

Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации

Технологический институт-филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

И.И. Шигапов

ЭКОЛОГИЯ:

Лабораторный практикум



Димитровград - 2019

Шигапов, И.И. Экология: лабораторный практикум / И.И.Шигапов,-
Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2019.- 95 с.

Рецензенты: Ганиева Йолдыз Наилевна, кандидат педагогических наук, доцент
кафедры «Социально - гуманитарные и экономические дисциплины» ФГБОУ ВО
Ульяновский ГАУ.,

Экология: Лабораторный практикум предназначен для подготовки бакалавров
очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03
«Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов».

Утверждено
на заседании кафедры «Технологии производства переработки и
экспертизы продукции АПК»

Технологического института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,
протокол № 1 от 4 сентября 2019г.

Рекомендовано
к изданию методическим советом Технологического
института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ
Протокол № 2 от 10 октября 2019г.

© Шигапов И.И., 2019

© Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2019

3. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Часть 1. Экология. Влияние антропогенных факторов на устойчивость биоты

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

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

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

Работа №1. Определение устойчивости растений к сернистому газу, хлору и аммиаку. Установление биоиндикаторов.

Загрязненность атмосферы отрицательно сказывается на растительности городов и их окрестностей. Особенно большой вред растениям приносит присутствие в воздухе диоксида серы, фтора, хлора, их соединений, других окислителей, угарного газа и др. Промышленные газы воздействуют на ассимилирующий аппарат зеленых растений. Они разрушают корневую систему растений, цитоплазму и хлоропласты в клетках листьев, угнетают деятельность устьиц, в 1,5-2 раза снижая интенсивность транспирации, фотосинтеза. Особенно подвержены вредному воздействию загрязнителей атмосферы хвойные деревья: сосна, ель, пихта, кедр, которые первыми погибают от загрязнения атмосферы в крупных промышленных районах.

Отрицательное влияние на растения оказывают выбросы предприятий цветной металлургии и химической промышленности. В окрестностях заводов, производящих серную кислоту и алюминий, гибнут сады и виноградники, вблизи цементных заводов гибнут плодовые деревья и кустарники, около свинцово-цинковых комбинатов - посевы и т. д.

Загрязнение воздуха сопровождается образованием устойчивых аномалий повышенного содержания загрязнителей в воде, почве, растениях. Параметры очагов загрязнения различны. В Канаде вокруг металлургического комплекса Садбери, в воздушных выбросах которого содержится диоксид серы, вся растительность уничтожена на площади около 60 км². Токсичные газопылевые выбросы промышленных предприятий и кислотные дожди

вызывают деградацию лесной растительности на обширных территориях, гибель рыб и других водных животных во многих озерах. Мощное угнетающее воздействие на растительность оказывает Норильский металлургический комбинат в России. Так как концентрация загрязнителей возрастает по цепям питания, то в окрестностях химических заводов она в теле животных в десятки раз выше, чем в окружающем воздухе.

А. Определение устойчивости растений к сернистому газу

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

Цель работы - установить сравнительную устойчивость растений к сернистому газу и определить наиболее чувствительные биоиндикаторы.

Для получения сернистого газа используется сульфит натрия (Na₂SO₃) и серная кислота (H₂SO₄). Реакция идет по следующему уравнению:



Согласно этому уравнению можно рассчитать навеску соли для получения того или иного количества сернистого газа с учетом объема колбы, однако это более трудная задача, которая может быть решена в ходе дипломных исследований.

Оборудование, реактивы, материалы:

1) колбы конические на 750 мл (камеры); 2) плотные пробки к ним; 3) пластилин; 4) небольшие одинаковые тигли; 5) длинные трубки, у которых изолировано калькой дно; 6) мерные пробирки; 7) длинные пинцеты; 8) реактивы: Na₂SO₃, H₂SO₄ (конц.); 9) листья растений.

Ход работы

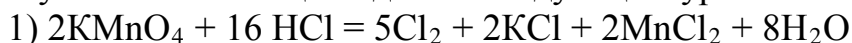
В длинные пробирки насыпают равное количество сульфита натрия. На пробирку надевают колбу доньшком вверх, так чтобы пробирка касалась дна. Затем колбу переворачивают и пробирку вынимают. На дне колбы остается небольшая горка сульфита. Рядом с сульфитом на дно осторожно устанавливают длинным пинцетом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

Берут пучок листьев (5-7 г), обвязывают ниткой, опускают в колбу таким образом, чтобы листья висели, не соприкасаясь с реактивами. Колбу закрывают пробкой так, чтобы нитка оказалась между пробкой и горлышком колбы. Всю систему заделывают пластилином. Затем резким движением опрокидывают тигелек с серной кислотой на сульфит натрия, отмечают время начала химической реакции. Ведут постоянные наблюдения за изменением листьев растений. Через определенный срок (2-3 часа) растения вынимают и описывают все повреждения (хлорозы, некрозы, изменения растений после помещения их

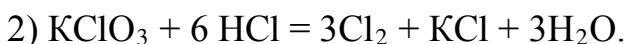
в воду). Устанавливают сравнительную устойчивость растений к сернистому газу, определяют наиболее чувствительные растения, могущие быть биоиндикаторами.

Б. Определение устойчивости к хлору

Хлор выделяется рядом промышленных предприятий по производству моющих средств. В лабораторном опыте в качестве источника хлора используется HCl. Реакция идет по следующим уравнениям:



или



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

В. Определение устойчивости к аммиаку

Аммиак в небольших количествах присутствует в выбросах многих предприятий. В природной обстановке - это продукт распада органических веществ: он также выделяется из почвы. Особенно большое количество аммиака образуется при распаде мочи животных в больших животноводческих комплексах, где собранная моча используется как эффективное азотное удобрение. Все такие комплексы должны иметь защитную зеленую полосу из древесных растений, которые должны быть устойчивы к аммиаку.

Ход работы

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

Работа №2. Влияние солей тяжелых металлов на плазмолиз

протоплазмы растительной клетки

Соли тяжелых металлов в водной среде распадаются на ионы. Все ионы металлов могут быть разделены на две группы: биогенные (Cu, Zn, Co, Mn, Fe) и небиегенные (Pb, Hg, Sn, Ni, Al, Cd, Sr, Cs). Среди последней группы ионы стронция и цезия действуют как биогенные при замене в органических веществах кальция на стронций и калия на цезий. Биогенные ионы входят в состав ферментных систем, которые обеспечивают регуляцию всех процессов в клетке и организме. Поэтому их ПДК значительно выше, чем у небиегенных. При поступлении в растения воздушным (через устьица) или капельным (роса,

туман, слабые осадки) путями определенная доза биогенных тяжелых металлов включается в состав ферментных систем, что стимулирует метаболические процессы. Так, медь входит в состав ферментов, участвующих в процессах темновых реакций фотосинтеза, способствует поглощению других элементов; цинк входит в состав ферментов, расщепляющих белки, увеличивает устойчивость растений к жаре, засухе, болезням. Лишь при более высоких концентрациях они действуют как токсиканты. На рис. 1 показано биологическое действие биогенной (Cu) и небιοгенной (Cd) солей на живые тест-системы.

В малых концентрациях медь оказывает отрицательное влияние (недостаток микроэлементов). С повышением концентрации появляется стимулирующий эффект, который усиливается, достигая своего оптимума, а затем снижается и, переходя точку ПДК (стрелка), оказывает отрицательное действие. Кадмий ведет себя иначе. В очень малых концентрациях его влияние незначительно, затем его токсическое действие усиливается, достигая точки ПДК (пунктирная стрелка), наступает перелом с усилением токсического эффекта.

Целью работы является выявление действия биогенных и небιοгенных тяжелых металлов на плазмолиз протоплазмы растительной клетки.

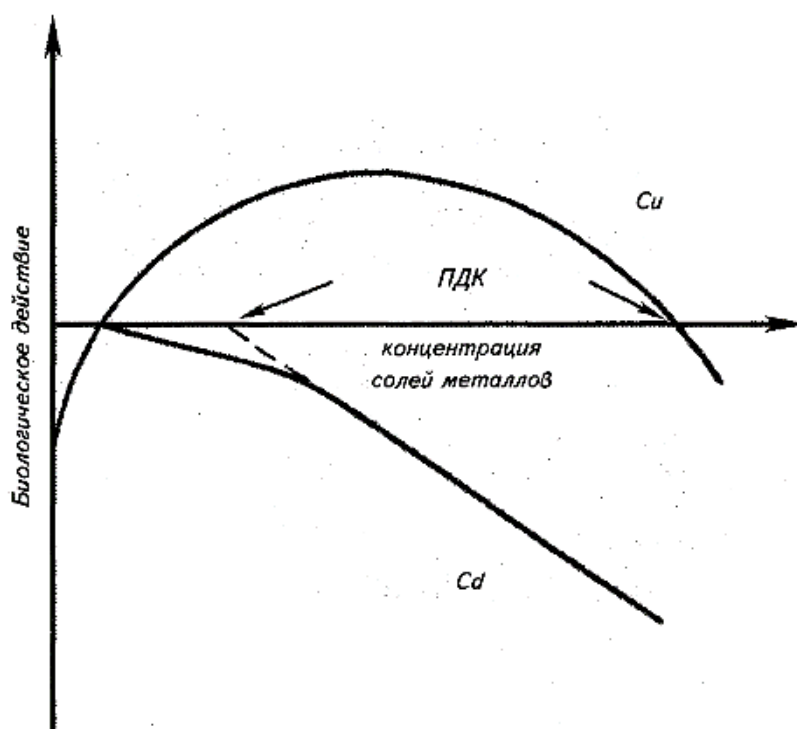


Рис. 1. Схема биологического действия ионов меди (Cu^{2+}) и кадмия (Cd^{2+}) (по Скурлатову с соавт., 1994).

Оборудование, реактивы, материалы

1) микроскоп; 2) предметные и покровные стекла; 3) препаровальная игла; 4) бритвы; 5) пипетка на 1-3 мм; 6) стаканы с дистиллированной водой; 7)

кусочки фильтровальной бумаги; 8) 5%-ный растворы солей CuSO_4 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и др.; 9) луковица синего лука или фиолетовые листья традесканции.

Ход работы

С поверхности сильноокрашенной синей луковицы сделать несколько срезов эпидермиса, состоящего из 1 - 2 слоев окрашенных клеток, содержащих антоциан. Поместить срезы по отдельности в капли воды на предметные стекла, закрыть покровными стеклами и рассмотреть в микроскоп. Клетки с окрашенным клеточным соком зарисовать; найти и рассмотреть устьица.

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

Б. Выявить комплексное действие повышенной температуры и одной из наиболее токсичных солей. Для этого препараты, в которых заменена вода на раствор соли, выдерживают 10 мин. на водяной бане при температуре 40°C , а потом рассматривают в микроскоп и зарисовывают. При этом часто наблюдается усиление плазмолиза и почернение содержимого некоторых клеток. Очевидно, соли свинца при реакции с сероводородными группами белков дают черный цвет.

Работа № 3. Влияние солей тяжелых металлов на коагуляцию растительных и животных белков

Работа наглядно показывает действие солей биогенных и небиеогенных тяжелых металлов на животные и растительные белки, выявляет разницу в реакции тех и других. Белки с тяжелыми металлами образуют комплексы, нерастворимые в воде.

Оборудование, реактивы, материалы

1) пробирки - 16 шт.; 2) пузырьки из-под пенициллина - 8 шт.; 3) стаканчик - 1 шт.; 4) пипетка на 1 мл - 1 шт.; 5) пипетка аптечная - 2 шт.; 6) стеклоглаф; 7) фильтровальная бумага; 8) 5%-ный раствор CuSO_4 ; 9) 5%-ный раствор $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$; 10) дистиллированная вода; 11) животный белок (куриного яйца); 12) растительный белок (зернового гороха).

Ход работы

Приготовить в пузырьках серию растворов сульфата меди CuSO_4 и нитрата свинца $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ из исходного 5%-ного раствора (2,5%; 1,25%; 0,62%). В 8 пробирок пипеткой внести по 1 мл животного белка, а в другие 8 - по 1 мл

растительного белка (для обеих солей всего 8 растворов). В каждую пробирку добавить по 2 капли одного из указанных растворов испытуемой соли. Все пробирки пометить стеклографом. Рассмотреть характер коагуляции на темном фоне (кусочек черной бумаги, доска и др.).

Схема записи результатов

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

Определить концентрацию раствора соли, при которой происходит коагуляция белка (при разном виде солей и при разном типе белков).

Ответить на следующие вопросы:

1. На какой из видов белков (животный или растительный) сильнее всего действует: а) CuSO_4 и б) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$?

2. Какая соль (свинца или меди) сильнее действует: а) на животный белок и б) на растительный белок. Почему?

Часть 2. Охрана окружающей среды

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). Поэтому в настоящее время нет такой области естественных наук, где бы экология не нашла свою нишу, свое практическое приложение. Это химическое, биологическое и физическое загрязнение среды, источником которых являются промышленность, автотранспорт, радиоактивные выбросы, пестициды, неочищенные химические удобрения, их неправильное применение и др. Очень остро стоит проблема утилизации отходов, которые в городах и пригородах занимают огромные площади. Выход из сложившегося положения один - разумное природопользование, основанное на знании химических и биологических законов. Следует также понимать и учитывать, что большинство загрязнителей не остается на месте, а перемещается по планете, расширяя свои территории, в результате чего наука об охране окружающей среды давно вышла на глобальный уровень. В связи с вышеизложенным, в части 2 предложен ряд лабораторно-практических работ, связанных с охраной окружающей среды. Прежде всего, рассматривается микробиологическое загрязнение рабочих помещений, где люди определенных специальностей

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

Проблема загрязнения почв и пищевых продуктов избытками удобрений освещена в работах, где студенты учатся определять содержание нитратов в овощных культурах. Основным загрязнителем воздуха и почв городов является автотранспорт. При выполнении работ студенты обучаются определять загруженность улиц автотранспортом и сравнивать полученные данные с нормативными показателями, а также рассчитывать загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта в зависимости от различных параметров движения и расположения улиц.

Работа № 4. Количественный учет микроорганизмов в воздушной среде рабочих помещений. Влияние летучих выделений растений на содержание микроорганизмов в воздухе

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 капельно-жидким путём. Так, в школах 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.

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

Так, один гектар можжевельного леса в Крыму выделяет до 30 кг летучих фитонцидов за сутки (Б.П.Токин, 1967). 1 гектар лиственных лесов выделяет за сутки около 5 кг фитонцидов. В молодом хвойном лесу воздух практически стерилен, а в населенных пунктах, прилегающих к хвойному лесу (несмотря на содержание скота), в воздухе содержится мало бактерий.

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

Оборудование, реактивы, материалы

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; 11) 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 производится влажная уборка и стерилизация включением бактерицидной лампы на 15-20 мин.

Мясо-пептонный агар после автоклавирования быстро разливают из пробирок в чашки Петри. Последние вынимают из бумаги после их стерилизации и ставят на край стола малой крышкой вниз, а большую крышку слегка приоткрывают. Перед выливанием смеси край пробирки или горлышко колбы обжигают в пламени спиртовки. После выливания питательной среды крышку быстро закрывают и распределяют смесь ровным слоем, осторожно наклоняя чашку Петри во все стороны. Дают остыть и уплотниться агару.

А. Определение количества микроорганизмов в воздухе

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

Б. Влияние летучих выделений измельченных растений на содержание микроорганизмов

Приготовить две чашки Петри с питательной средой и выдержать по 5 мин. в помещении с большим количеством микроорганизмов. Закрывать крышками. Нарезать и быстро растереть в ступке с толченым стеклом 1 г молодых листьев или почек растений с сильной фитонцидной активностью (молодая хвоя, листья тополя, черемухи). В случае если мезга растений не обладает достаточной сочностью, к ней добавляют во всех вариантах опыта одинаковое количество капель стерильной воды. После растирания листья перенести быстро шпателем в большую крышку чашки Петри, распределив по дну равномерно. Поместить на чашку с кашицей перевернутую чашку с агаром и посевом микроорганизмов из загрязненного воздуха, выдержать 30-40 мин. После этого закрыть каждую чашку с агаром своей крышкой, перевернуть, поместить все чашки в термостат при температуре +25°C.

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

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

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

Сделать вывод о степени загрязнения воздуха в исследуемых помещениях микроорганизмами, о влиянии на этот процесс фитонцидной активности разных растений, исходя из того, что санитарная норма - 11 тыс. микроорганизмов на 1 м³ воздуха.

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

Работа № 5. Оценка фитонцидной активности растений и токсичности оседающей на них пыли в опытах с простейшими и с насекомыми

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

С древности люди использовали фитонцидные свойства растений 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.).

Широко применяются с древности вдыхание паров эвкалипта, пихтовой смолы, полоскание горла вытяжками из почек сосны, березы и др.

В данной работе предлагаются методы оценки фитонцидной активности растений по их влиянию на простейших (рис. 2). Этот же метод может широко

применяться и для оценки токсичности оседающей на растениях пыли в районе промышленных предприятий, в городах и т. п.

Оборудование, реактивы, материалы

1) микроскоп; 2) предметные и покровные стекла; 3) часовые стекла или предметные с выемкой; 4) пипетки; 5) стаканчики на 100 мл; 6) чашки Петри; 7) маленькие ступки с пестиками; 8) свежие листья растений (тополя бальзамического, черемухи, хвойных), сухие листья эвкалипта, календулы, полыни, чабреца, почки сосны для приготовления вытяжек; 9) сенной настой или вытяжка из плодородной почвы; 10) насекомые.

Ход работы

А. Проба с простейшими

Для опытов берут культуру простейших, приготовленную заранее.

а) Висячую каплю культуры простейших помещают над часовым стеклом с кашицей или вытяжкой исследуемого материала, чтобы они не соприкасались и, наблюдая в микроскоп при увеличении 300 или 600 (в зависимости от цели), отмечают по секундомеру время прекращения движения простейших. Фитонцидную активность (А) выражают в единицах, рассчитанных по формуле:

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

где Т - время.

Картина гибели простейших под влиянием фитонцидов разных растений различна. Это - растворение (лизис) образование вздутий и пузырей, сморщивание, просто прекращение движения и т. д.

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

Через некоторое время можно видеть и морфологические изменения, указанные в предыдущем разделе данной работы.

Для исключения растекания капли вытяжки ее место можно ограничить, сделав предварительно на предметном стекле петлю из человеческого волоса, в которую и помещают каплю культуральной жидкости.

