит к пропорциональному снижению исходной концентрации сточной воды, практически не изменяя общей нагрузки загрязнений на активный ил. На-

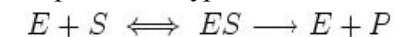
против, рециркуляционный расход ила учитывается при расчете соответствующих коммуникаций.

5. Вместимость аэротенков при наличии регенераторов активного ила, а также самих регенераторов определяется с учетом длительности пребывания рециркуляционного расхода ила в них. Длительность регенерации рассматривается как разница между длительностью, необходимой для окисления загрязнений, и длительностью их пребывания в аэротенке, где они уже подверглись определенному ферментативному воздействию активного ила.

6. Выбор системы аэрации осуществляется с учетом мощности очистных сооружений, технико-экономической эффективности системы аэрации, наличия и возможностей получения выбираемого аэрационного оборудования, степени его долговечности и надежности в работе,

7. Расчет системы аэрации предусматривает определение необходимого количества воздуха (кислорода), расчетных параметров его подачи в аэротенки (расход и давление), числа воздухораспределительных устройств – аэраторов для обеспечения заданного кислородного режима и гидродинамических условий в аэротенке.

В основе расчетов эффективной работы аэротэнков лежит уравнение Михаэлиса – Мёнтен – уравнение наиболее известной модели ферментативной кинетики, описывает зависимость скорости реакции, катализируемой ферментом, от концентрации субстрата при определённых общепринятых допущениях. Уравнение названо в честь физикохимиков Леонора Михаэлиса и Мод Леоноры Ментен, опубликовавших в 1913 году статью, в которой они провели математический анализ ферментативной кинетики. Простейшая кинетическая схема, для которой справедливо уравнение Михаэлиса:

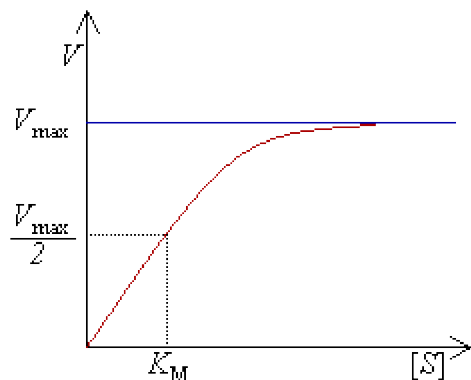


Уравнение имеет вид:

$$v = \frac{V_m S}{S + K_M},$$

где: V_m – максимальная скорость реакции, равная $k_{cat} E_0$; K_M – константа Михаэлиса, равная концентрации субстрата, при которой скорость реакции составляет половину от максимальной; S – концентрация субстрата.

Диаграмма скорости реакции V как функции от концентрации $[S]$



Вопросы для самоконтроля

1. Что собой представляют аэротенки?
2. На каких положениях основывается применяемый в настоящее время в нашей стране метод расчета аэротенков?
3. Что описывает уравнение Михаэлиса – Ментен?

Список литературы для самостоятельной подготовки

1. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почве и растениях. – М.: Агропромиздат, 1987. – 140 с.
2. Атлас распределения нитратов в растениях / Ин-т почвоведения и фотосинтеза РАН. – Пущино, 1989. – 67 с.
3. Беспаятных Г.П., Крогов Ю.А. Предельно-допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. – Л.: Химия, 1985. – 528 с.
4. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем: Пер. с нем. / Под ред. Р. Шуберта, – М.: Мир, 1988. – 348 с.
5. Викторов С.В., Ремезова Г.Л. Индикационная геоботаника. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 167 с.
6. Землянухий А.А. Практикум по биохимии. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1993. – 186 с.
7. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
8. Клейн Р.М., Клейн Д.Т. Методы исследования растений. – М.: Колос, 1974. – 526 с.
9. Лесная энциклопедия: В 2-х т. – М.: Сов. энциклопедия, 1986. – Т. 1-2. – 631 с.
10. Международная программа по биоиндикации антропогенного загрязнения природной среды / В.Е. Соколов, Я. Шаланки, Д.А. Криволицкий и др. // Экология. – 1990. – № 2. – С. 90-94.
11. Методика инспекторского контроля за выбросами загрязняющих веществ с отработанными газами двигателей автотранспортных средств / ГГО им. Воейкова А.И. – Л., 1987. – 76 с.
12. Методические указания по определению нитратов в продукции растениеводства: Утверждены Агропромом СССР за № 4228/86 от 24.11.1986 и дополнение к ним. – 92 с.
13. Методы биотестирования качества водной среды / Под ред. О.Ф. Филенко. – М.: МГУ, 1989. – 106 с.
14. Методы определения фитогормонов, ингибиторов роста, дефолиантов и гербицидов. – М.: Наука, 1973. – 199 с.
15. Мэннинг У.Дж., Федер У.А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. – М.: Гидрометеиздат, 1985. – 143 с.
16. Небел Б. Наука об окружающей среде: В 2-х т. – М.: Мир, 1993. – Т. 1-2. В 2-х т. – 420 с.
17. Николаевский В.С. Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск: Наука, 1979. – 278 с.
18. Одум Ю. Экология: Пер. с англ.: В 2-х т. – М.: Мир, 1986. – Т.1-2.
19. Практикум по лесоводству / В.П. Григорьев, И.Э. Рихтер, Л.И. Лахтапова, Г.В. Меркулов. – Минск: Высш. шк., 1989. – 311 с.
20. Практикум по почвоведению / Под ред. И.С. Кауричева. – М.: Колос, 1980. – 271 с.