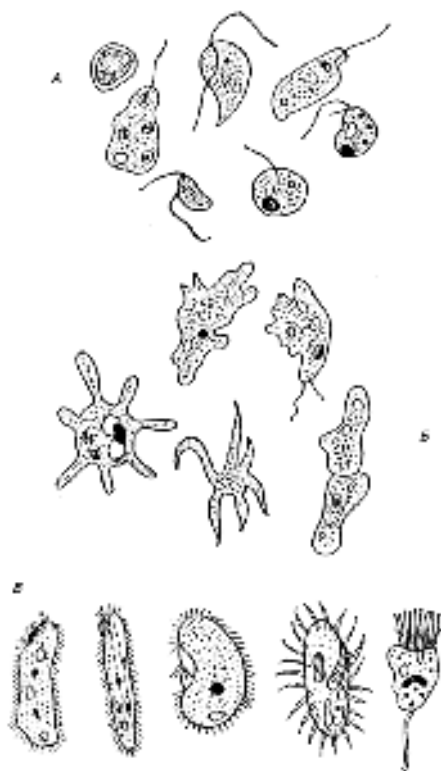


Рис. 2. Простейшие - обитатели почвы: А - жгутиковые, Б - амёбы, В - инфузории

Приготовление культуры микроорганизмов

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

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

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

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

Приготовление кашиц и настоев

Мелко нарезанные листья растений быстро растирают в ступке и сразу помещают на часовое стекло. В случае длительного стояния растертого материала фитонцидная активность теряется. Если листья недостаточно влажны и плохо растираются, в ступку добавляют небольшое количество воды. При растирании твердых листьев (эвкалипта, тополя, хвойных) в ступку

добавляют дробленое просеянное через сито (1-2 мм) стекло или крупный промытый речной кварцевый песок. При дроблении стекла лучше использовать полотняный мешочек и молоток

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

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

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

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

В. Подводная проба на антимикробные вещества в высших растениях

Целые неповрежденные листья разных растений помещают в стеклянные стаканчики (или банки на 100 мл) с равным объемом дистиллированной воды, к которой добавлена 1/10 часть воды из пруда, водохранилища. Сосуды оставляют в теплом затемненном месте на одну - две недели. В течение этого времени неустойчивые к бактериальному разложению листья разлагаются, а устойчивые - сохраняются. При сильной бактериальной загрязненности естественных вод и проведении опытов в жаркую погоду получение результатов резко ускоряется и иногда наблюдения надо проводить каждые 2 часа или в 2 раза увеличить разбавление воды (1:20). Наиболее устойчивыми к разложению являются листья хвойных деревьев, тополя бальзамического.

Работа №6. Определение антимикробных свойств высших растений и биологической загрязненности разных вод методом «подводной пробы»

Опыт может быть поставлен в трех аспектах.

1. Определение антимикробных свойств листьев разных растений в загрязненных водах, что имитирует очищающую роль листьев, падающих в водоемы, по берегам которых расположены лесные насаждения.

2. Влияние температуры среды на биологическую (микробиологическую) активность вод.

3. Микробиологическая загрязненность разных вод.

Оборудование, реактивы, материалы

1) серия стерильных стаканчиков на 100 мл (или банки); 2) крышки к стаканчикам (можно использовать чашки Петри, часовые стекла или фольгу);

3) термостат; 4) длинный пинцет; 5) термометр; б) листья растений в период их активной вегетации.

Ход работы

А. Антимикробные свойства листьев разных растений

В одни стаканчики наливают одинаковое количество дистиллированной воды (контроль), в другие стаканчики наливают также дистиллированную воду, но разбавленную на 1/3 водой из пруда, водохранилища, реки с тихим течением, из водоемов, загрязненных органикой. В случае сильного биологического загрязнения разбавление следует увеличить. Повторность опытов трехкратная.

Неповрежденные зеленые листья разных растений (тополя черного, бальзамического, ивы, березы, ясеня, липы), сорванные непосредственно перед опытом или с предварительно отобранных и поставленных в воду веток, взвешивают и помещают в относительно равных весовых количествах в стерильные стаканчики с испытуемой водой, прикрывают крышками или фольгой, помещают в темноту при температуре 18-20°C. Постоянно следят за состоянием листьев (в течение недели и более). Разложение тканей листьев (а, следовательно, и снижение их биологической активности) видно по разрушению хлорофилла, побурению (можно посмотреть на свет), непрочности листовой ткани.

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

Б. Влияние температуры водной среды на биологическую (микробиологическую) активность вод

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

Для охлаждения стаканчиков с водой их ставят в холодную воду. Можно использовать также водяные бани, наполненные тающим льдом. Баня со смесью соль - лед - вода позволяет получать температуру значительно ниже нуля и довольно быстрое охлаждение.

В. Биологическая загрязненность вод

Для этого в опытах используют воду из разных источников (прудов, водохранилища, родников), в которую помещают листья одинаковых растений небольшой или средней устойчивости. При использовании листьев наиболее устойчивых видов (например, тополей) время опыта значительно удлиняется. После экспозиции в темноте выявляют наиболее биологически загрязненный водоем, в воде которого листья разрушаются особенно быстро.

В результате проведенных опытов студенты отвечают на следующие вопросы.

1. Листья каких растений обладают наибольшей антимикробной активностью?

2. Какие воды (из исследуемых) являются наиболее биологически загрязненными?

3. Как влияет температура на проявление антимикробной активности растений?

Работа № 7. Оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта (по концентрации CO)

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 бензину. 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.

Частные решения этой проблемы - установка фильтров для очистки выхлопных газов и дожигающих углеводороды устройств, замена содержащих свинец антидетонаторных добавок, такая организация движения транспорта, которая уменьшает и исключает частую смену режимов работы двигателей: создание дорожных развязок, расширение дорожного полотна, строительство переходов и т. д. Кардинально проблема может быть решена при замене двигателей внутреннего сгорания на электрические. Для уменьшения токсических веществ в выхлопных газах автомобилей предлагается замена бензина другими видами горючего, например смесью различных спиртов. Перспективны газобаллонные автомобили.

Загрязнение атмосферного воздуха отработанными газами автомобилей удобно оценивать по концентрации окиси углерода, в мг/м³:

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

Где:

0,5 - фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м³,

N - суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, автомобилей / час,

K_T - коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода,

K_A - коэффициент, учитывающий аэрацию местности,

K_У - коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона,

K_C - коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра,

K_B - то же в зависимости от относительной влажности воздуха,

K_п - 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.

Таблица 1

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

Значение коэффициента K_A, учитывающего аэрацию местности, определяется по табл. 2.

Таблица 2

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

Значение коэффициента K_y , учитывающего изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона, определяем по табл. 3.

Таблица 3

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

Коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра K_c , определяется по табл. 4

Таблица 4

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.5.

Таблица 5

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

Коэффициент увеличения загрязнения воздуха окисью углерода у пересечений приведен в табл.6.

Таблица 6

Тип пересечения	Коэффициент K_n
Регулируемое пересечение -со светофорами обычное	1,8

-со светофорами управляемое	2,1
-саморегулируемое	2,0
Нерегулируемое:	
-со снижением скорости	1,9
-кольцевое	2,2
-с обязательной остановкой	3,0

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

Задание:

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

Оценить уровень загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода.

Какие мероприятия позволят снизить уровень выбросов? Перечислите.

Работа №8. Оценка состояния почвенно-биотического комплекса

Цель. Ознакомиться с методикой отбора почвенных проб и подготовкой их к анализу при проведении экологического контроля. Освоить методы оценки биологической активности и токсичности почвы.

А. Отбор проб почвы

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

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

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

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

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

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

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

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения тяжелых металлов, отбирают инструментом, не содержащим металлов. Перед отбором точечных проб стенку прикопки или поверхность керна следует зачистить ножом из полиэтилена или полистирола или пластмассовым шпателем.

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения летучих химических веществ, следует сразу поместить во флаконы или стеклянные банки с притертыми пробками, заполнив их полностью до пробки.

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения пестицидов, не следует отбирать в полиэтиленовую или пластмассовую тару.

Пробы почвы для химического анализа высушивают до воздушно-сухого состояния по ГОСТ 5180-84. Воздушно-сухие пробы хранят в матерчатых мешочках, в картонных коробках или в стеклянной таре.

Пробы почвы, предназначенные для определения летучих и химически нестойких веществ, доставляют в лабораторию и сразу анализируют.

Б. Подготовка к анализу

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

В. Метод определения активности ферментов

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

На основе обобщения соответствующих данных предложена система оценки биологической активности почвы (табл. 9).

Таблица 9.

Шкала для сравнительной оценки биологической активности почвы

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

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

Материалы и оборудование.

1) термостат биологический; 2) вакуумный насос; 3) фотоэлектроколориметр; 4) вакуумная колба на 50 мл с притертой стеклянной пробкой; 5) колбы мерные на 25 мл.

Реактивы. 1) соль тетразолия (2,3,5-трифенил-тетразолий хлористый, ТТХ); 2) углекислый кальций; 3) спирт этиловый.

Определение активности дегидрогеназ.**Ход работы**

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

Навеску почвы 1 г помещают в 50-миллилитровую вакуумную колбу с притертыми стеклянными пробками, добавляют 10 мг углекислого кальция и тщательно смешивают. Для определения дегидрогеназ лучше использовать свежие образцы почвы, так как при высушивании образцов почвы активность этого фермента снижается до 50-80%. Затем добавляют 1 мл 1%-ного раствора ТТХ. Определение проводят в анаэробных условиях, для этого воздух из колбы эвакуируют при разрежении 10-12 мм рт. столба в течение 2-3 мин. Колбы осторожно встряхивают и ставят в термостат при 38°С на 24 ч. Контролем служит стерилизованная почва и субстраты без почвы. После окончания

инкубации в колбы добавляют по 25 мл этилового спирта и встряхивают в течение 5 мин. Содержимое колбы фильтруют, и полученный раствор ТФФ колориметрируют на фотоэлектроколориметре, используя кюветы шириной 5 мм и синий светофильтр с длиной волны 500-600 мм. Количество формазана в мг рассчитывают по стандартной кривой.

Для составления калибровочной кривой готовят стандартный раствор формазана в этиловом спирте (0,1 мг в 1 мл), затем в мерные колбы на 25 мл берут соответствующее количество стандартного раствора, содержащее от 0,1 до 1,0 мг формазана, этанолом доводят до метки и фотоколориметрируют согласно вышеописанному способу. Активность дегидрогеназ выражают в миллиграммах ТФФ на 10 г почвы за сутки. Ошибка определения - до 8 %.

Г. Определение активности каталазы

Одним из характерных показателей биологической активности почвы является активность каталазы. Каталаза разлагает ядовитую для клеток перекись водорода, образующуюся в процессе дыхания живых организмов и в результате различных биохимических реакций окисления органических веществ, на воду и молекулярный кислород: $2\text{H}_2\text{O}_2 \xrightarrow{\text{каталаза}} 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

Каталазная активность характерна для всех живых организмов, в том числе и микроорганизмов. Каталаза широко распространена также в почвах. Активность каталазы определяют или газометрическим методом, основанным на измерении скорости разложения перекиси водорода при ее взаимодействии с почвой, по объему выделившегося кислорода, или по количеству неразложившейся перекиси, которое учитывают путем перманганатометрического титрования колориметрическим способом с образованием окрашенных комплексов. Газометрический метод как быстрый, точный, не требующий сложной аппаратуры, наиболее широко применяется в практике.

Реактивы: 30%-ный раствор H_2O_2 , CaCO_3 .

Ход работы

Навеску 1г просеянной почвы вносят в толстостенную колбу или склянку емкостью 100 мл, добавляют 0,5г CaCO_3 . Затем осторожно на дно ставят с помощью пинцета маленький стаканчик с 1,7 мл 10%-ного раствора перекиси водорода. Навеску почвы смачивают 4 мл дистиллированной воды. Колбу или склянку плотно закрывают каучуковой пробкой, имеющей трубку, соединенной толстостенным каучуком через тройник, снабженный зажимом или краном, с бюреткой, которая сообщается с грушей. Бюретка и груша заполнены водой. Уровень воды в бюретке и груше уравнивают и последнюю закрепляют на определенной высоте. Затем закрывают кран, тем самым, устраняя сообщение прибора с внешней средой. Нужно следить, чтобы уровень воды в бюретке оставался неподвижным, что свидетельствует о достижении температурного равновесия между температурой прибора и комнаты.

Начало опыта отмечают по секундомеру в тот момент, когда сосудик с перекисью водорода опрокидывают и вслед за этим встряхивают содержимое колбы. Взбалтывание смеси следует продолжать все время опыта, не касаясь непосредственно колбы руками. Выделяющийся кислород вытесняет из бюретки воду, уровень которой отмечают. Контролем служит стерилизованная сухим жаром (180°C) почва. Количество выделившегося молекулярного кислорода учитывают в течение 1 мин при температуре 18-20° С. Периодические отсчеты через 0,5; 1 и 2 мин. выделившегося кислорода позволяют вести наблюдения и за кинетикой процесса. Активность каталазы выражают в мл кислорода, выделившегося на 1 г почвы. Ошибка определения - до 5%.

Д. Определение токсичности почвы (метод биотестирования)

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

В основе метода биологической диагностики почв лежит представление о том, что почва как среда обитания составляет единую систему с населяющими ее организмами.

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

В качестве тест-объектов могут использоваться растения или отдельные их части, грибы, насекомые и т.д.

Основным требованием к тест-объекту является его высокая чувствительность к определяемому токсиканту или продуктам его распада.

Метод биотестирования позволяет выявить суммарную токсичность почвы без значительных денежных, трудовых и временных затрат. Он необходим при оперативном решении практических задач.

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

Ход работы

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

Опыт учитывают на третьи сутки после прорастания семян при комнатной температуре. При их прорастании в биотермостате при температуре

25-26°C время учета сокращается до 2-2,5 суток. Контролем служат семена, пророщенные на условно чистой почве. Измеряют общую длину корней проростков в каждой повторности, учитывают также невсхожие семена (всхожими считаются семена, прорвавшие оболочку). После измерения длины корней в четырех повторностях рассчитывают среднюю длину корней взошедших семян, а также процент снижения их длины по сравнению с контролем. Уменьшение длины корней проростков по отношению к контролю, выраженное в процентах, и является показателем токсичности почвы при применении химических средств защиты растений.

Достоверной считается токсичность 20% и выше. Такая токсичность по биотесту при сравнении с калибровочной шкалой растворов пестицидов соответствует их количеству, превышающему остаточные количества препаратов, определенных физико-химическими методами, в три раза и более. Оценка загрязнения сельскохозяйственной продукции

По своему положению и свойствам почва фактически является конечным местом сосредоточения всех природных и антропогенных загрязнений, при этом последние вносят основной вклад.

Для борьбы с вредителями сельскохозяйственных растений и сорняками широко применяют разнообразные ядохимикаты: пестициды, инсектициды, гербициды, дефолианты. Установлено, что устойчивые пестициды, широко применяемые для защиты растений от вредителей, болезней и сорняков и сохраняющие до 1/3 урожая, отрицательно влияют на численность и активность почвенной фауны и микроорганизмов. Пестициды и продукты их естественных превращений вредны для личинок полезных животных: насекомых-опылителей и энтомофагов, насекомоядных, хищных, промысловых птиц и млекопитающих.

Остатки пестицидов вместе с собранным урожаем и водой могут попадать в пищу и причинять вред здоровью человека. Решение проблемы применения пестицидов в сельском хозяйстве заключается в строгой дозировке и умелом их использовании. Важно создавать препараты с малым периодом жизни, которые сравнительно быстро разрушаются; продукты их естественной переработки должны быть неядовитыми. В последние годы для борьбы с сельскохозяйственными вредителями стали применять новые быстро разлагающиеся препараты, однако проблема получения безопасных для полезных животных и человека ядохимикатов требует дальнейших

Работа №9. Оценка загрязнения сельскохозяйственной продукции

Цель. Освоить методы отбора проб продукции растениеводства при проведении экологического контроля и определения токсичности продуцентов.

А. Отбор проб растений

Отбор проб растений в полевых условиях производят в нескольких местах на равном расстоянии по двум диагоналям участка. Средний образец составляют из 20-30 индивидуальных образцов растений. Для исследования многолетних кормовых растений берут 1/4 куста у 15 растений.

Для определения токсикантов анализируют целое растение или отдельные его части (листья, стебли, корни и т.д.).

Средние образцы овощей (томат, перец, огурец, лук, салат) и корнеплодов отбирают через равные промежутки (через 6-10 растений). Плоды берут по ярусам (верхний, средний, нижний), не менее чем с 20-25 растений. Картофель делят на две половины, в которые включают в равных количествах крупные, средние и мелкие клубни. Из них составляют средний образец для анализа.

Формирование средних образцов урожая плодовых и ягодных культур для анализа проводят более чем с 10 деревьев или кустарников. Плоды, ягоды и грозди берут с разных ярусов и сторон. Пробу взвешивают, перемешивают и анализируют.

Отбор проб зерна и других сыпучих продуктов массой более 20 кг проводят совком или щупом из разных участков партии. Объединенные части проб разделяют (метод квартования) крестообразно и из каждой части формируют средний образец. Перед анализом среднюю пробу измельчают, пропускают через сито с диаметром отверстий 1,0 мм.

Анализ образцов желательно проводить сразу после отбора. Если этого сделать невозможно, то их необходимо хранить в холодильнике (морозильнике) при температуре - 10-30°C.

Б. Определение токсичности растительной продукции

Для оценки токсичности клубней картофеля и других корнеплодов берут навеску 400-500 г, тщательно отмывают водопроводной водой, обсушивают фильтровальной бумагой. Всю пробу растирают на пластмассовой или из нержавеющей стали терке. Среднюю пробу составляют из секторов, вырезанных из 10-15 клубней или корнеплодов; лучше использовать соковыжималку. Протертую массу тщательно перемешивают и отжимают через марлевую салфетку в химические стаканы емкостью 25 мл. После 30-минутного осаждения нерастворимых частиц семена редиса красного замачивают в 4 мл полученного сока. Его токсичность определяют аналогично токсичности почвы. У корнеплодов сахарной свеклы сок следует брать в соотношении с водой 1:1, так как повышенное содержание в них сахарозы - более 14-15% - обуславливает снижение длины корней проростков.

При определении токсичности зерна его размалывают на мельнице. Среднюю пробу 15-20 г заливают 30-40 мл стерильной воды (1:2), взбалтывают в течение 2,5 ч., затем всю массу помещают в центрифужные пробирки и центрифугируют в течение 30 мин. при 6 тыс. об/мин. с охлаждением при температуре 0°C. Затем семена заливают 4 мл надосадочной жидкости и определение ведут по ранее описанному методу (определение токсичности почвы).

Работа №10. Загрязнение пищевых продуктов нитратами и их определение в различных овощных культурах в зависимости от вида, сорта, органа.