21. Практикум по физиологии растений / Под ред. И.И. Гунара. – М., 1972. – С. 88-92.
22. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1981.-540 с.
23. Реймерс Н.Ф. Природопользование (словарь–справочник). – М.: Мысль, 1990. – 638 с.
24. Сассон А. Биотехнология: свершения и надежды: Пер. с англ. – М.: Мир, 1987. – 410 с.
25. Скурлатов Ю.И., Дука Г.Т., Мизити А. Введение в экологическую химию. – М.: Высш. шк., 1994. – 399 с.
26. Смит У.Х. Лес и атмосфера: Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1985. – 428 с.
27. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – Воронеж: ВГУ, 1997. – 305 с.
28. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пингина Н.А. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. М.: Химия, 1989. - 367 с.
29. Контроль за выбросами в атмосферу и работой газоочистительных установок на предприятиях машиностроения. – М.: Машиностроение, 1984. – 128 с.
30. Контроль содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Метод, указания. – М.: Минздрав СССР, 1985. – 17 с.
31. Муравьева С.И., Прохорова Е.К. Справочник по контролю вредных веществ в воздухе. – М.: Химия, 1988. – 320 с.
32. Наука об окружающей среде / Пер. с англ. Б. Небел. В 2-х т. – М.: Мир, 1993. - Т. 1-2.
33. Новиков Ю.В., Ласточкина К.О., Болдина З.Н. Методы исследования качества воды водоемов. – М., Медицина, 1990. – 399 с.
34. Практикум по агрохимии / Под ред. Минеева В.Г. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – 303 с.
35. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны / Муравьева С.И., Буковский М.И., Прохорова Е.К. и др. – М.: Химия, 1991. - 367 с.
36. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – Воронеж: ВГУ; 1997. – 305 с.
37. Федорова А.И., Никольская А.Н. Практикум по экологии и охране окружающей среды. – М. Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. – 288 с.
38. Пирог Т.Г. Общая микробиология: Учебник. - К.: НУХТ, 2004. - 471 с.
39. Экологическая биотехнология: Пер. с англ. / К.Ф. Фостер, Д.А. Вейз. - Л.: Химия, 1990. - 384 с.
40. Практикум по биологической химии / Под ред. проф. А.Я. Складорова. - К.: Здоровье, 2002. - 298 с.
41. Шевряков М.В., Яковенко Б.В., Яковенко А.Ф. Практикум по биологической химии: Учебное пособие. - Сумы: ИТД Университетская книга, 2003. - 204 с.

ГЛОССАРИЙ

Ауксотрофные мутанты – мутантные штаммы микроорганизмов, не способные к синтезу определенных ферментов.

Бактериофаги (Фаги) – вирусы, инфицирующие бактерии.

Белки теплового шока (БТШ) – стрессовые белки, вырабатываемые организмом в ответ на сверхоптимальное повышение температуры.

Биологический агент (штамм – продуцент целевого продукта) - активное начало и основа любого биотехнологического производства, физиолого-биохимические характеристики и свойства которого определяют в конечном итоге эффективность всего биотехнологического процесса.

Биобезопасность – состояние защищенности человека, общества, цивилизации и окружающей среды от вредного, опасного для жизни и здоровья человека воздействия токсических и аллергенных биологических веществ и соединений, содержащихся в природных или генно-инженерно-модифицированных биологических объектах и полученных из них продуктах.

Биогаз – газ, образующийся в результате анаэробного брожения субстрата, состоит в основном из метана (до 60 %), углекислого газа (35–40 %) и незначительного количества других газов: сероводорода, водорода (до 2 %). **Биогенез** – образование органических соединений живыми организмами. **Биоконверсия** – получение биогаза – метана из органических отходов – навоза и других, методом их сбраживания в специальных реакторах – метантенках.