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 содержанию 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 (табл. 7), 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 сосущих 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 нитрат-ион 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 разбавлять и употреблять в малых дозах.

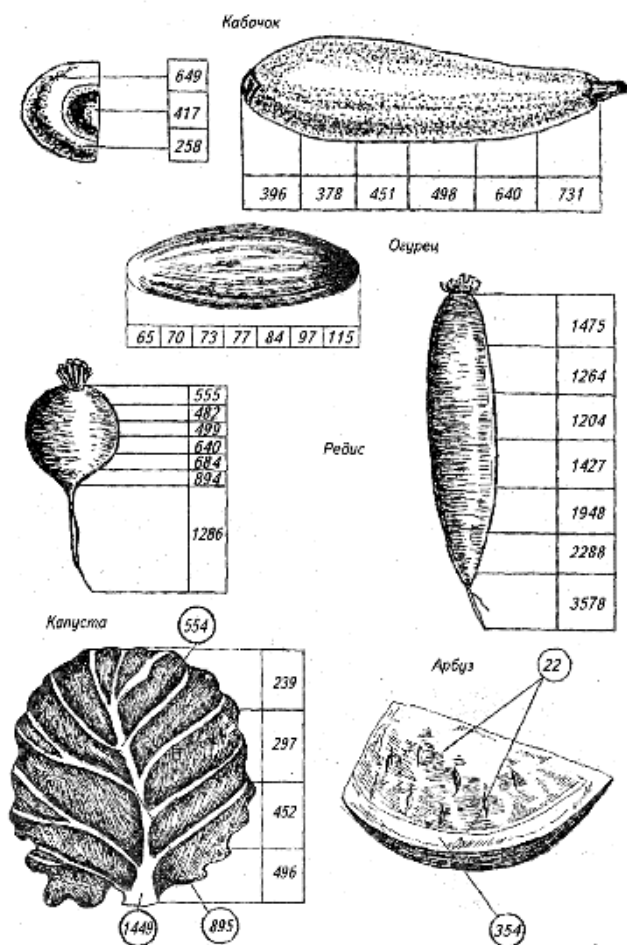


Рис. 3. Распределение нитратов в растениях (мг/кг сырой массы).

Содержание нитратов можно уменьшить вымачиванием, кипячением продуктов (если отвар не используется), удалением тех частей, которые содержат большое количество нитратов.

Допустимые нормы (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 м, а при 60-70 кг - 300-350 мг.

Таблица 7

Содержание нитратов в сельскохозяйственной продукции и их допустимые уровни (мг/кг сырой массы по нитрат-иону)

Вид растения	Допустимые уровни
--------------	-------------------

	Содержание нитратов	Для открытого грунта	Для закрытого грунта
Арбузы	40-600	60	
Баклажаны	80-270		
Брюква	400-550	400	
Горошек зеленый	20-80		
Дыня	40-500	90	
Капуста белокочанная	600-3000	900	
Капуста кольраби	160-2700	400	
Кабачки	400-700	400	400
Картофель	40-980	250	
Кресс-салат	1300-4900	2000	3000
Лук зеленый	40-1400	600	800
Лук репчатый	60-900	80	
Морковь	160-2200	400	
Огурец	80-560	150	400
Перец сладкий	40-330	200	400
Петрушка (зелень)	1700-2500	1800	
Редька черная	1500-1800	1300	
Редис	400-2700	1500	
Репа	600-900	700	
Салат	400-2900	2000	3000
Свекла столовая	200-4500	1400	
Томаты	10-180	150	300
Укроп	400-2200	2000	3000
Фасоль	20-900		
Чеснок	40-300		
Шпинат	600-4000	1200	
Щавель	240-400		

В предлагаемой работе изложен метод определения нитратов у различных видов, сортов, тканей и частей овощной продукции, который основан на хорошо известной реакции нитрат-иона с дифениламином. При этом описываются два варианта: с использованием выжатого сока и целых растений.

А. Определение нитратов в соке растений.

Оборудование, реактивы, материалы

1) ступки малые с пестиком; 2) предметные стекла; 3) марлевые салфетки; 4) мелкие емкости - пузырьки из-под пенициллина с пробками; 5) пипетки химические на 5 мл; 6) пипетки медицинские; 7) скальпели; 8) 1%-ный раствор дифениламина в концентрированной серной кислоте; 9) исходный раствор для построения калибровочной кривой; 10) дистиллированная вода; 11)

термостойкий химический стакан на 0,5-1 л для кипячения овощей; 12) электроплитка; 13) части различных овощей, содержащих наибольшее количество нитратов с неокрашенным соком (капуста, кабачки, картофель, морковь, дыня, арбузы и др.).

Ход работы

В один из пузырьков наливают 10 мл исходного раствора нитрата натрия, соответствующего по концентрации максимальному содержанию нитратов в овощах (см. табл.7) - 3000 мг на кг. Следует отметить, что в отдельных органах растений встречаются и значительно большие концентрации.

Под предметное стекло подкладывается лист белой бумаги, на стекло капают две капли изучаемого раствора и две такие же капли дифениламина в трехкратной повторности. Описывают реакцию согласно следующей градации, которую можно использовать как для калибровочных растворов, так и для двух типов анализов.

Готовят серию калибровочных растворов путем разбавления пополам предыдущего. Получают серию растворов с разным содержанием нитратов: 3000, 1500, 750, 375, 188, 94, 47, 23 мг/кг.

Овощи и плоды расчленяют на части: зона, примыкающая к плодоножке, кожура, периферийная часть, срединная часть, кочерыжка (у капусты), жилки, лист без жилок. Вырезанные части мелко режут ножом и быстро растирают в ступке, сок отжимают через 2-3 слоя марли. 2 капли сока капают на чистое предметное стекло, положенное на белую бумагу, добавляют 2 капли дифениламина.

Таблица 8.

Баллы	Характер окраски	Содержание нитратов, мг/кг
6	Сок или срез окрашивается быстро и интенсивно в иссиня-черный цвет. Окраска устойчива и не пропадает.	3000
5	Сок или срез окрашивается в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время.	3000
4	Сок или срез окрашивается 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

Быстро описывают все наблюдаемые реакции согласно схеме. 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.

Схема записи

Содержание нитратов в различных овощах и плодах

Исследуемое растение	Часть	Баллы	Содержание нитратов в мг/кг
Картофель	А) под кожурой		
	Б) <i>серединная часть</i>		
Капуста	А) Жилки		
	Б) Кочерыжка		
	В) Лист		

Б. Определение нитратов в целых растениях

Отрезают у свежих растений части в виде толстых срезов: куски стеблей, черешков, плодов. Кладут их на полоску бумаги. Капают на различные части среза по несколько капель 1%-ного раствора дифениламина в серной кислоте, отмечают окрашивание согласно вышеприведенной шкалы. При этом в случаях малых концентраций нитратов в продукции и при отсутствии синей окраски может наступить порозовение ткани, вследствие ее обугливания от серной кислоты в реактиве дифениламина.

Указанный метод дает возможность оценить и сравнить разные ткани овощных и других растений прямо в поле. Он проверен и хорошо действует на хлебных злаках, картофеле, корнеплодах, овощах, бобовых, многолетних травах для оценки обеспеченности различных сельскохозяйственных культур азотом. Показано, что нитраты исчезают в фазе цветения, но их много в период вегетативного роста, который и должен быть использован для оценки. Нитраты сразу утилизируются (не проявляются в анализах) в меристемах, в почках, бутонах и цветках различных сельскохозяйственных.

В. Определение нитратов методом ионоселективных электродов

На 10 г свежеразмолотых плодов и овощей наливают 50 мл 1%-ного раствора алюмокалиевых квасцов. Анализ проводят в стаканчиках на 100 мл, взбалтывают 3-5 мин. Определяют ионоселективными электродами на нитрат-ион с использованием потенциометра (рН-метра). Калибровку делают по KNO_3 .

Приготовление реактивов:

1%-ный раствор дифениламина в серной кислоте: 1 г дифениламина растворяют в 99 г концентрированной серной кислоты (плотностью 1,84). Это соответствует приблизительно 54 мл H_2SO_4 .

$$p = \frac{m}{V}; \quad V = \frac{m}{p} = \frac{99}{1,84} = 53,8 \text{ мл}$$

Исходный раствор NaNO_3 для построения калибровочной кривой: если растворить 1 г NaNO_3 в 1 л воды, то это будет соответствовать 729 мг/кг нитратов (по нитрат - иону): 85 - 1000мг (1 г)

$$62 - x$$
$$x = \frac{62 \cdot 1000}{85} = 729 \text{ мг / кг ,}$$

Где: 85 - молекулярный вес NaNO_3 ,

62 - молекулярный вес нитрат-иона (NO_3^-).

Однако, наибольшее содержание нитратов в распространенных видах овощей - 3000 мг/кг.

729 – 1000 мг (1 г)

3000 – x

$$x = \frac{3000 \cdot 1000}{729} = 4,11 \text{ г ,}$$

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

Работа №11. Определение выноса биогенных элементов

с сельскохозяйственных угодий

Цель. Освоить методику расчета выноса биогенных веществ из агроэкосистем.

Биогенные элементы поступают в гидрографическую сеть от точечных и площадных источников, расположенных в прибрежных зонах (до 500 м) ложбин, лощин и балок или в водоохраных зонах рек.

Расчет выноса биогенов с сельскохозяйственных угодий (площадные источники) проводят на основе известных агрохимических зависимостей, связывающих количество выносимых веществ со свойствами видами и урожайностью сельскохозяйственных культур.

Расчетное уравнение для определения выноса биогенов из почвы основывается на урожайности сельскохозяйственных культур как на интегральном показателе состояния нескольких базовых факторов (почва, метеорологические условия, продолжительность вегетационного периода, количество применяемых удобрений, способы их внесения и др.). Удельный вынос биогенов с площади, занятой i -й сельскохозяйственной культурой (R_i), определяют по формуле: $R_i = \alpha_N k_i y_i + \alpha_P k_i y_i + \alpha_K k_i y_i$,

Где α_N , α_P , α_K - соответственно коэффициенты выноса азота, фосфора и калия для различных почвенных условий и сельскохозяйственных культур (табл. 10);

k_i - вынос биогенов с урожаем i -й сельскохозяйственной культуры, кг т (табл. 11);

u_i - фактическая урожайность i -й сельскохозяйственной культуры, т/га.

Таблица 10.

Коэффициент выноса биогенных веществ

Культура	Почвы	α_N	α_P	α_K
Озимая пшеница	Дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы оподзоленные и выщелоченные, черноземы обыкновенные	0,16 0,11...0,12	0,12 0,10...0,11	0,07 0,01...0,07
	Дерново-подзолистые, черноземы оподзоленные и выщелоченные	0,28	0,11	0,36
Яровые зерновые (колосовые)	Все почвы	0,12...0,48	0,04...0,12	0,12...0,41
Картофель	Дерново-подзолистые, серые лесные, черноземы оподзоленные и выщелоченные	0,21...0,30 0,13	0,17...0,19 0,12	0,32...0,33 0,21
	Все почвы	0,50...0,61	0,15...0,25	0,25...0,60

Таблица 11.

Вынос биогенов из почвы с урожаем сельскохозяйственных культур, кг/т

Культура	Почвы	N	P ₂ O ₅	C ₂ O
Озимая пшеница	Дерново-подзолистые	34,0	9,0	20,0
	Серые лесные, черноземы оподзоленные и выщелоченные	32,4	12,0	25,6
	Черноземы обыкновенные	29,0	10,0	27,0
	Каштановые	33,0	10,0	25,0
Озимая рожь	Дерново-подзолистые	24,5	12,0	26,0
	Серые лесные, черноземы оподзоленные и выщелоченные	32,6	12,6	27,0
	Дерново-подзолистые	33,0	14,0	26,0

	Серые лесные, черноземы оподзоленные и выщелоченные	37,0	11,0	23,0
	Черноземы обыкновенные	40,0	11,0	23,0
	Каштановые	42,0	10,0	32,0
Яровой ячмень	Дерново-подзолистые	26,0	10,4	17,0
	Серые лесные, черноземы оподзоленные и выщелоченные	24,0	12,0	18,0
	Черноземы обыкновенные	30,4	11,4	22,0
Картофель	Дерново-подзолистые	5,0	1,5	2,7
	Серые лесные, черноземы оподзоленные и выщелоченные	2,0	1,4	2,5
Кормовые культуры и многолетние травы	Все почвы	17,6	6,3	19,5

Исходное количество внесенных биогенных элементов определяют по формуле:

$$W_{\text{исх.}} = \sum_{j=1}^m \Phi_{mj} W_{\text{срj}},$$

где $W_{\text{исх.}}$ - исходное количество внесенных в почву биогенов, кг/год;

m - количество видов удобрений;

Φ_{mj} - физическая масса i -го вида вносимых удобрений, т;

$W_{\text{срj}}$ - среднее содержание биогенных элементов в удобрении j -го вида (табл.12).

Таблица 12.

Среднее содержание биогенных веществ в удобрениях, %

Удобрения	Азот	Фосфор	Калий
Органические			
Навоз свежий:			
КРС	0,45	0,23	0,50
Свиней	0,45	0,19	0,60
КРС на торфяной подстилке	0,6	0,22	0,48
Навоз смешанный после 3-5 мес. хранения	0,54	0,25	0,7
Перегной	0,7...2	1,3. ..1,2	0,9
Навозная жижа	0,22	0,01	0,46
Торф верховой	0,9	0,1	0,01
Торф низинный	2,0	0,2	0,15
Птичий помет	1,5	1,5	0,9
Канализационные сточные воды	0,01	0,002	0,004
Торфоминерально-аммиачные удобрения	0,5	0,3	0,4

Минеральные			
Суперфосфат	-	18	-
Фосфоритная мука	-	19...30	-
Костная мука	-	15...30	--
Аммофос	11 ..12	42...44	-
Нитроаммофоска	16	16	16
Аммиачная селитра	-	35	-

Физическую массу удобрений вычисляют по формуле

$$\Phi_{mj} = \sum_{j=1}^m S_j N_j,$$

где S_j - площадь внесения j -го удобрения, га;

N_j - норма внесения j -го удобрения, т/га.

Повышенные потери биогенов могут наблюдаться при низких уровнях технологий использования удобрений (табл. 13).

Таблица 13.

Потери удобрений в результате нарушений технологий их использования, %

Удобрения	Уровень технологий		
	Высокий	Средний	Низкий
Органические	5	10	20
Минеральные	2	4	6

Используя данные табл. 13, можно определить долю потерь биогенных элементов и вычислить их суммарный вынос с участка в результате нарушений технологии ($W_{\text{пот}}$, кг/год) по формуле:

$$\sum W_{\text{пот}} = \sum_{j=1}^m W_{\text{исх}j} q_j,$$

где q_j - доля потерь биогенных элементов в результате нарушений технологии внесения j -го удобрения;

$W_{\text{исх}j}$ - исходное количество внесенных удобрений j -го вида, кг/год,

Общая величина выноса биогенов (об, кг/год) составит

$$W_{\text{об}} = \sum W_{\text{пл}} + \sum W_{\text{пот}},$$

а коэффициент потерь

$$\alpha_{\text{пот}} = W_{\text{об}} / W_{\text{исх}}.$$

Работа № 12. Оценка экологической обстановки территории

В России для оценки экологической обстановки в связи с антропогенным загрязнением атмосферы применяются «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия», утвержденные Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации в 1992 г. Согласно этим «Критериям...», негативное воздействие загрязнения

атмосферного воздуха происходит двумя основными путями, которые необходимо учитывать при определении зон экологического неблагополучия:

- в результате прямого контакта с загрязненным воздухом;
- в результате выпадения загрязняющих веществ из атмосферы и вторичного загрязнения окружающей среды.

Изменение окружающей среды обитания людей устанавливается по ухудшению их здоровья (по медико-демографическим показателям) и степени загрязнения атмосферного воздуха. К основным медико-демографическим показателям относятся смертность, заболеваемость населения, нарушение репродуктивной функции женщин и ухудшение здоровья новорожденных. Степень загрязнения атмосферного воздуха устанавливается по кратности превышения ПДК основных загрязняющих веществ с учетом их биологического действия.

Цель. Ознакомиться с критериями оценки состояния компонентов экосистем для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и экологического бедствия.

Для оценки экологической ситуации используется система показателей, которая включает группу данных о природной составляющей экологической опасности (относительно постоянная группа) и данные, характеризующие антропогенное воздействие (более динамичная группа).

Природную составляющую экологической опасности характеризуют следующие показатели: освоенность, распаханность, лесистость территории, удельный вес земель с уклоном более 2°, густота гидрографической сети, а также удельный вес угодий средостабилизирующего назначения (многолетние насаждения, лес, луг, многолетние травы и т.д.).

Антропогенная группа показателей экологической оценки земель включает такие факторы, как плотность населения и особенности расселения людей, степень концентрации животноводства, особенности размещения ферм, животноводческих комплексов и других экологически опасных объектов (ЭОО), а также величину химической нагрузки на агроландшафт (количество вносимых минеральных удобрений, пестицидов).

Для количественной оценки этих факторов используется метод лимитированной группировки и индексации выделенных групп, сущность которого заключается в том, что весь возможный интервал изменения каждого из признаков подразделяется на определенное число групп и соответствующему значению в группе присваивается индекс (вес фактора) от 0 до 1. При этом максимальное значение индекса соответствует наибольшей экологической опасности данного фактора.

Такой подход позволяет сопоставить разные факторы и провести экспертную оценку всех факторов. Значения основных факторов экологической опасности использования земель приведены в табл. 14.

Таблица 14.

Факторы экологической опасности использования экосистемы

Факторы	Значения факторов	Индексы
А - природные		
Освоенность территории, %	>90	1,0
	90-81	0,9
	80-71	0,7
	70-60	0,5
	<60	0,3
Распаханность территории, %	>75	1,0
	75-66	0,9
	65-56	0,8
	55-45	0,7
	<45	0,5
Лесистость территории, %	<10	1,0
	10-20	0,9
	21-30	0,7
	31-40	0,5
	>40	0,3
Удельный вес земель с уклоном более 2 °, %	>40	1,0
	40-31	0,9
	30-21	0,8
	20-10	0,7
	<10	0,5
Густота гидрографической сети, км/км ²	>2,5	1,0
	2,5-1,0	0,9
	0,9-0,7	0,8
	0,6-0,3	0,6
	<0,3	0,4
Удельный вес угодий средостабилизирующего значения, %	<25	1,0
	25-35	0,9
	36-50	0,7
	51-70	0,5
	>70	0,3
Б - антропогенные		
Плотность населения, чел./ км ²	>200	1,0
	200-150	0,9
	149-101	0,8
	100-50	0,7
	<50	0,5
Степень концентрации животных, усл. голов/100 га с.-х. угодий	>200	1,0
	200-161	0,8
	160-126	0,6

	125-100	0,4
	<100	0,2
Количество пестицидов, кг/га в год	>5,0	1,0
	5,0-3,1	0,8
	3,0-1,6	0,6
	1,5-0,5	0,4
	<0,5	0,2
	Минеральные удобрения, кг/га д.в. в год	>400
40-301		0,9
300-201		0,7
200-100		0,5
<100		0,3
Органические удобрения, т/га в год	<2,0	1,0
	2,0-2,4	0,9
	4,1-6,0	0,8
	6,1-8,0	0,7
	>8,0	0,5
Размещение ЭОО	1,0-0,91	1,0
	0,9-0,81	0,9
	0,8-0,51	0,7
	0,5-0,20	0,5
	<0,2	0,2

Таблица 15.

Значение коэффициентов размещения экологически опасных объектов

Факторы	Балл
1. Размещение на территории водосборного бассейна:	
а) на водоразделе	0,1
б) на склоне	0,3
в) в речной долине	0,9
2. Размещение в отношении селитебных зон:	
а) вне санитарно-защитной, зеленой и др. зон	0,2
б) в непосредственной близости к населенному пункту	0,8
в) в непосредственной близости к населенному пункту	1,0
3. Размещение по отношению к другим охраняемым территориям:	
а) вне буферных зон охраны	1,0
б) в пределах этих зон	0,5
в) в пределах защитных зон	0,9

Эффект от суммарного воздействия факторов рассчитывается по формулам:

1) для природных факторов:

$$\mathcal{E}_n = 100 (K_1 K_2 \dots K_n) / n$$

2) для антропогенных факторов:

$$\mathcal{E}_a = 100(K_1 K_2 \dots K_n) / n,$$

где K - значение индексов;

n - количество факторов.

Индекс опасности загрязнения рассчитывается по формуле

$$I_z = \mathcal{E}_n - \mathcal{E}_a$$

Уровень антропогенной нагрузки на агроландшафт определяется по шкале:

I _z	Уровень антропогенной нагрузки
-10	Чрезвычайно опасный
-10- +5	Критический
5-15	Значительный
>15	Допустимый

Задание. На основе исходных данных (по вариантам, выданным преподавателем по табл. 16) рассчитать уровень экологической нагрузки в хозяйстве и установить, как отдельные виды сельскохозяйственной деятельности влияют на экологическое состояние агроландшафтов.

Таблица 16.

Исходные данные для расчета уровня экологической нагрузки

№ в-та	Общая площадь хозяйства, га	Освоенность территории, %	Площадь пашни, га	Лесистость, %	Уд. вес земель с уклоном более 2°, %	Густота гидрографической сети, км/км ²	Угодья средостабильного зирующего значения, га
1	525	63	195	10	8	0,05	150
2	550	64	220	12	9	0,10	175
3	575	65	245	13	10	0,15	200
4	600	66	270	14	11	0,20	225
5	625	67	295	15	12	0,25	250
6	650	68	320	19	13	0,30	275
7	675	69	345	23	8	0,35	300
8	700	70	370	25	9	0,40	325
9	725	63	395	10	10	0,45	350
10	750	64	420	12	11	0,50	375
11	775	65	445	13	12	0,55	400
12	800	66	470	14	13	0,60	425
13	825	67	495	15	8	0,65	450
14	850	68	520	19	9	0,70	475
15	900	69	545	23	10	0,75	500
16	925	70	570	25	11	0,80	525
17	950	63	595	10	12	0,85	550

18	975	64	595	12	13	0,90	575
19	1000	65	620	13	8	0,95	600
20	1025	66	645	14	9	1,00	450
21	1050	67	670	15	10	1,05	475
22	1075	68	695	19	11	1,10	500
23	1100	69	720	23	12	1,15	525
24	1125	70	745	25	13	1,20	550
25	1150	63	770	26	8	1,25	575

Продолжение табл.16

№ в-га	Плотность населения, чел/км ²	Степень концентрации и животных, усл.гол./100 га с.-х.	Количество пестицидов, кг/га	Минеральные удобрения, кг/га в год	Органические удобрения, т/га в год	Размещение экологических и опасных объектов (ЭОО)
1	1000	120	2,5	180	7,1	1а2в3б
2	925	140	3,0	200	7,1	1а2б3а
3	900	160	3,5	220	7,3	1б2в3а
4	950	170	4,0	240	7,4	1в2а3в
5	975	180	4,5	260	7,5	1а2а3а
6	800	190	5,0	280	7,6	1б2б3б
7	825	200	5,5	300	7,7	1в2в3в
8	850	90	1,0	320	7,8	1а2б3а
9	875	95	1,5	340	7,9	1а2в3б
10	700	80	2,0	360	8,0	1а2в3б
11	725	85	2,5	380	6,0	1а2б3а
12	750	300	3,0	400	6,1	1б2в3а
13	775	325	3,5	420	6,2	1в2а3в
14	500	350	4,0	440	6,3	1а2а3а
15	550	120	4,5	180	6,4	1б2б3б
16	525	140	5,0	200	6,5	1в2в3в
17	575	150	5,5	220	6,6	1а2б3а
18	400	160	2,5	240	6,7	1а2б3в
19	450	170	3,0	260	6,8	1а2в3б
20	300	180	3,5	280	6,9	1а2б3а
21	350	200	4,0	300	5,0	1б2в3а
22	375	225	4,5	320	5,1	1в2а3в
23	200	250	5,0	340	5,2	1а2а3а
24	225	120	5,5	360	5,3	1б2б3б
25	250	140	3,5	380	5,4	1в2в3в

Работа №13. Изменение цвета флавоноидных пигментов различных цветковых растений под влиянием рН среды, солей тяжелых металлов

Известно, что яркая окраска цветов, плодов, а иногда и побегов, обусловлена, в основном, пигментами флавоноидной природы, которые входят в обширную группу фенольных веществ, чрезвычайно распространенных среди растений. Флавоноиды - 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. 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), обуславливающие его цвет и физиологическую активность. Среди пигментов наиболее распространены антоцианы (вся гамма расцветок от оранжевого до темно-лилового), менее - некоторые флавонолы, ауруны и халконы (цвет от желтого до оттенков слоновой кости).

Присутствие антоцианов помогает интенсивному поглощению световой энергии. Часть ее превращается в тепло, способствуя повышению температуры органа. Это является приспособительным свойством растений 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.

Предшественниками антоцианов являются бесцветные пигменты - лейкоантоцианы, которые содержатся в листьях, коре, тканях древесины. Некоторые авторы относят к предшественникам вышеуказанных пигментов ауруны и халконы (желтые, желто-белые и кремовые оттенки), так как они при некоторых условиях могут переходить в антоцианы. 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 георгинов). В фиолетовых цветках анютиных глазок 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, метальных или гликозидных остатков и других факторов.

Наиболее изучены следующие виды антоцианов:

1) красный пеларгонидин ($C_{15}H_{12}O_6$), который находится в виде гликозидов в цветках герани розовой, васильков, георгинов, астр, в ягодах земляники, в кожуре алой редьки посевной, а его предшественник (лейкопеларгонидин) - в эндосперме пшеницы, в кожуре фасоли;

2) малиновый - цианидин ($C_{15}H_{12}O_7$) - 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 ($C_{15}H_{12}O_8$) 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 (геспередин, петунидин, мальвидин и др.). 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 (вспомните цвет календулы - ноготков, а также расцветку 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, сложноцветных; они содержатся в листьях крапивы, люцерны, клевера, шпината, в кожце 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 расцвечивания листьев, стрессах.

Таким образом, пигментация растений (особенно желто-оранжевых тонов) очень сходна у двух групп пигментов (флавоноиды и каротиноиды).

Разнообразие окрасок флавоноидных пигментов в природной обстановке, их изменчивость под влиянием факторов среды 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 Mg, Fe, Al 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 pH. Так, при pH 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 pH = 4-5 - розовая, при pH = 2-3 - красная, при 7 - синяя, при 8 - зеленая, при 9 - желто-зеленая.

Все указанные переходы окраски цветков у антоцианосодержащих растений известны, однако усиливающееся загрязнение окружающей среды дает нам дополнительную информацию относительно индикационного использования этого показателя. 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.

В наших опытах водная или спиртовая вытяжка пигментов из розово-белых высушенных лепестков пиона давала с разными реагентами следующие окраски: с H_2SO_4 - яркий карминно-малиновый цвет, с NH_3 - зелено-синий, с $FeCl_3$ - серо-черный, с $HgNO_3$ - грязно-черный с сильным осадком, с $PbNO_3$ - грязно-фиолетовый с появлением осадка и геля. А такие соли как $CoSO_4$, $ZnSO_4$, $CuSO_4$, $NiSO_4$ не вызвали изменения цвета. Водная вытяжка бетацианина красной столовой свеклы давала с уксусной кислотой усиление окраски до карминной, с аммиаком наблюдалось синее окрашивание.

Слабые кислоты давали изменение и в опытах на целых частях растений: так, наружные листья фиолетовых лука и капусты становились ярко-красными после выдерживания их в слабых растворах серной, соляной или уксусной кислот. Следует отметить, что в опытах многих исследователей мало учитывался pH клеточного сока самих растений, хотя установлено, что такие растения, как кислица, щавель, а также молодые иглы хвойных имеют кислую реакцию, а клеточный сок венчиков белых цветов - щелочную, что наверняка должно сказаться на вариациях окраски.

Таким образом, изменение цвета флавоноидных пигментов можно использовать как весьма информативный признак, однако образование комплексов антоцианов с металлами в зависимости от физиологических свойств растений недостаточно изучено. В природной обстановке при загрязнении среды видны изменения цвета всего растения или отдельных

Делают соответствующие выводы.

Работа № 14. Накопление фенольных соединений в органах цветковых растений, мхах, лишайниках, как проявление защитной реакции на неблагоприятные условия среды

Фенольные вещества представляют собой большую и разнообразную группу ароматических соединений, чрезвычайно распространенную в растительном мире. На их долю приходится до 2-3% массы органического вещества, а в некоторых случаях - до 10% и более. В отдельных органах растений их количество резко возрастает: в сине-фиолетовых лепестках анютиных глазок их 33%, а у садовых форм василька - 24% (Блажей, Шутый, 1978; Барабой, 1985; Лебедева, Сытник, 1986).

К группе фенольных веществ относятся флавоноиды (физиологически активные вещества многих плодов, ягод, овощей и дикорастущих растений). Они делятся на катехины (основные активные вещества чая), лейкоантоцианы (бесцветные вещества, часто предшественники флавоноидных пигментов), флавоны и флавонолы (желтые красящие вещества многих цветков), а также антоцианы (синие, красные, фиолетовые пигменты). К полимерным фенольным соединениям относятся дубильные вещества (их много в коре дуба, ивы), лигнин (древесина), меланины (черная окраска цветков и их частей, а также поверхностных покровов насекомых). Халконы и ауруны также придают цветкам, желтый цвет или оттенок слоновой кости.

Одним из возможных путей образования фенольных веществ является их биосинтез из углеводов, образующихся в процессе фотосинтеза.

В растениях фенольные вещества несут защитную функцию. Они накапливаются в органах растений при неблагоприятных условиях среды. Примером этого может служить накопление антоциана и покраснение побегов, почек и молодых листочков у древесных растений на Севере и в высокогорьях (особенно в период весенних заморозков), а также накопление других групп фенольных соединений у древесных растений осенью и зимой (Барабой, 1984). Фенольные соединения играют важную роль при заживлении механических повреждений, в защите клеток от проникающей радиации, при появлении свободных радикалов, мутагенов, окислителей. Так, в хвое ели повышение содержания фенольных веществ под влиянием сернистого газа наблюдалось за месяц до повреждения хвои, т. е. явилось как бы предвестником видимых хлорозов и некрозов (Артамонов, 1986).

Флавоноидные пигменты, обуславливающие естественную окраску цветов, плодов, ягод, листьев, коры, кроющих чешуи почек обеспечивают привлечение животных-опылителей. Эта группа веществ выделяется в естественную среду из отмерших остатков растений и имеет большое значение в аллелопатии.

Многие защитные фенолы, пройдя генетический отбор, стали неотъемлемым свойством растения (например, преобладание красношишечных форм хвойных в условиях севера и горных систем), в других случаях они появляются в ответ на неблагоприятные условия из своих предшественников - лейкоантоцианов (бесцветных пигментов), которые постоянно содержатся в листьях, коре растений. Так, при недостатке азота листья картофеля начинают продуцировать антоцианы.

Накопление фенольных веществ под влиянием неблагоприятных и стрессовых условий среды обеспечивает устойчивость вида. Эти вещества выполняют роль защитных барьеров на пути механических, химических, термических факторов среды, а

также болезнетворных воздействий. Обычно древесная кора, оболочки семян, плодов, ягод, клубней и другие покровные ткани содержат повышенное количество фенольных соединений (дубильные вещества, флавоноиды, фенолокислоты) и образуют защитный покров, предохраняющий делящиеся клетки (меристемы апикальных частей, камбия) и семена (будущие зародыши жизни) от всякого рода повреждений, препятствуют их проникновению вглубь тканей.

Фенольные гликозиды клеток мхов, лишайников предотвращают их гниение, а после отмирания способствуют образованию торфа. Фенольные лишайниковые кислоты угнетают размножение многих бактерий и плесеней, поэтому многие лишайники практически стерильны и применялись в северных госпиталях в период Великой Отечественной войны как прокладочный материал при перевязке ран.

Многие фенольные вещества выполняют фитонцидную роль. Катехины, антоцианы, фенолокислоты и дубильные вещества относятся к антибиотикам растительного происхождения. Фитонцидный (антибиотический) эффект проявляют и простые фенолы (пирокатехин, гидрохинон, пирогаллол и их окисленные хинонные формы). Так, галлаты (метилловые и этиловые эфиры галловой кислоты), выделенные из плодов клена, угнетают рост туберкулезной палочки, ряда плесеней и грибов, некоторых бактерий, патогенных для растений, обладают противовирусным действием. Всем хорошо известно антибиотическое действие фенольных соединений чая, некоторых окрашенных ягод, полыни, календулы и др.

Таким образом, исследования многих авторов показали, что основная функция фенольных веществ - защитная, они накапливаются в органах растений в неблагоприятных и стрессовых условиях среды и могут служить хорошим биоиндикационным признаком. Однако для сравнительного определения содержания фенольных веществ в растительном сырье существуют более простые методы определения суммы фенольных соединений, которые являются лишь приблизительными, полуколичественными. Тем не менее, они нашли широкое применение в производственных условиях.

В настоящей практической работе предлагается метод определения суммы фенольных соединений по Левенталю в модификации А.Л. Курсанова (1937), неоднократно апробированный другими исследователями фенольных веществ.

Оборудование, реактивы, материалы

1) ступки с пестиками; 2) весы торзионные; 3) стаканчики на 100 мл; 4) водяная баня; 5) чашки испарительные на 800-1000 мл или стаканы такого же объема; 6) бюретки; 7) колбы на 50 мл; 8) раствор индигокармина (1 г индигокармина растворяют в 50 мл концентрированной серной кислоты и доводят водой до 1 л). Можно приготовить и в меньших объемах; 9) 0,1 н раствор KMnO_4 ; 10) дистиллированная вода; 11) перемолотый растительный материал (листья дуба, клена), собранный в разных экологических условиях.

Ход работы

Навеску в 1-3 г сухого перемолотого или 4-10 г свежего растертого в ступке с битым стеклом растительного материала нагревают в стаканчике на 100 мл с 40 мл дистиллированной воды в течение 15 мин на кипящей водяной бане при интенсивном перемешивании. Экстракт охлаждают, фильтруют и доводят до метки в колбе на 50 мл.

Часть полученного экстракта (10 мл) переносят в фарфоровую чашку или стакан объемом 800-1000 мл, добавляют 750 мл дистиллированной воды и 25 мл раствора индигокармина. Смесь титруют 0,1н раствором KMnO_4 (3,16 г KMnO_4 в 1 л воды) при энергичном перемешивании. Окончание титрования устанавливают по появлению в растворе золотисто-желтого оттенка. Результат титрования умножают на пересчетный коэффициент для перевода миллилитров 0,1н

КМпО₄ в миллиграммы фенольных соединений, содержащихся в 10 мл взятого на титрование экстракта.

Для большей точности параллельно проводят контрольное титрование, в котором 10 мл экстракта заменяют 10 мл дистиллированной воды и полученное значение вычитают из основного определения.

В обычной лабораторной практике чаще всего пользуются пересчетным коэффициентом 4,16.

Работа № 15 . Определение поражения и омертвления тканей листа при антропогенном загрязнении воздушной среды

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

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

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

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

Оборудование, реактивы, материалы

А. 1) весы торзионные; 2) линейки; 3) листы кальки.

Б. 1) микроскопы; 2) чашки Петри; 3) бритвы; 4) препаровальные иглы; 5) 0,2 н раствор соляной кислоты; 6) теплая вода; 7) раствор метиленового голубого (100 мг/л) в 2,5%-ном КН₂РО₄ или акридиновый оранжевый (200 мг/л); 8) источник ультрафиолета (ультрахимископ «Хроматоскоп»); 9) 10%-ный раствор сахарозы.

Ход работы

А. Вычисление процента пораженной ткани листа

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

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

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

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

$$S_{\text{ПОВР}} = \frac{S_{\text{Л}} \cdot P_{\text{ПОВР}}}{P_{\text{ЛИСТА}}} \cdot 100$$

Б. Диагностика живых и мертвых тканей

1. Листья выдерживают 20-30 мин в теплой воде (35-37⁰ С) для размягчения ткани, затем помещают на 20 мин в 0,2 н раствор соляной кислоты. Мертвые и поврежденные участки побуреют в результате свободного проникновения кислоты в пораженные клетки и феофитинизации хлорофилла.

2. Метод окрашивания. Приготавливают срезы разных частей листа, помещают в каплю метиленового голубого в КН₂РО₄. Через несколько минут раствор окрашивает мертвые и нежизнеспособные клетки в синий цвет. Живые клетки окрашиваются значительно медленнее. При окрашивании акридиновым оранжевым через 5-10 мин живые клетки флуоресцируют зелено-желтым светом, а поврежденные и мертвые - оранжево-красным.

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

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

Оценивают процент повреждений в разных экологических условиях.