Биологический контроль за посевами – система мониторинга показателей биологических процессов растений в онтогенезе, коррелирующих с ходом формирования урожая посевами в конкретных условиях выращивания.

Биомасса – общая масса особей одного вида, группы видов или сообщества в целом на единицу поверхности или объема местообитания.

Биофильтр – сооружение для биологической очистки сточных вод. Представляет собой круглый или прямоугольный в плане резервуар с двойным дном, наполненный фильтрующими материалами.

Биоценоз – совокупность растений, животных и микроорганизмов, населяющих данный участок суши – объем воды и воздуха, и характеризующихся определенными отношениями между собой и приспособленностью к условиям окружающей среды.

Биоэнергетика – раздел науки о закономерностях преобразования энергии в процессах жизнедеятельности организмов.

Газгольдер – стационарное, стальное сооружение для приема, хранения и выдачи газа в разделительные газопроводы или установки по его переработке или применению.

Ген – единичная структура генетической информации, участок хромосомы (молекулы ДНК), кодирующий структуру одной или нескольких полипептидных цепей, или молекул РНК, или определенную регуляторную функцию.

Генная инженерия – совокупность приемов, методов и технологий, в том числе технологий получения рекомбинантных рибонуклеиновых и дезоксирибонуклеиновых кислот, по выделению генов из организма, осуществлению манипуляций с ними и введению их в другие организмы.

Гидролизаты растительного сырья – растворы сахаров в виде смеси гексоз и пентоз, т.е. углеводов, содержащих соответственно 6 и 5 атомов углерода, образующиеся при кислотном гидролизе древесины, подсолнечной и хлопковой шелухи, кукурузной кочерыжки, ботвы и т.п.

Деструкция – разрушение вещества, сопровождаемое потерей его физиологической активности.

Детерминация развития – приобретение клеткой, тканью, органом или организмом состояния готовности к развитию по определенному пути, сопровождающееся одновременным ограничением возможностей развития в других направлениях. В период детерминации создаются необходимые внутренние условия для последующей реализации нового направления развития.

Инокулят – посевная доза штамма – продуцента.

Клон – совокупность клеток или молекул, идентичных одной родоначальной клетке или молекуле.

Комбикорма – корма, содержащие аминокислотные и витаминные добавки, предназначенные для балансирования кормов по содержанию белков, незаменимых аминокислот, витаминов, минеральных и других добавок.

Комплементарная цепь – одна из цепей ДНК, используемая в качестве матрицы для синтеза РНК и соответствующая ей по взаимодействию пар нуклеотидов.

Кормовой концентрат лизина (ККЛ) – промышленный кормовой препарат, обогащенный лизином (до 10%).

Кормовой концентрат триптофана (ККТ) – промышленный кормовой препарат, обогащенный триптофаном (до 3 %).

Кормовые витаминные препараты (белково-витаминный концентрат, БВК) – промышленные кормовые препараты, обогащенные витаминами. **Кормовые дрожжи** – отселектированные штаммы дрожжей, используемые для промышленного получения кормовых белков.

Культуральная жидкость – сложная смесь, состоящая из клеток штамма-продуцента, раствора непротреленных питательных компонентов и накопившихся в среде продуктов биосинтеза.

Культивирование поверхностное – выращивание производственной культуры на питательной среде, содержащей твердые частицы субстрата.

Культивирование глубинное – выращивание производственной культуры микроорганизмов во всем объеме жидкой питательной среды, содержащей растворенный субстрат.

Маркировка продуктов из ГМО – нанесение специальных меткобозначений (символов) на упаковке товаров и продуктов, полученных из ГМО при их реализации.

Метаболизм – промежуточный обмен, т. е. превращение веществ внутри клеток с момента их поступления до образования конечных продуктов.

Метан (биогаз) – болотный или рудничный газ. CH_4 – простейший насыщенный углеводород. Газ без цвета и запаха.

Метантенк – резервуар значительной вместимости для получения биогаза – метана из навоза и других органических отходов в анаэробных условиях и их обеззараживания с помощью бактерий и других микроорганизмов.

Мутация – спонтанное или индуцированное изменение гена, последовательности нуклеотидов хромосомы, генома, приводящее к изменению тех или иных признаков и сохранению их в поколениях.

Мутагены – факторы, увеличивающие частоту возникновения мутаций в молекуле ДНК.