Работа № 16. Определение кислотности и токсичности осадков

Одна из важнейших экологических проблем, с которой связывают окисление природной среды, - кислотные дожди. Образуются они при промышленных выбросах в атмосферу диоксида серы и оксидов азота, которые, соединяясь с атмосферной влагой, образуют серную и азотную кислоты. В результате дождь и снег оказываются подкисленными (число рН ниже 5,6). Максимальная зарегистрированная кислотность осадков в Западной Европе - рН =2,3. Суммарные мировые антропогенные выбросы двух главных загрязнителей воздуха - виновников подкисления атмосферной влаги - SO₂ и NO_x составляют ежегодно - более 255 млн. т (1994 г.). На огромной территории природная среда закисляется, что весьма негативно отражается на состоянии всех экосистем. Выяснилось, что природные экосистемы подвергаются разрушению даже при меньшем уровне загрязнения воздуха, чем тот, который опасен для человека.

Опасность представляют, как правило, не сами кислотные осадки, а протекающие под их влиянием процессы. Под действием кислотных осадков из почвы выщелачиваются не только жизненно необходимые растениям питательные вещества, но и токсичные тяжелые и легкие металлы - свинец, кадмий, алюминий и др. Впоследствии они сами или образуемые токсичные соединения усваиваются растениями и другими почвенными организмами, что ведет к весьма негативным последствиям.

Цель. Определить воздействие кислотных осадков на продуцентов.

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

Оборудование, реактивы, материалы:

1) осадкомер на метеоплощадке или сосуды для сбора и хранения воды; 2) выпарительные чашки; 3) водяная баня; 4) чашки Петри; 5) фильтровальная бумага; 6) пинцет; 7) индикаторная бумага; 8) различные мелкие семена.

Ход работы

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

600 мл осадков (в 3-кратной повторности) упаривают в выпарительных чашках на водяной бане, постоянно подливая новые порции жидкости. В качестве замены выпарительных чашек можно использовать небольшие блюдца, а вместо водяной бани - высокие консервные банки, на дно которых наливают воду. После выпаривания дождевой влаги в чашку добавляют по каплям дистиллированную воду и тщательно растирают осадок стеклянной палочкой, сливая все в пробирку. Новые капли воды (3 раза) очищают чашку полностью. Объем жидкости в пробирке должен составлять 6 мл (концентрирование в 100 раз).

1.Определение рН осадков

Для этого используется 1 мл жидкости из пробирки; рН определяют путем опускания индикаторной бумажки в жидкость и сравнения изменившегося цвета со шкалой на коробочке индикаторной бумаги. Применяется следующая градация осадков: сильнокислые (рН - 3-4), кислые (рН - 4-5), слабокислые (5-6), нейтральные (6-7), слабощелочные (7-8), щелочные (8-9), сильнощелочные (9-10).

2.Определение токсичности осадков

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

Чашки Петри закрывают крышками и помещают в термостат при температуре + 25-26°С. Контроль – чашки с теми же семенами, фильтр которых увлажнен 5 мл дистиллированной воды. После прорастания семян в контроле на 50%, проводят их подсчет. Данные всхожести опытных вариантов выражают в процентах к контролю, который принимается за 100 относительных процентов. Применяют следующую градацию - 100% - нет токсичности, 80-90% - очень слабая – токсичность, 60-80% - слабая, 40-60% - средняя, 20-40% - высокая, 0-20% - очень высокая токсичность, близкая к летальной.

В качестве биотеста можно использовать совершенно одинаковые проростки гороха, фасоли, которые отбирают из партии после их прорастания. У горошин срезают половинку обеих семядолей, чтобы у них было ровное ложе; их помещают на фильтровальную бумагу, лежащую на дне химического стакана емкостью 200-250 мл. Бумагу смачивают 5 мл опытного раствора, на дно помещают по 5 подготовленных горошин, закрывают крышкой от чашки Петри. Повторность – 3-кратная. После того, как горошины дадут растения высотой 5-7 см и более (до крышки стакана), проводят их измерение. Контроль – горошины на дистиллированной воде. Подсчет проводят так же, как и при биотестировании по прорастанию семян.

Часть 3. Мониторинг окружающей среды

Мониторинг - в точном смысле слова означает наблюдение (слежение) за состоянием среды с целью обнаружения изменения этого состояния, их динамики, быстроты и направления. Получаемые в результате длительных наблюдений и многочисленных анализов сводные данные позволяют прогнозировать экологическую обстановку на ряд лет вперед и принимать меры для устранения неблагоприятных

воздействий и явлений. Этой работой профессионально занимаются специальные организации - биосферные заповедники, санэпидемстанции, экологические стационары и другие.

В нашем практикуме предлагается описание ряда работ, которые проводятся как отдельные элементы мониторинга. Выполнение этих работ даст возможность студентам ознакомиться с программами и характером мониторинга окружающей среды.

Мониторинг атмосферного воздуха

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

Она включает в себя наблюдение за состоянием окружающей среды, степенью загрязнения природных объектов вредными веществами, за влиянием этих загрязнителей на человека, животный и растительный мир.

Одним из важнейших объектов окружающей среды является атмосферный воздух. Устойчивость биосферы зависит от его чистоты. Загрязнение воздуха отрицательно влияет на растения, животных, людей, строения, оборудование и различные материалы.

Воздух, которым мы дышим, представляет собой физическую смесь газов, составляющих атмосферу. В составе воздуха имеются постоянные составные части атмосферы, а также переменные количества различных примесей природного и антропогенного происхождения.

В естественных условиях в воздухе всегда присутствует водяной пар, содержание которого сильно колеблется. Среди постоянных составных частей воздуха основное значение имеет кислород, необходимый для дыхания всех живых существ, за исключением немногих видов анаэробных микроорганизмов. Преобладающей составной частью воздуха является азот, с которым связано происхождение жизни на Земле, так как он входит в состав белков и других органических азотистых соединений. Азот принадлежит к инертным газам, он играет роль разбавителя кислорода, так как жизнь в чистом кислороде невозможна. Другие инертные газы (аргон, неон, гелий, криптон, ксенон) по характеру действия на человека аналогичны азоту.

Углекислый газ является источником углерода органических веществ. Он поступает в атмосферу при процессах дыхания, брожения, гниения и окисления органических веществ, при их распаде, при сгорании горючих ископаемых.

Из других постоянных газов представляет интерес озон. Он является промежуточным продуктом фотохимических реакций, поэтому обнаружение его в воздухе современных городов рассматривается как показатель загрязнения атмосферы. В то же время озон в верхних слоях атмосферы образует экран, защищающий Землю от губительного ультрафиолетового излучения.

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

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

В качестве наиболее распространенных и опасных были выявлены восемь категорий загрязнителей: 1) - взвешенные вещества, они могут переносить другие загрязнители, растворенные в них или адсорбированные на поверхности частиц; 2) углеводороды и другие летучие органические соединения; 3) угарный газ (СО); 4) оксиды азота; 5) оксиды серы, в основном диоксид (SO_2); 6) свинец и другие тяжелые металлы; 7) озон и другие фотохимические окислители; 8) кислоты, в основном серная и азотная.

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

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

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

При анализе воздуха процесс отбора пробы является более трудоемким и ответственным, чем при исследовании других природных сред. Это связано с тем, что концентрирование определенных загрязняющих веществ обязательно происходит в процессе отбора пробы. В зависимости от предполагаемого загрязнения воздуха отбор проб может производиться с концентрированием или без него. В последнем случае пробы отбирают в стеклянные шприцы, газовые пипетки, полиэтиленовые мешки и др. Погрешности при этом возникают из-за нарушения герметичности пробоотборных устройств, из-за сорбции микропримесей веществ внутренней поверхностью пробоотборников. Погрешности значительно устраняются многократным промыванием пробоотборных емкостей, исследуемым воздухом, а также определением допустимых сроков и условий хранения проб.

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

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

При исследовании атмосферных загрязнений определяют как максимально разовые, так и среднесуточные концентрации.

Метод измерения концентрации вредных веществ должен обеспечивать определение их на уровне 0,8 ПДК с суммарной погрешностью 25% и отбором пробы воздуха от 20 до 30 мин. при определении максимально разовой концентрации, а также круглосуточный отбор при определении среднесуточной концентрации.

Наблюдение за загрязнением атмосферы проводится на стационарных, маршрутных и передвижных (подфакельных) постах.

Работа №17. Определение запыленности воздуха

Пыль является аэрозолем. Аэрозоли представляют собой частицы вещества (твердые или жидкие) во взвешенном состоянии. Они распространены в приземном слое, тропосфере и стратосфере. Время жизни их различно: от нескольких часов до многих лет. В тропосфере различают три типа распределения частиц: фоновое, океаническое и континентальное. Частицы попадают в атмосферу с Земли в готовом виде, но значительная их часть образуется в результате химических реакций между газообразными, жидкими и твердыми веществами, включая пары воды.

Большое количество аэрозолей образуется в результате естественных природных процессов, но немалая их доля имеет антропогенное происхождение. По самым осторожным оценкам количество частиц ежегодно попадающих в воздушный бассейн Земли в результате деятельности человека - около 1 миллиарда тонн в год. Химический состав частиц различен, это диоксид кремния - песок, токсичные металлы, пестициды, углеводороды и др. Максимальный антропогенный вклад приходится на сульфаты. Аэрозоли в стратосфере менее разнообразны, чем в тропосфере. Основным твердым компонентом стратосферы является сульфат аммония.

Основной источник антропогенных аэрозолей - процесс горения. Энергетика и транспорт дают 2/3 общего количества антропогенных аэрозолей. Среди прочих источников аэрозолей - металлургические предприятия, производство строительных материалов, химические производства.

Аэрозоли способны изменять климат Земли, осаждаясь в альвеолах легких, они вызывают тяжелое заболевание у людей - пневмокониозы. Частицы аэрозоли могут нести на себе радиоактивность, вирусы, микробы, грибки, вызывать смоги и кислые дожди, то есть создавать угрозу не только живым существам, но и машинам, механизмам, приборам, качеству чистых материалов. Кроме того, пыль уносит с выбросами ценные материалы и может стать причиной разрушительных взрывов.

Для количественной характеристики запыленности воздуха в настоящее время используется преимущественно весовой метод (гравиметрия). Кроме того, существует счетный метод. Весовые показатели определяют массу пыли в единице объема воздуха. Это прямые методы измерения запыленности. Существует также группа косвенных методов измерения запыленности. Под косвенными понимают методы измерения как с выделением пыли из воздуха, так и без выделения, основанные на определении ее массы путем использования различных физических явлений (интенсивности излучения, электрического поля, оптической плотности и т. д.).

Наиболее распространенным является гравиметрический метод определения весовой концентрации пыли. Через аналитический фильтр просасывают определенный объем запыленного воздуха. Массу всей витающей пыли без разделения на фракции рассчитывают по увеличению массы фильтра. Лучшими являются фильтры из ткани ФПП. Метод применяется для определения разовых и среднесуточных концентраций пыли в воздухе населенных пунктов и санитарно-защитных зон в диапазоне 0,04-10 мг/м³.

Оборудование, реактивы, материалы

1) улавливающее устройство: фильтродержатель, фильтр из ткани ФПП, аспиратор для отбора проб, стакан-насадка на фильтродержатель, металлический, разборный, конусовидный - для регулирования пропускаемого воздуха с учетом скорости ветра; 2) аналитические весы; 3) эксикатор; 4) пинцет с пластмассовыми наконечниками; 5) чашки стеклянные диаметром 10 см; 6) барометр; 7) психрометр; 8) анемометр.

Материал: воздух населенного пункта.

Ход работы

Фильтр из ткани ФПП выдерживают в течение 40-60 мин. в весовой комнате, взвешивают, помещают в пакет и доставляют на место отбора, где его вкладывают в фильтродержатель, который крепко завинчивают. Перед отбором проб проверяют герметичность фильтродержателя, для чего его входное отверстие закрывают пробкой и включают прибор: при герметичном присоединении расходомер показывает ноль.

Отбор проб проводят со скоростью 250-400 л/мин., чтобы навеска пыли на фильтре была не менее 4 мг. Отбор ведется не более 30 мин. После протягивания воздуха фильтр пинцетом извлекают из держателя, складывают вчетверо запыленной поверхностью внутрь и помещают в тот же пакет, из которого он был взят. В лаборатории фильтр выдерживают в течение 40-60 мин. при комнатной температуре и доводят до постоянной массы. Если отбор проводился при относительной влажности, близкой к 100%, то фильтр помещают в стеклянной чашке в эксикатор с плавленым хлористым кальцием на 30-50 мин., а затем уже выдерживают при комнатной температуре 40-50 мин.

Обработка результатов

Концентрацию пыли C (мг/м³) вычисляют по формуле:

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

где:

M - масса пыли на фильтре, равна разности масс запыленного и чистого фильтра, мг;

V_0 - объем аспирированного воздуха, приведенный к нормальным условиям, м³.

Под нормальными условиями подразумевается температура 0⁰С и атмосферное давление 1013 гПа (760 мм рт. ст.):

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

где:

V_t - объем аспирированного воздуха при температуре t и атмосферном давлении P гПа, м³;

273 - коэффициент расширения газов;

1013 - нормальное давление, гПа.

Работа № 18. Определение диоксида серы

Соединения серы попадают в атмосферу, как естественным путем, так и в результате антропогенной деятельности. В роли естественного источника выступает поверхность суши и океана. Соединения серы образуются в процессе разрушения органических веществ с помощью анаэробных микроорганизмов. Предполагается, что выделение серы биологическим путем не превышает 30-40 млн. т/год, что составляет 1/3 всего выделяемого количества серы. При извержении вулканов в атмосферу наряду с большим

количеством диоксида серы попадают сероводород, сульфаты и элементарная сера (2%). Поступает сера в атмосферу и с поверхности океанов в виде сульфатов.

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

Среди источников этого соединения на первом месте стоит сжигание угля (70% антропогенных выбросов). В процессе горения сера превращается в сернистый газ, а часть серы остается в золе в твердом состоянии. При сгорании нефтепродуктов сернистого газа образуется гораздо меньше. Основными источниками образования SO_2 наряду с сжиганием ископаемого топлива является металлургическая промышленность (переработка сульфидных руд свинца, меди и цинка), а также предприятия по производству серной кислоты и переработке нефти.

Диоксид серы - наиболее вредный газ из распространенных загрязнителей воздуха. Он вызывает заболевания дыхательных путей, ведет к возникновению хронического бронхита.

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

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

Оборудование, реактивы, материалы

1) улавливающее устройство: аспиратор для отбора проб, поглотительный прибор Рихтера, пластмассовый фильтродержатель с фильтром АФА; 2) аналитические весы; 3) барометр; 4) термометр; 5) фотоколориметр; б) глицерин (х. ч.) или этиленгликоль (х. ч.); 7) соляная кислота, конц. (пл. $1,19 \text{ х. ч.}$); 8) спирт этиловый, ректификат; 9) перекись водорода (H_2O_2) х. ч.; 10) калий сернокислый, безводный (х. ч.), K_2SO_4 ; 11) поглотительный раствор: 10 мл 30%-ной H_2O_2 растворяют в 1 л воды, 0,3%-ный раствор хранят в темной склянке не более недели; 12) барий хлористый, составной реактив: $5,85 \text{ г}$ кристаллического хлористого бария ($BaCl_2 \cdot 2H_2O$) растворяют в 50 мл воды. Затем приливают 150 мл этилового спирта и 150 мл глицерина или этиленгликоля. Величину рН смеси доводят до $2,5-2,8$ конц. соляной кислотой HCl . Раствор оставляют на 48 часов и в случае появления осадка фильтруют через фильтр «синяя лента». Срок хранения 2 месяца; 13) исходный стандартный раствор. Безводный сернокислый калий мелко растирают и сушат при температуре $120-150^\circ\text{C}$ в течение 2 часов. Навеску $0,2720 \text{ г}$ растворяют в 100 мл воды. Этот раствор соответствует содержанию SO_2 - 1000 мкг/мл ; 14) рабочий стандартный раствор. Готовят 10-кратным разбавлением исходного стандартного раствора поглотительным раствором. Полученный раствор соответствует содержанию SO_2 100 мкг/мл .

Материал: воздух населенного пункта.

Ход работы

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

В лаборатории уровень раствора в поглотительном приборе доводят до 6 мл дистиллированной водой. Для анализа 5 мл раствора пробы переносят в пробирку и добавляют 1 мл раствора BaCl_2 . Содержимое пробирки тщательно встряхивают и через 15 мин. определяют оптическую плотность раствора в кювете толщиной 10 мм при длине волны 400 нм относительно нулевой пробы.

Время от добавления последнего реактива до измерения оптической плотности для всех проб должно быть одинаковым. Одновременно проводят измерение нулевой пробы, для чего 5 мл поглотительного раствора анализируют аналогично. Оптическая плотность нулевой пробы должна быть не более 0,01. Количество SO_2 в пробах находят с помощью калибровочного графика. Анализ проб можно проводить и визуально.

Расчет концентрации C мг/м³ в атмосферном воздухе проводят по формуле: $C = am/V_0$,

где:

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

b- объем пробы для анализа (5 мл);

m - количество SO_2 в пробе, найденное по калибровочному графику, мкг;

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

Построение калибровочного графика

В мерные колбы на 100 мл наливают 1, 2, 4, 6, 8, 12, 16, 20 мл рабочего стандартного раствора (100 мкг/мл). Разбавляют до метки поглотительным раствором. Концентрация в 5 мл стандартного раствора в мерных колбах составляет соответственно 5, 10, 20, 30, 40, 60, 80, 100 мкг. Для приготовления шкалы стандартов отбирают в пробирки по 5 мл каждого стандарта и проводят операции по методике, описанной выше.

Работа № 19. Определение диоксида азота

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

Оксиды азота играют основную роль в образовании фотохимического «смога», влияют они и на разрушение озонового слоя, ведут также к образованию кислотных дождей. Загрязнение атмосферы оксидами азота в целом сравнительно невелико. Но в районах с развитой химической промышленностью имеются локальные зоны повышенного содержания NO и NO_2 в воздухе.

Моноксид азота NO - бесцветный газ, образующийся в малых количествах в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания при взаимодействии O_2 с H_2 . В дальнейшем он окисляется кислородом до двуокиси азота NO_2 .

Диоксид азота представляет собой коричнево-бурый газ, ядовитый, с неприятным запахом. При растворении NO_2 в воде образуется азотная кислота. В отличие от серной азотная кислота может долгое время оставаться в атмосфере в газообразном состоянии, так как она плохо конденсируется. Пары азотной кислоты поглощаются в атмосфере

каплями облаков или частицами аэрозоля. Образование оксидов азота в процессах сжигания связано с окислением атмосферного азота и, в меньшей степени, с окислением органических соединений азота, содержащихся в топливе.

С повышением температуры количество оксидов азота значительно увеличивается. Основным источником выбросов NO_x , не связанных с сжиганием топлива, является производство азотной кислоты. Оксиды азота образуются в природе и как результат превращений органического азота. Энергетика и транспорт выбрасывают в атмосферу 36% из почти 60 млн. т ежегодных выбросов оксидов азота, т. е. в масштабах, сравнимых с естественным выделением соединений азота. Газообразный NO_2 токсичен (2 класс опасности), является также сильным коррозионно-активным агентом. Предельно допустимая концентрация максимально разовая составляет $0,085 \text{ мг/м}^3$, среднесуточная $0,04 \text{ мг/м}^3$.

Метод определения содержания диоксида азота в воздухе с реактивом Грисса - Илосвая основан на взаимодействии двуоксида азота и сульфаниловой кислоты с образованием диазосоединения, которое, реагируя с а-нафтиламином, дает азокраситель. Последний окрашивает раствор от бледно-розового до красно-фиолетового цвета. По интенсивности окраски раствора определяют количество NO_2 . Озон в концентрации, не превышающей концентрацию NO_2 в 3 раза, не мешает определению. Чувствительность определения $0,1 \text{ мкг}$ в анализируемом объеме пробы. Диапазон измеряемых концентраций составляет $0,03\text{-}0,64 \text{ мг/м}^3$ при отборе пробы воздуха в количестве 5 л.

Оборудование, реактивы, материалы

1) улавливающее устройство: аспиратор для отбора проб, поглотительный прибор Рихтера; 2) аналитические весы; 3) барометр; 4) термометр; 5) фотоколориметр; 6) калий йодистый, х. ч.; 7) натрий азотистокислый, х. ч.; 8) поглотительный раствор: 20 г KI растворяют в 250 мл воды. Полученный раствор должен быть бесцветным и храниться в банке из темного стекла. Срок хранения 2 недели; 9) натрий сернистокислый, х. ч., 0,06%-ный раствор. 0,03 г $\text{Na}_2 \text{SO}_3$ растворяют в 50 мл воды. Раствор готовят перед анализом; 10) уксусная кислота, х. ч., 12%-ный раствор. 64 мл концентрированной кислоты помещают в мерную посуду на 500 мл и доводят до метки водой; 11) сульфаниловая кислота, ч. д. а., 5 г сульфаниловой кислоты растворяют в 150 мл 12%-ного раствора уксусной кислоты. Хранят раствор в плотно закрытой склянке из темного стекла; 12) а-нафтиламин, ч. д. а. 0,2 г а-нафтиламина растворяют в 20 мл воды при нагревании на водяной бане до образования лиловых капель на дне колбы. Раствор осторожно сливают в темную склянку, оставляя осадок в колбе, и приливают к раствору 150 мл 12%-ного раствора уксусной кислоты; 13) составной реактив (реактив Грисса-Илосвая). Перед анализом смешивают растворы а-нафтиламина и сульфаниловой кислоты в отношении 1:1; 14) исходный стандартный раствор: 2-3 г азотистокислого натрия растирают и сушат при температуре $50\text{-}60^\circ\text{C}$ в течение 2 часов. Навеску NaNO_2 0,1500 г растворяют в мерной колбе емкостью 100 мл. 1 мл полученного раствора соответствует 1000 мкг NO_2 ; 15) раствор, 1 мл которого соответствует 10 мкг NO_2 готовят разведением стандартного раствора поглотительным раствором в 100 раз; 16) рабочий стандартный раствор. Готовят 10-кратным разбавлением раствора, содержащего 10 мкг/мл NO_2 поглотительным раствором. 1 мл рабочего раствора соответствует 1 мкг NO_2 . Исходный стандартный раствор сохраняется в течение 2 недель в склянке из темного стекла. Рабочий стандартный раствор готовят перед анализом.

Материал: воздух населенного пункта.

Ход работы

Для определения разовой концентрации NO_2 исследуемый воздух протягивают через поглотитель Рихтера, наполненный 6 мл поглотительного раствора, со скоростью 0,25 л/мин. в течение 20 мин. Во время отбора пробы следует избегать освещения поглотительного прибора солнечными лучами. Срок хранения отобранных проб не более 2 суток.

В лаборатории уровень раствора в поглотительном приборе доводят до метки 6 мл дистиллированной водой. Для анализа 5 мл раствора из каждой пробы переносят в пробирку и добавляют по 0,5 мл составного реактива.

Содержимое пробирок тщательно встряхивают и через 20 мин. (непосредственно перед измерением) в пробирки приливают по 5 капель 0,06%-ного раствора Na_2SO_3 и еще раз встряхивают. Оптическую плотность измеряют в кюветах толщиной 10 мм при длине волны 540 нм относительно воды. Время от добавления составного реактива до измерения оптической плотности всех проб должно быть одинаковым.

Количество NO_2 в пробах находят по калибровочному графику. Одновременно проводят измерение оптической плотности нулевой пробы.

Расчет концентраций диоксида азота в воздухе проводят по формуле $C = am/V_0 b$, где:

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

b- объем пробы для анализа (5 мл);

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

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

Построение калибровочного графика

В мерные колбы на 50 мл наливают 1, 2, 4, 6, 8, 10, 20 мл рабочего стандартного раствора (1 мкг/мл). Разбавляют до метки поглотительным раствором. Концентрация NO_2 в 5 мл стандартного раствора в мерных колбах составляет соответственно 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 2,0 мкг.

Для приготовления шкалы стандартов отбирают в пробирки по 5 мл каждого стандарта и проводят операции по методике, описанной выше.

Мониторинг водных объектов

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

Присутствие загрязняющих веществ в водной среде оказывает влияние на жизнедеятельность отдельных живых организмов и на функционирование всей водной экосистемы.

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

Воздействие загрязнителей на природные водоемы различно. Тепловое загрязнение вызывает интенсификацию процессов жизнедеятельности водных организмов, что нарушает равновесие экосистемы. Минеральные соли опасны для одноклеточных

организмов, обменивающихся с внешней средой осмотически. Взвешенные частицы уменьшают прозрачность воды, снижают фотосинтез водных растений и аэрацию водной среды, способствуют заилению дна в зонах с малой скоростью течения, оказывают неблагоприятное воздействие на жизнедеятельность водных организмов - фильтраторов. На взвешенных частицах могут сорбироваться различные загрязняющие вещества; оседая на дно, они могут стать источником вторичного загрязнения воды

Загрязнение вод тяжелыми металлами не только не оказывает экологический вред, но и наносит значительный экономический ущерб. Источниками загрязнения воды тяжелыми металлами служат гальванические цехи, предприятия горнодобывающей промышленности, черной и цветной металлургии. При загрязнении воды нефтепродуктами на поверхности образуется пленка, препятствующая газообмену воды с атмосферой. В ней, а также в эмульсии тяжелых фракций накапливаются другие загрязнители, кроме того, сами нефтепродукты аккумулируются в водных организмах. Основными источниками загрязнения вод нефтепродуктами является водный транспорт и поверхностный сток с городских территорий. Загрязнение водной среды биогенными элементами ведет к эвтрофированию водоемов.

Органические вещества-красители, фенолы, ПАВ, диоксины, пестициды и др. создают опасность возникновения токсикологической ситуации в водоеме. Особенно токсичными и устойчивыми в окружающей среде являются диоксины. Это две группы хлорсодержащих органических соединений, относящихся к дибензодиоксидам и дибензофуранам. Один из них - 2,3,7,8-тетрахлордибензодиоксин (2,3,7,8, - ТХДД) является самым токсичным соединением, известным науке. Токсическое действие различных диоксинов проявляется одинаково, но отличается по интенсивности. Диоксины накапливаются в окружающей среде и концентрация их растет.

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

Особое значение для правильной оценки загрязнения воды, и в том числе для отбора проб, имеет распределение веществ, которое зависит от многих локальных условий: скорости и характера движения воды, осадков, физико-химических свойств загрязняющих веществ, их устойчивости в воде и т.д. Обычно устанавливается динамическое равновесие между ними. Если условно рассеять водную массу вертикальной плоскостью, можно выделить места различной реакционной способности: поверхностную пленку, основную водную массу и донный осадок.

Донный осадок и поверхностная пленка являются зонами концентрирования загрязняющих веществ. На дно оседают нерастворимые в воде соединения, а осадок является хорошим сорбентом для многих веществ.

В воду могут попадать неразлагающиеся загрязняющие вещества. Но они способны реагировать с другими химическими соединениями, образуя устойчивые конечные продукты, которые накапливаются в биологических объектах (планктоне, рыбах и т.д.) и через пищевую цепь попадают в организм человека.

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

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

Воду на анализ отбирают в чистую посуду, предварительно 2-3 раза сполоснув ее исследуемой водой. С открытых водоемов пробы отбирают в фарватере реки с глубины 50 см.

Выделяют 3 группы показателей, определяющих качество воды:

А - показатели, характеризующие органолептические свойства;

Б - показатели, характеризующие химический состав воды;

В - показатели, характеризующие эпидемиологическую безопасность воды.

Работа № 20. Определение показателей, характеризующих органолептические свойства воды (температура, прозрачность, цвет, осадок, пленка, запах, вкус)

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

А. Температура

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

Б. Прозрачность

Степень прозрачности выражается высотой столба жидкости в см, через который отчетливо виден специальный шрифт. Прозрачностью не менее 30 см должны обладать воды, подаваемые для питьевого водоснабжения без осветления. Речные воды, кроме горных, могут иметь прозрачность 25 см. Уменьшение прозрачности природных вод свидетельствует об их загрязнении.

Оборудование, материалы

1) цилиндр с плоским дном; 2) шрифт, высота букв которого составляет 2 мм, а толщина линий букв - 0,5 мм; 3) линейка.

Материал: вода водоема

Ход работы

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

В. Осадок

Взболтанную в бутылке воду наливают в цилиндр слоем примерно 30 см и оставляют в покое 1 ч., если вода отобрана из открытого водоема, или на сутки, если вода взята из подземных источников. Осадок оценивают количественно (нет, незначительный,

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

Большой осадок свидетельствует о загрязнении воды.

Г. Цветность

Это природное свойство воды, обусловленное наличием гуминовых веществ, которые придают ей окраску от желтоватого до коричневого цвета. Гуминовые вещества образуются при разрушении органических соединений в почве, вымываются из нее и поступают в открытые водоемы. Поэтому цветность свойственна воде открытых водоемов и резко увеличивается в паводковый период. Цветность воды определяется в градусах. Вода, не подвергающаяся перед подачей потребителю обесцвечиванию, должна иметь цветность не выше 20°С.

Ход работы

В цилиндр наливают 100 мл профильтрованной исследуемой воды. Для улавливания легкого оттенка рекомендуется для сравнения ставить рядом другую пробирку с дистиллированной водой.

Цветность можно более точно определить на фотоколориметре. Для этого строят градуированный график по хромово-кобальтовой шкале цветности. Растворы с различной цветностью фотометрируют в кювете на 5 см в синей части спектра относительно профильтрованной дистиллированной воды.

При цветности выше 35°С водопотребление ограничивают.

Цветность определяется по нижеуказанной таблице:

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

Д. Запах

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

Оборудование, материалы

1) колба с притертой пробкой; 2) коническая колба на 200 мл; 3) часовое стекло; 4) электрическая плитка, термометр.

Материал: вода водоема

Ход работы

Колбу с притертой пробкой наполняют на 2/3 объема исследуемой водой, сильно встряхивают, открывают пробку и вдыхают ее запах. Для усиления интенсивности запахов воду подогревают. Коническую колбу на 200 мл наполняют на 1/2 ее объема исследуемой водой, закрывают часовым стеклом и нагревают до 60°C. Затем колбу вращательным движением взбалтывают и, сдвинув стекло, быстро определяют запах. Интенсивность запаха определяют по 5-бальной шкале: 0 - не ощущается; 1 - обнаруживается только опытным исследователем; 2 - слабый, обнаруживается потребителем только в том случае, если указать на него; 3 - заметный, обнаруживается потребителем и вызывает его неодобрение; 4 - отчетливый, обращающий на себя внимание и делающий воду непригодной для питья; 5 - очень сильный, делающей воду совершенно непригодной.

Естественные запахи описывают, придерживаясь следующей терминологии.

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

Чистые природные воды запахов не имеют.

Е. Вкусы и привкусы

Вкусы и привкусы определяются в баллах. Без привкусов называется такая вода, привкусы которой не превышают 2 баллов.

Определение ведется с заведомо безопасной водой при температуре 20°C. Воду набирают в рот малыми порциями, не проглатывая. Отмечают наличие вкуса (солёный, горький, кислый, сладкий) или привкуса (щелочной, железистый, металлический, вяжущий и т.д.) и их интенсивность в баллах по шкале, аналогично определению интенсивности запаха.

При интенсивности запахов и привкусов выше 2 баллов ограничивается водопотребление, т. к. сильные запахи и привкусы могут быть показателями загрязнения воды загрязненными сточными водами или свидетельствуют о наличии биологически активных веществ, выделяемых сине-зелеными водорослями.

Работа № 21. Исследование химических свойств воды

Такие показатели, как сухой остаток, общая жесткость, активная реакция (рН), щелочность, содержание катионов и анионов: Ca^{2+} , Na^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} , Mg^{2+} характеризуют природный состав воды. Содержание в воде Al, Be, Mn, Cu, полифосфатов Pb, Zn, Ag, V, радия - 226, стронция-90, As и др. - это показатель присутствия химических веществ, поступающих в водоисточник со сточными водами. Железо содержится в чистых природных водах, но поступает оно также в водоемы и со сточными водами.

А. Определение реакции воды

Водородный показатель, выражают величиной рН, представляющей собой десятичный логарифм концентрации ионов водорода, взятый с обратным знаком; рН определяют в интервале от 1 до 14. В большинстве природных вод рН находится в пределах от 6,5 до 8,5 и зависит от соотношения концентраций свободного диоксида углерода и бикарбонат - иона. Более низкие значения рН могут наблюдаться в кислых болотных водах. На величину рН влияет содержание карбонатов, гидроокисей, солей, подверженных гидролизу, гуминовых веществ и т.п. Данный показатель является индикатором загрязнения открытых водоемов при выпуске в них кислых или щелочных сточных вод.

Для определения рН воды применяются специальные реактивы - индикаторы, а также приборы - рН - метры со стеклянными электродами. С помощью универсальной индикаторной бумаги можно определить рН с точностью до 0,2-0,3 единиц рН.

Ход работы

Исследуемую воду наливают в два стакана и опускают в них по полоске красной и синей лакмусовой бумаги. Через 5 минут их сравнивают с такими же бумажками, смоченными дистиллированной водой. Посинение красной бумажки указывает на щелочную реакцию, покраснение синей - на кислую; при отсутствии изменений окраски бумажек - реакция нейтральная.

Для качественного определения щелочности или кислотности воду титруют 0,1н раствором соляной кислоты или 0,1н раствором едкого натра, применяя в качестве индикатора метилоранж. Кислотность или щелочность воды определяют количеством миллилитров нормального раствора кислоты или щелочи, израсходованной на усреднение 1л исследуемой воды. Большинство вод имеет слабощелочную реакцию.

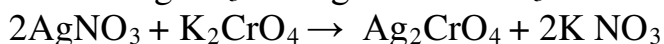
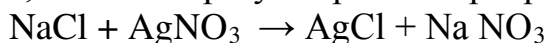
Б. Определение хлоридов в воде

Высокая растворимость хлоридов объясняет широкое распространение их во всех природных водах. В проточных водоемах содержание хлоридов обычно невелико (20-30 мг/л). Незагрязненные грунтовые воды в местах с несолончаковой почвой обычно содержат до 30-50 мг/л хлор - иона. В водах, фильтрующихся через солончаковую почву, в 1 л могут содержаться сотни и даже тысячи миллиграммов хлоридов. Вода, содержащая хлориды в концентрации более 350 мг/л, имеет солоноватый привкус, а при концентрации хлоридов 500-1000 мг/л неблагоприятно влияет на желудочную секрецию.

В питьевых водах хлориды чаще встречаются в виде хлористого натрия и реже в виде других соединений. Они могут быть органического и минерального происхождения.

Наличие в воде хлоридов животного происхождения указывает на ее загрязнение, особенно, если наряду с хлоридами обнаруживается аммиак, нитриты и т.д. Если хлориды минерального происхождения не портят вкус воды, то они не имеют санитарного значения. Определение хлоридов ведется по методу Мора.

Принцип метода Мора основан на осаждении хлоридов азотно - кислым серебром в присутствии хромата калия K_2CrO_4 . При наличии в растворе хлоридов $AgNO_3$ связывается с ними, а затем образует хромат серебра оранжево-красного цвета.



Допустимое содержание солевого хлора составляет 20-30 мг на 1 литр воды.

Качественная проба

Наливают в пробирку 10 мл исследуемой воды, добавляют 2 капли разведенной азотной кислоты и 3 капли азотнокислого серебра. Образование белой мути указывает на присутствие в воде хлоридов.

В. Определение сульфатов в воде

В воде сульфаты встречаются в виде солей щелочных и щелочно-земельных металлов. В остальных случаях они встречаются как продукты разложения органических веществ животного происхождения.

Сульфаты в воде чаще могут быть минерального происхождения. В больших дозах сульфаты натрия вызывают слабительное действие.

Допустимое содержание их в воде не более 80 мг на 1 л воды.

Ход работы

Наливают в стаканчик 10 мл исследуемой воды, подкисляют ее 2 каплями соляной кислоты и добавляют 5 капель раствора хлористого бария. Содержимое стаканчика смешивают. Через мутноватый слой воды смотрят на шрифт при дневном или электрическом освещении и определяют содержание сульфатов.

Г. Определение железа в воде

В поверхностных водах железо (II) содержится в виде достаточно устойчивого гуминовокислого железа, в подземных водах встречается, главным образом, в виде бикарбоната. При контакте подземной воды с воздухом бикарбонат железа окисляется с образованием бурых хлопьев, придающих воде мутность и желтую окраску (если содержание железа превышает 0,3 мг/л). При концентрации железа выше 1 мг/л вода приобретает вязущий привкус. Высокое содержание железа ухудшает органолептические свойства воды, делает воду непригодной в масло – сыродельном и текстильном производстве, усиливает размножение железоусваивающих микроорганизмов в водопроводных трубах, что ведет к зарастанию труб.

Ход работы

Наливают в пробирку 10 мл испытуемой воды и добавляют 2 капли концентрированной соляной или азотной кислоты. Берут 1 - 2 капли 3% перекиси водорода или персульфат аммония на кончике ножа. Добавляют 0,2 мл (4 капли) 50% раствора роданистого калия или роданистого аммония. Приблизительное содержание железа определяется по таблице.

Окрашивание при рассмотрении сбоку	Окрашивание при рассмотрении сверху	Содержание железа в мг/л
Нет	Нет	Менее 0,05
Едва заметное желто-розовое	Очень слабо желтовато-розовое	0,1

<i>Очень слабо желтовато-розоватое</i>	<i>Светлое желтовато-розоватое</i>	<i>0,25</i>
<i>Слабое желтовато-розоватое</i>	<i>Слабо желтовато-розовое</i>	<i>0,50</i>
<i>Светлое желтовато-розоватое</i>	<i>Желтовато-розовое</i>	<i>1,0</i>
<i>Желтовато-розоватое</i>	<i>Желтовато-красное</i>	<i>2,5</i>
<i>Светлое желтовато-красное</i>	<i>Ярко-красное</i>	<i>5,0</i>

Работа № 22. Определение показателей, характеризующих эпидемическую безопасность воды

Эти показатели делятся на две подгруппы:

- 1 – санитарно-биологические показатели,
- 2 – санитарно-химические показатели.

К первой подгруппе относятся: микробное число, коли - индекс, коли - титр, наличие патогенных бактерий и вирусов.

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

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

В природных водах суши соединения азота встречаются как в минеральных, так и в органических формах. К минеральным формам относятся ионы аммония NH⁺₄, нитриты NO⁻₂, нитраты NO⁻₃. Органические формы представлены низкомолекулярными соединениями (аминокислоты, амины, мочевины и др.). Концентрация азота в поверхностных водах суши колеблется от сотен микрограммов до единиц миллиграммов в литре. Соли аммония, азотистой и азотной кислоты, хлориды могут находиться в воде водоемов как продукты разложения органических остатков, фекалий и мочи. С ними могут поступать в водоем возбудители инфекционных заболеваний, поэтому эти вещества являются косвенными показателями эпидемической опасности воды. По количеству азотсодержащих соединений и по их соотношению судят о наличии загрязнения, его

давности или постоянстве поступления загрязнений в водоем. Так, наличие в воде только солей аммония можно трактовать при соответствующих бактериологических данных как показатель свежего органического загрязнения водоем. Присутствие в воде солей азотистой и азотной кислоты при отсутствии или следах солей аммония - как показатель заканчивающегося самоочищения воды; наличие в воде всей триады азотсодержащих веществ - показатель постоянного загрязнения водоема органическими веществами.

Но необходимо учитывать и возможность природного содержания этих соединений в воде или попадания их с растительными остатками. В этом случае большое значение имеют динамические наблюдения за составом воды. О степени органического загрязнения воды можно судить по величине окисляемости воды. Высокая окисляемость или резкие колебания ее (вне сезона) могут указывать на постоянное поступление органических загрязнений в водоем.

А. Определение окисляемости

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

Происхождение и содержание органических веществ, находящихся в природных водах, весьма разнообразны. Различны и их химические свойства по отношению к кислороду: одни вещества устойчивы к окислению, другие, наоборот, легко окисляются. Прямое определение органических веществ в природных водах является сложной и трудоемкой задачей. Поэтому пользуются более простыми косвенными методами. Один из них - это метод перманганатной окисляемости, дающий представление о содержании в воде легко окисляющихся органических веществ. Метод бихроматной окисляемости соответствует полному окислению органических веществ (легко и трудно окисляющихся), за исключением некоторых белковых соединений. Обычно перманганатная окисляемость составляет 40-50 % от истинной окисляемости органических веществ, то есть полного окисления органического углерода до CO_2 . Повышенная окисляемость может указывать на загрязнение воды. Наименьшую окисляемость (до 1-2 мг/л O_2) имеют глубокие подземные воды, относящиеся к 1-му классу. Окисляемость подземных вод, относящихся ко 2-му и 3-му классам, может быть повышена, но не более 5 и 15 мг/л O_2 соответственно. В грунтовых водах окисляемость обычно выше (до 2 - 4 мг/л), причем тем больше, чем выше цветность воды. Поэтому высокая окисляемость при небольшой цветности вероятнее указывает на загрязнение воды. В воде открытых водоемов окисляемость повышается до 5 - 6 мг/л в реках и до 6 - 8 мг/л в водохранилищах, достигая еще больших величин в водах болотного происхождения. Вода считается пригодной для хозяйственных и питьевых целей, если перманганатная окисляемость ее не превышает 3,0 мг/л O_2 . Установлено, что с повышением содержания в воде органических веществ увеличивается и ее бактериальное загрязнение.

Доброкачественной водой считают такую, органические примеси которой окислились и превратились в неорганические соединения (минерализовались). Непосредственное определение органических веществ в воде технически трудно выполнимо. О количестве их можно судить по окисляемости воды, приняв в качестве показателей загрязнения количество миллиграммов кислорода, требующегося для окисления растворенных в воде органических веществ.

При обследовании водоисточников можно пользоваться методом приближенной оценки окисляемости. Для этого 10 мл исследуемой воды наливают в пробирку, прибавляют туда 0,5 мл разведенной 1:3 серной кислоты и 1 мл 0,01 н раствора марганцовокислого калия.

После перемешивания содержимого пробирку оставляют в покое на 20 минут при окружающей температуре свыше 20°C и на 40 минут при температуре от 10 до 20°C. Затем определяют приближенное значение окисляемости, выраженное в миллиграммах кислорода на 1 л воды, пользуясь таблицей:

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

Б. Определение нитритов

Наличие в воде солей азотистой кислоты указывает на загрязнение органическими разлагающимися соединениями. Присутствие данной кислоты в артезианских и болотных водах иногда указывает на раскисление соединений азотной кислоты.

Метод основан на способности нитритных ионов давать интенсивно окрашенные диазосоединения с первичными ароматическими аминами. При определении используется реакция с сульфаниловой кислотой и α-нафтиламином (реактив Грисса).

В питьевой воде допускаются только следы азотистой кислоты.

Качественная проба

Азотистая кислота разлагает йодистоводородную кислоту с выделением свободного йода. Выделившийся йод окрашивает крахмал в синий цвет.

Наливают в пробирку 10 мл исследуемой воды, добавляют 2 капли серной кислоты, три капли 3% раствора йодистого калия и столько же крахмала. Содержимое пробирки встряхивают.

Синее окрашивание указывает на присутствие в воде солей азотистой кислоты.

Количественное определение.

Азотистая кислота с реактивом Грисса дает розовое окрашивание различной интенсивности.

Берут в пробирку 10 мл исследуемой воды и 10 капель реактива Грисса. Спустя 20 мин., определяют по степени окрашивания приближенное содержание нитритов, пользуясь данными следующей таблицы:

Окрашивание при рассмотрении сбоку	Окрашивание при рассмотрении сверху	Содержание аммиачного азота в мг/л
Нет	нет	0,001

Нет	Едва уловимое розовое окрашивание при сравнении с дистиллированной водой	0,002
Нет	Едва заметное розовое окрашивание	0,004
Очень слабозеленое	Слабозеленое	0,02
Слабозеленое	Светло-зеленое	0,04
Светлозеленое	Зеленое	0,07
Сильнозеленое	Малиновое	0,2
Малиновое	Ярко-малиновое	0,4

В. Определение нитратов в воде

Наличие в воде нитратов указывает на полную минерализацию аммиачных соединений.

Метод основан на реакции между нитратами и фенолдисульфокислотой с образованием нитропроизводных фенола, которые со щелочами образуют окрашенные в желтый цвет соединения.

Предельно-допустимая концентрация нитратов в воде водоемов – 10 мг/л воды.

Количественное определение

В пробирку наливают 1 мл исследуемой воды. Добавляют 1 мл сульфифеноловой кислоты по каплям и чтобы они падали на поверхность воды. Степень окраски определяют спустя 20 минут после добавления реактива и смешивания содержимого пробирки.

Желтая окраска различной интенсивности указывает на наличие в исследуемой воде солей нитратов, которые приблизительно определяются по следующей таблице:

Окраска при наблюдении сбоку	Содержание азота нитратного в мг/л
Уловима только по сравнению с контролем	0,5
Едва заметное желтоватое окрашивание	1,0
Чрезвычайно слабожелтоватое окрашивание	2,0
Очень слабожелтоватое	3,0
Слабожелтоватое	5,0
Слабо желтое	10,0
Светло желтое	25,0
Желтое	50,0
Сильно желтое	100,0

Мониторинг почвенного покрова

Почвенный покров является важнейшим компонентом биосферы. От свойств почв в значительной степени зависит состояние и состав атмосферы, химический состав речных, озерных и морских вод. Через почву проходят мощные потоки химических элементов, она играет важную роль в аккумуляции органического вещества, химических элементов и энергии (Ковда, Глазовский, 1986). Почва играет исключительную роль в хозяйственной деятельности человека, являясь основным средством производства. Состояние почвенного покрова во многом определяет экологическое равновесие в биосфере.

Мониторинг земель - это система наблюдений за состоянием земельного фонда с целью своевременного выявления изменений, их оценок, предупреждения и устранения последствий негативных процессов и явлений. Он, являясь составной частью мониторинга природной среды, обеспечивает комплексную информацию о состоянии земель и выполняет базовую связующую роль между другими видами мониторинга и кадастра природных ресурсов. Мониторинг лежит в основе информационного обеспечения государственного земельного кадастра, контроля за использованием земель и их охраны. Система мониторинга земель работает во взаимодействии с существующими сетями и службами наблюдения, такими как землеустроительная, лесоустроительная, агрохимическая, защиты растений, федеральными службами России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, лесного хозяйства России, геодезии и картографии, геологии и использования недр и др. Содержание мониторинга земель заключается в получении комплексной информации, характеризующей изменения объектов мониторинга во времени и пространстве.

Антропогенные воздействия на почвы обширней, чем на другие компоненты биосферы. Важным фактором антропогенного воздействия на почву является применение минеральных удобрений. Не все вводимые в почву удобрения используются растениями, многое теряется, выносится в водные объекты.

Особенно остро стоит проблема азотных удобрений. Избыточное содержание азотных удобрений в почве отрицательно воздействует на растения. Избыточный азот накапливается в почве обычно в форме нитрата. Так как в этой форме азот в почве не сорбируется, он легко вымывается почвенными водами, причем 20 - 40% его поступают в грунтовые воды и близлежащие водоемы.

Сточные воды животноводческих комплексов, содержащие большое количество азота, являются основными загрязнителями почв и водных систем. Неконтролируемый источник поступления соединений азота в почву - промышленность по производству азотных удобрений. Пересыщение почвы соединениями азота происходит и при многократных посевах сои и других бобовых культур (вместо удобрений).

Повышение содержания нитратов в почве, в сельскохозяйственной продукции и питьевой воде приводит к отрицательным последствиям для здоровья человека. При использовании аммиачных форм азотных удобрений происходит потеря гумуса, возрастает его минерализация. Наряду с этим происходит неконтролируемое загрязнение земель тяжелыми металлами, в основном соединениями ртути, свинца, кадмия. Это связано с тем, что эти металлы содержатся в золе, угле и нефти. При сжигании горючих ископаемых вместе с золой на поверхность Земли поступают миллионы тонн металлов.

Растет загрязнение почв пестицидами, которые всегда отрицательно влияют на живое население почв, поддерживающее почвенное плодородие. Пестициды вызывают депрессию процесса нитрификации, увеличивают эрозию почв. Влияют они и на насекомых-опылителей, на содержание микроэлементов и других биогенных веществ в растениях, на устойчивость сельскохозяйственной продукции к хранению, на вкусовые качества и пищевую ценность растений и на здоровье человека. До 80 % пестицидов адсорбируется почвенным гумусом, из-за чего время их пребывания в почве значительно возрастает. В этом состоянии они практически не подвергаются биоразложению. Испаряясь с поверхности почв, пестициды загрязняют атмосферу, при просачивании попадают в грунтовые воды.

Нормирование химического загрязнения почв устанавливается по предельно допустимым концентрациям (ПДК_п). По своей величине ПДК_п значительно отличаются

от принятых допустимых концентраций для воды и воздуха. Это отличие объясняется тем, что поступление вредных веществ в организм человека из почвы происходит через контактирующие с почвой объекты (воздух, вода, растения).

ПДК_п - это такая концентрация химического вещества (в мг на кг почвы в пахотном слое), которая не должна вызывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды и здоровье человека, а также на способность почвы к самоочищению. Существуют 4 разновидности ПДК_п в зависимости от путей миграции химических веществ в сопредельные среды: ТВ - транслокационный показатель, характеризующий переход вещества из почвы через корневую систему в зеленую массу и плоды растений; МА - миграционный воздушный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы в атмосферу; МВ - миграционный водный показатель, характеризующий переход химического вещества из почвы в подземные грунтовые воды и водоисточники; ОС - общесанитарный показатель, характеризующий влияние химического вещества на способность почвы к самоочищению и на живое население почвы (см. приложение). В случае применения новых химических соединений, для которых отсутствует ПДК, проводят расчет временно допустимых концентраций (ВДК) по формуле:

$$\text{ВДК}_п = 1,23 + 0,48 \text{ ПДК}_{пр},$$

где: ПДК_{пр} - предельно допустимая концентрация для продуктов (овощные и плодовые культуры), мг/кг.

Отбор проб почвы для исследования проводят на участке площадью 25 м² в 3-5 точках по диагонали с глубины 0,25 м, а при выяснении влияния загрязнений на грунтовые воды с глубины 0,75–2 м. Масса каждой пробы должна составлять 0,2-1 кг.

Классификацию почв по степени загрязнения проводят по предельно допустимым количествам (ПДК) химических веществ и их фоновому загрязнению. По степени загрязнения почвы подразделяются на: 1) сильно загрязненные; 2) средне загрязненные; 3) слабо загрязненные.

К сильно загрязненным относят почвы, в которых содержание загрязняющих веществ в несколько раз превышает ПДК, имеющие низкую биологическую продуктивность, существенное изменение физико-химических, химических и биологических характеристик. К средне загрязненным относят почвы, в которых установлено превышение ПДК без существенных изменений в свойствах почв.

К слабо загрязненным относят почвы, в которых содержание химических веществ не превышает ПДК, но выше естественного фона. Коэффициент концентрации загрязнения почвы H_c вычисляется по формуле:

$$H_c = C/C_f \text{ или } H_c = C/C_{пдк},$$

где:

C - общее содержание загрязняющих веществ;

C_ф - среднее фоновое содержание загрязняющих веществ;

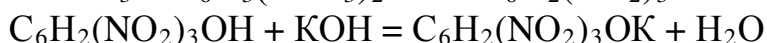
C_{пдк} - предельно-допустимое содержание загрязняющих веществ.

Работа № 23. Определение содержания химических веществ в почве

А. Определение азота нитратов

Избыточный азот накапливается в почве обычно в форме нитратов. Метод определения основан на взаимодействии нитратов с дисульфоновой кислотой с образованием тринитрофенола (пикриновой кислоты), который при подщелачивании

раствора дает окрашенное в желтый цвет нитросоединение в количестве, эквивалентном содержанию нитратов:



20 г свежей почвы взвесить на технических весах, перенести в колбу объемом 150-200 мл и добавить 0,5-3 г активированного угля. Прилить 100 мл дистиллированной воды и взбалтывать в течение 3 мин. Отфильтровать в сухую посуду через воронку с четырьмя слоями складчатых фильтров. Не следует наливать в воронку больше 1/2 ее объема. Если фильтрат мутный, добавить 1 мл осадителя - смесь 13%-ного раствора сернокислого алюминия и 7%-ного раствора щелочи. После тщательного взбалтывания снова отфильтровать через ту же воронку с чистым фильтром.

Ход работы

В пробирку наливают 10 мл вытяжки и 0,5 мл реактива Грисса. Через 20 мин. По степени окраски определяют примерное содержание нитритов, пользуясь таблицей:

Окрашивание при наблюдении сбоку	Окрашивание при наблюдении сверху	Содержание нитритов в мг/л
Нет	Нет	0,001
Нет	Едва уловимое розовое в сравнении с дистиллированной водой	0,002
Нет	Едва заметно розовое	0,004
Очень слабо-розовое	Слабо- розовое	0,02
Слабо- розовое	Светло- розовое	0,04
Светло- розовое	Розовое	0,07
Сильно- розовое	Малиновое	0,20
Малиновое	Ярко- малиновое	0,40

Б. Определение хлоридов

В колбу наливают 20 мл вытяжки и 1 мл 10% раствора хромовокислого калия и титруют раствором азотнокислого серебра, 1 мл которого может осадить 1 мг хлора.

В. Определение окисляемости почвенной вытяжки

В пробирку наливают 10 мл вытяжки, прибавляют 0,5 мл раствора серной кислоты (1:3) и 1мл 0,01н раствора марганцовокислого калия, перемешивают и оставляют на 20 минут. Окисляемость определяют по таблице:

Окраска при наблюдении сбоку	Окисляемость, мг/л
Яркий лилово - розовый	1
Лилово - розовый	2
Слабый лилово - розовый	4
Бледный лилово - розовый	6
Бледно - розовый	8
Розово - желтый	10
Желтый	16 и выше

Работа 24. Определение содержания сероводорода в почве, загрязненной нефтепродуктами

Сероводород – газ, растворим в воде и органических растворителях, является сильным восстановителем. Водный раствор имеет кислую реакцию и является слабой кислотой. ПДК сероводорода 0,4 мг/кг почвы.

Методика предназначена для определения содержания сероводорода в почве, в местах, где постоянно имеется загрязнение нефтепродуктами, особенно в прибрежной почве рек и других водоемов, куда сбрасывают сточные воды, загрязненные нефтепродуктами. Определение основано на окислении сероводорода йодом, выделившемся при взаимодействии йодида калия с KMnO_4 в кислой среде. Нижний предел обнаружения - 0,32 мг/кг почвы, точность измерения - 25%, измеряемые концентрации 0,32 - 2300 мг/кг.

Оборудование, реактивы, материалы:

1) аппарат для встряхивания; 2) бумага фильтровальная; 3) калий перманганат KMnO_4 , хим. чистый, 0,01 М раствор; 4) натрий тиосульфат 0,005 М раствор - растворяют 0,79 г в колбе вместимостью 1 л, в бидистиллированной воде; 5) серная кислота H_2SO_4 , пл. 1,84 г/см³, разбавленная 1: 3; 6) калий йодид, хим. Чистый, 10 % - ный раствор; 7) крахмал растворимый 1 % ный раствор. Растворы готовят на бидистиллированной воде.

Материал: почва, загрязненная нефтепродуктами.

Ход работы.

Помещают 100 г почвы в коническую колбу, приливают 200 мл бидистиллированной воды, колбу закрывают пробкой и встряхивают 3 мин. Затем аликвотную часть фильтруют через складчатый фильтр. Вносят в коническую колбу 100 мл фильтрата, добавляют несколько капель H_2SO_4 , приливают 1 мл 10%-ного раствора КJ, взбалтывают и приливают из бюретки 0,01М раствор KMnO_4 до появления желтой окраски. Избыток йода оттитровывают раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, прибавляя к концу титрования несколько капель 1%-ного раствора крахмала. Разность между объемами прилитого 0,01 М раствора KMnO_4 и раствора, израсходованного на титрование, соответствует количеству 0,01 М раствора йода, израсходованного на окисление H_2S в 100 мл фильтрата. 1 мл 0,01 н раствора йода соответствует 0,17 мг H_2S .

Пример расчета: разность между объемами 0,01 М раствора KMnO_4 ; и раствора $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, израсходованного на титрование, равна 3 мл. Следовательно, в 100 мг фильтрата содержится $0,17 \cdot 3 = 0,51$ мг H_2S . В 200 мг фильтрата (или в 100 г почвы) содержится 1,02 мг H_2S . Отсюда концентрация С в почве H_2S составляет

$$C = 1000 \cdot 1,02/100 = 10,2 \text{ (мг/кг)}.$$

Одновременно с анализом образца почвы отбирают пробу и определяют влажность для пересчета результата на абсолютно сухую почву.

Определение влажности почвы.

Берут чисто вымытый тонкий стеклянный стаканчик с пришлифованной стеклянной крышкой (бюкс), доведенный в сушильном шкафу при температуре 100-105°C до постоянного веса. Вес бюкса устанавливают путем взвешивания на аналитических весах с точностью до 0,0001г. Навеску почвы помещают в бюкс. Для высокогумусных, глинистых почв с высокой влажностью достаточно 15-20 г, навеска органических почв должна быть 15-50 г.

Ориентировочный вес навески можно определить быстро на технических весах, точный вес определяется на аналитических весах. Затем бюкс открывают, крышку устанавливают в вертикальном положении, и помещают в сушильный шкаф. Определение проводят дважды, температура нагрева 105 °С в течение 8 часов. Песчаные почвы нагревают 3ч. при этой же температуре, загипсованные почвы - 8 ч. при $80 \pm 20^\circ \text{C}$.

Высушенные навески переносят в эксикатор, через 20 - 30 мин. закрывают и взвешивают. В эксикаторе для сушки воздуха находится H_2SO_4 (конц.) или безводный $CaCl_2$.

После остывания навески взвешивают на аналитических весах и снова помещают в сушильный шкаф на 1 ч для песчаных почв, и на 2 ч для остальных почв при той же температуре. Сушить и взвешивать надо до тех пор, пока разница между последними весами не будет меньше 0,0003 г.

Влажность почвы в процентах вычисляют по формуле

$$W = \frac{(m_1 - m_0) - 100}{(m_0 - m)},$$

где m_1 - масса влажной почвы со стаканчиком, г;

m_0 - масса высушенной почвы со стаканчиком, г;

m - масса стаканчика, г.

Вычисления проводят с точностью до 0,1%. Концентрация исследуемого вещества в почве C (мг/кг) вычисляется по формуле

$$C = \frac{A}{B} \cdot K,$$

где A - количество исследуемого вещества, найденное в пробе, мкг;

B - масса исследуемой почвы, г;

K - коэффициент пересчета на абсолютно сухую почву:

$$K = 100 / 100 - W$$

Работа 25. Разложение органических веществ в воде и почве с определением некоторых конечных продуктов

Другой формой распада органического вещества до простейших соединений являются микробиологические процессы в почвах и водах, в результате чего образуется гумус почвы и различные донные отложения полуразложившейся органики (сапрпель и др.). Основные из этих процессов - биологическое разложение сапрофитами углеродсодержащих и азотсодержащих веществ, что является составной частью круговоротов этих элементов в природных циклах. Бактерии - аммонификаторы минерализуют белки растительных и животных остатков, а также других микроорганизмов (в том числе и азотфиксаторов), мочевины, хитин, в результате чего образуется аммиак NH_3 . Разлагаются и серусодержащие белки растений и животных, в результате чего образуется сероводород (H_2S). Продуктом жизнедеятельности микроорганизмов являются и индольные соединения, которые выполняют роль стимуляторов роста. Наиболее известна - β - индолилуксусная кислота, или гетероауксин. Индольные вещества образуются из аминокислоты триптофана. Процесс разложения органических веществ до простых соединений ферментативный. Конечным этапом являются аммонийные соли, доступные для растений.

Оборудование, реактивы, материалы:

1) весы теххимические; 2) термостат; 3) пробирки; 4) ватные пробки; 5) химические стаканы; 6) чашки Петри; 7) $NaHCO_3$; 8) 5%-ный $Pb(NO_3)_2$ или $Pb(CH_3COO)_2$; 9) реактив Сальковского; 10) реактив Эрлиха; 11) нингидриновый реактив; 12) реактив Несслера; 13) гумусная почва; 14) свежие листья люпина или засушенные листья других бобовых; 15) рыбная, мясная мука или кусочки мяса, рыбы.

Ход работы

Аммонификация животных белков

а) Поместить в пробирку 0,5-1 г свежей рыбы или маленький кусочек мяса. Добавить отстоянной воды до половины объема пробирки и 25 - 50 мг NaHCO_3 . на кончике скальпеля) для нейтрализации среды, что препятствует деятельности аммонификаторов (благоприятна нейтральная или слабощелочная среда при $\text{pH} = 7$ и выше). Прибавить небольшой комочек гумусной почвы для введения в среду аммонификаторов, смешать содержимое пробирки, заткнуть ее ватной пробкой, предварительно укрепив между пробкой и пробиркой кусочек свинцовой бумажки так, чтобы он не касался раствора. Каждую пробирку сверху обернуть станиолью, чтобы исключить выход газа из пробирки. Поставить все в термостат при 25-30°C на 7-14 дней. Этот опыт имитирует разложение органических остатков в водной среде стоячего водоема (например, пруда), куда могут попадать частички почвы с прилегающих полей путем смыва.

б) насыпать гумусную почву в стаканчик, полить отстоянной водой, закопать в почву небольшой кусочек мяса, укрепить свинцовую бумажку между почвой и краем стаканчика, закрыть систему чашкой Петри (бортиком вниз), поставить в термостат при 25-30°C на одну - две недели. Этот опыт имитирует разложение органических остатков в почве.

Аммонификация растительных остатков (белков)

Проследить разложение в почве зеленого удобрения, для чего наполнить химический стакан на 100 мл гумусовой почвой и закопать в нее несколько кусочков зеленых стеблей и листьев многолетнего люпина, гороха, фасоли, посаженных с осени в горшок. Можно использовать разваренные в воде сухие части бобовых растений летнего сбора. Закрыть стаканы крышками от чашек Петри, поместить в термостат при температуре 25-30°C на одну-две недели, поддерживая нормальную влажность почвы в течение опыта (60% от полной влагоемкости), не переувлажняя ее.

Продолжение работы (проводится через 7-14 дней)

а) отфильтровать часть культурального раствора из пробирок, в котором происходило разложение животных белков. Обратит внимание на образование плохо пахнущих продуктов (сероводород – запах тухлых яиц, индольные соединения и др).

Обнаружить образование аммиака добавлением к 1 мл культурального раствора 2-3 капель реактива Несслера. Для этого удобно использовать часовое стекло, помещенное на лист белой бумаги или фарфоровую чашку. Пожелтение раствора свидетельствует о наличии аммиака, образовавшегося при разрушении белков.

Обнаружить наличие сероводорода по почернению свинцовой бумажки над раствором или при опускании ее в раствор.

Накапать культуральный раствор на фильтровальную или хроматографическую бумагу микропипеткой с оттянутым носиком (10 - 20 капель в одну точку), подсушить над вентилятором, капнуть реактива Сальковского, Эрлиха, или нингидринового реактива. Подогреть над плиткой. Индольные соединения с реактивом Сальковского дают синее, красное, малиновое окрашивание в зависимости от состава индольного продукта (ИУК дает красное окрашивание). Реактив Эрлиха дает с индольными производными пурпурное окрашивание. Нингидриновый реактив - это реакция на аминокислоту триптофан (предшественник индольных ауксинов). При подогреве – синее окрашивание.

б) Извлечь из почвы кусочек мяса или рыбы вместе с почвой, прилегающей к кусочку, поместить в стаканчик, налить немного воды, помять стеклянной палочкой, взболтать, отфильтровать. Определить в фильтрате аммиак, сероводород, индольные вещества вышеуказанными методами. Сходные процессы происходят в почве при перегнивании отмерших животных.

в) Извлечь из почвы полуразложившиеся стебли люпиновой зеленой массы, очистить от почвы и растереть с небольшим количеством воды. Отфильтровать 1 - 2 мл раствора и сделать пробу на аммонийный азот, освобождающийся при минерализации растительных белков (с реактивом Несслера). Сходные процессы происходят в почве при запаховании зеленого удобрения или органических остатков в виде навоза, торфа, сапропеля и др. Определить наличие сероводорода, индольных веществ, триптофана.

г) Поместить на предметное стекло каплю культуральной жидкости из пробирки, где происходило разложение животного белка, и изучить ее под микроскопом при увеличении в 600 раз. Обнаруживаются многочисленные микроорганизмы, вызывающие разложение органических веществ. Часто они энергично движутся и червеобразно изгибаются.

Приготовление реактивов.

1. Свинцовая бумажка. Фильтровальную бумагу опускают в 5% - ный раствор нитрата свинца $Pb(NO_3)_2$. Можно также использовать уксуснокислый свинец - $Pb(CH_3COO)_2$, выдерживают 10 - 15 мин., высушивают, разрезают на полоски.

2. Реактив Сальковского: 50 частей хлорной кислоты $HClO_4$ и 1 часть 0,5% - ного $FeCl_3$, смешивают. Можно хранить при комнатной температуре неограниченно долгое время.

3. Реактив Эрлиха: 0,8 г парадиметиламинобензальдегида растворяют в 30 мл спирта (этанола), добавляют 30 мл концентрированной HCl . Реактив хранится в холодильнике 1-2 недели.

4. Реактив на триптофан: 0,1% - ный раствор нингидрина в водонасыщенном бутаноле.

При наличии большого количества индольных веществ можно сделать и более простое определение: смешать в фарфоровой чашке 1 мл культурального раствора из вышеописанных опытов с 1 – 3 каплями 1% - ного $FeCl_3$. Прибавить 3 - 4 капли 10% - ной HCl . Нагреть смесь. При наличии гетероауксина появляется фиолетовое окрашивание.

Работа № 26. Определение размеров ущерба от загрязнения земель

химическими веществами

Цель. Приобретение навыков по определению экономического ущерба от загрязнения почвенно-биотического комплекса агроэкосистем.

Ущерб от загрязнения определяют:

при производственном загрязнении земель (выбросами и сбросами загрязняющих веществ) - на основе данных обследований земель и лабораторных анализов по сравнению с данными предыдущих обследований и анализов;

при нарушении технологий и регламентов применения пестицидов и других агрохимикатов, несоблюдении природоохранных требований при их хранении, транспортировке и проведении погрузочно-разгрузочных работ, загрязнении земель при авариях, залповых сбросах и выбросах - на основе данных обследований земель и лабораторных анализов;

при захлавлении земель несанкционированными свалками отходов - на основе данных об объеме (массе) отходов и степени их опасности.

Согласно действующему в стране ГОСТу химические вещества, попадающие в почву из выбросов, сбросов и отходов, подразделяются на три класса по степени опасности (табл. 17).

Классы загрязняющих веществ по степени их опасности

Класс	Химическое вещество
I. Высокoопасные	Мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, фтор, бенз(а)пирен
II. Умеренноопасные	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
III. Малоопасные	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенол

Класс опасности химических веществ устанавливают по табл. 18.

Таблица 18.

Показатели для определения класса опасности химического вещества

Показатели	Норма для классов опасности		
	I	II	III
Токсичность, ЛД ₅₀	<200	200-1000	>1000
Персистентность в почве, мес.	>12	6-12	<6
ПДК в почве, мг/кг	<0,2	0,2-0,5	>0,5
Миграция	Мигрируют	Слабо мигрируют	Не мигрируют
Персистентность в растениях, мес.	>3	1-3	<1
Влияние на пищевую ценность сельскохозяйственной продукции	Сильное	Умеренное	Нет

Персистентность в почве - продолжительность сохранения биологической активности загрязняющего почву химического вещества, характеризующая степень его устойчивости к процессу разложения.

При расчете размеров ущерба от загрязнения земель стоимостные показатели определяются в соответствии с данными, приведенными в табл.19.

Таблица 19.

Нормативы стоимости освоения новых земель взамен изымаемых сельскохозяйственных угодий для несельскохозяйственных нужд

Типы и подтипы почв на изымаемых участках	Нормативы стоимости освоения, руб/га	
	под пашню, многолетние насаждения, сенокосы и пастбища коренного улучшения	под сенокосы и пастбища
Черноземы всех подтипов сверхмощные и мощные тучные и среднегумусные, торфяные окультуренные	2538	2007
Черноземы всех подтипов среднемощные; черноземы сверхмощные и мощные – эродированные; лугово-черноземные и старо-пойменные луговые	2101	1664

Черноземы всех подтипов маломощные малогумусные, черноземы среднетощные эродированные; темно-серые лесные	1924	1529
Черноземы маломощные карбонатные и солонцеватые; темно-каштановые	1747	1394
Черноземы всех подтипов маломощные и темно-серые лесные почвы – эродированные; дерново-карбонатные	1612	1310
Серые и светло-серые лесные и дерново-слабоподзолистые	1352	1092
Серые и светло-серые лесные и дерново-подзолистые - эродированные; солонцы глубокие	1134	437
Аллювиально-луговые гелевые	1009	395
Иловато-болотные, лугово-болотные, торфянисто-болотные	738	302
Почвы овражно-балочного комплекса, солончаки	-	218

Расчет платы за ущерб от загрязнения земель химическими веществами

Размеры ущерба от загрязнения земель определяются исходя из затрат на проведение полного объема работ по очистке загрязненных земель. В случае невозможности оценить указанные затраты, размеры ущерба от загрязнения земель рассчитываются по следующей формуле:

$$П = \sum (H_c \cdot S_i \cdot K_v \cdot K_{zi} \cdot K_{zi} \cdot K_g), (1)$$

где П - размер платы за ущерб от загрязнения земель одним или несколькими химическими веществами (руб.);

H_c - норматив стоимости с.-х. земель (руб./га), определяемый согласно табл. 19;

K_v - коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных с.-х. земель, определяемый согласно табл.20;

S_i - площадь земель, загрязненных химическим веществом i -го вида (га);

K_{zi} - коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель химическим веществом i -го вида, определяемый согласно табл.21;

Таблица 20.

Значения коэффициента пересчета (K_v) нормативов стоимости с.-х. земель (H_c) в зависимости от периода времени по их восстановлению

Продолжительность периода восстановления, лет	Коэффициент пересчета	Продолжительность периода восстановления, лет	Коэффициент пересчета
1	0,9	8-10	5,6
2	1,7	11-15	7,0
3	2,5	16-20	8,2
4	3,2	21-25	8,9
5	3,8	26-30	9,3

6-7	4,6	3 1 и более	10,0
-----	-----	-------------	------

$K_{э}$ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории i -го экономического района, определяемый согласно табл.22;

$K_{г}$ - коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель, определяемый согласно табл. 23.

Таблица 21.

Коэффициент (K_3) для расчета размеров ущерба в зависимости от степени загрязнения земель химическими веществами

Уровень загрязнения	Степень загрязнения земель	K_3
1	Допустимая	0
2	Слабая	0,3
3	Средняя	0,6
4	Сильная	1,5
5	Очень сильная	2,0

Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости на территории Российской Федерации вводятся для учета суммарного воздействия, оказываемого загрязняющими веществами на земли (табл. 22).

Таблица 22.

Коэффициенты ($K_э$) экологической ситуации и экологической значимости территории

Экономические районы РФ	$K_э$
Центральный	1,6
Центрально-Черноземный	2,0

Таблица 23.

Коэффициенты ($K_{г}$) для расчета ущерба в зависимости от глубины загрязнения земель

Глубина загрязнения земель, см	$K_{г}$
0-20	1,0
0-50	1,3
0-100	1,5
0-150	1,7
0-150 и более	2,0

Степень загрязнения земель характеризуется пятью уровнями: допустимым (1), слабым (2), средним (3), сильным (4) и очень сильным (5). Под допустимым уровнем загрязнения понимается содержание в почве химических веществ, не превышающее их предельно допустимых концентраций (ПДК) или ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) (табл. 24).

Таблица 24.

Предельно допустимые концентрации химических веществ в почвах

Элемент, химическое вещество	Величина ПДК, мг/кг почвы
Валовые формы	
Ванадий	150
Кадмий	3,0
Марганец	1500

Марганец+Ванадий	1000+100
Мышьяк	2,0
Олово	4,5
Ртуть	2,1
Свинец	32
Сурьма	4,5
Хром	90
Сернистые соединения	160
Сероводород	0,4
Нитраты	130
Водорастворимая форма	
Фтор	10
Подвижные формы	
Свинец	6
Никель	4
Хром	6
Медь	3
Цинк	23
Кадмий	0,5-0,7
Кобальт	5
Марганец (для черноземов)	700

Таблица 25.

Предельно допустимые концентрации органических соединений в почвах

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/кг почвы
Бензин	0,1
Бетанол	0,25
ГХЦГ (гексахлоран)	0,1
2,4 - Д - аминная соль	0,25
ДДТ и его метаболиты (суммарные количества)	0,1
Децис	0,01
Формальдегид	7,0
Хлорофос	0,5

При допустимом уровне загрязнения коэффициент K_z в формуле 1 приравнивается к 0, тогда $\Pi=0$, следовательно плата не взимается. Содержание в почве химических веществ, соответствующее различным уровням загрязнения, приведено в табл.26.

Таблица 26.

Показатели уровня загрязнения земель химическими веществами

Элемент, соединение	Содержание (мг/кг), соответствующее уровню загрязнения				
	1- допустимый	2 - низкий	3-средний	4-высокий	5-очень высокий
Неорганические соединения					

Кадмий	<ПДК	от ПДК до 3	от 3 до 5	от 5 до 20	>20
Свинец	<ПДК	от ПДК до 125	от 125 до 250	от 250 до 600	>600
Ртуть	<ПДК	от ПДК до 3	от 3 до 5	от 5 до 10	>10
Мышьяк	<ПДК	от ПДК до 20	от 20 до 30	от 30 до 50	>50
Цинк	<