Органогенез – процесс возникновения в неорганизованно растущей массе каллусных клеток зачатков органов (корней, листовых зачатков и побегов).

Питательная среда синтетическая – индивидуальные химические соединения, для которых известен точный химический состав, например, глюкоза, сахароза (сахар), крахмал, этанол, низшие спирты и органические кислоты, углекислота, метан, n-парафины и пр.

Питательная среда комплексная – сложная смесь органических веществ, в которой, как правило, известно содержание одного «главно-

го» ингредиента, влияющего на рост или биосинтетическую активность штамма-продуцента.

Психрофилы, мезофилы и термофилы – организмы, нормально существующие и размножающиеся соответственно при относительно низких (не выше 10°C), средних (20–40°C) и выше 45°C температурах.

Развилки путей биосинтеза фитогормонов – путь ферментативного биосинтеза того или иного фитогормона из общего для нескольких фитогормонов предшественника, определяемый комплексом внешних условий.

Режимы сбраживания – (психрофильный, мезофильный и термофильный) температурные режимы, обеспечивающие наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности соответственно психрофилов, мезофилов или термофилов.

Синергизм – эффект взаимного усиления действия веществ, процессов и других факторов.

Система термодинамическая – комплекс взаимно связанных элементов, способных поглощать, преобразовывать, накапливать и использовать энергию.

Система закрытая – система, обменивающаяся с внешней средой только энергией и не обменивающаяся веществом.

Система замкнутая – система, не обменивающаяся с внешней средой ни веществом, ни энергией.

Система открытая – система, обменивающаяся с внешней средой веществом и энергией.

Система самоорганизующаяся (неравновесная, диссипативная) – система, способная самопроизвольно потреблять из внешней среды свободную энергию, за счет этого поддерживать стабильный уровень своих параметров (температуру, концентрацию веществ и др.) в меняющихся условиях внешней среды. Все живые организмы и их сообщества являются самоорганизующимися и саморегулирующимися системами.

Система несамоорганизующаяся (равновесная, косная) – система, у которой показатели (параметры) – температура, концентрация веществ и др. – самопроизвольно выравниваются с таковыми внешней среды. Содержащаяся в равновесной системе свободная энергия самопроизвольно уменьшается, а энтропия растет.

Субкультивирование – перенос трансплантов (инокулюма) в другой культуральный сосуд на свежую питательную среду.

Субстрат – источником углерода и энергии в составе питательной среды для культивирования любого биотехнологического объекта.

Сульфитный щелок – отход целлюлозо-бумажной промышленности.

Суспензионная культура – суспензия клеток или их агрегатов (небольших групп) во взвешенном состоянии в жидкой среде при использовании аппаратуры, обеспечивающей их аэрацию и перемешивание.

Технология глубокой ферментации – выращивание микроорганизмов или клеток организмов в жидкой питательной среде для получения продуктов брожения.

Технология твердофазной ферментации – выращивание микроорганизмов на твердой питательной среде для получения продуктов брожения.

Товарные формы целевых продуктов – либо сложная смесь, содержащая среди прочих некоторое количество основного вещества, либо высокоочищенный препарат (это определяет ГОСТ или ТУ).

Ферментация – совокупность последовательных операций от внесения в заранее приготовленную и нагретую до требуемой температуры питательную среду посевного материала и до завершения процесса роста клеток или биосинтеза целевого продукта.

Ферментированный сок – жидкий белковый раствор, образующийся в процессе ферментации растительного сока, удобрений и гербицидов.

Целевой продукт – конечный продукт биотехнологического производства.

Чистая культура – культура штамма-продуцента, в которой родительские и дочерние клетки практически неразличимы и между ними нельзя установить родственные связи. Присутствие хотя бы одной посторонней колонии в высеве с данной партии посевного материала выбраковывает всю партию.

Эксплант – фрагмент ткани или органа, инкубируемый на питательной среде самостоятельно или используемый для получения первичного каллуса.

In vitro – выращивание живого материала «в стекле», на искусственных питательных средах, в стерильных условиях.

In vivo – выращивание живого материала в естественных условиях.

LD50 – смертельная концентрация (летальная доза), вызывающая гибель 50 % опытных организмов.

Методическое пособие
по дисциплине
«ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ»
для студентов направления подготовки
19.03.01 – «Биотехнология»

Лицензия: ЛР. № 020574 от 6 мая 1998 г.

Подписано в печать 22.12.2020 г. Бумага писчая. Печать трафаретная.
Бумага 60x84 1/16. Усл. печ. л. 9. Тираж 75. Заказ 6.

362040, Владикавказ, ул. Кирова, 37.

Типография ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет»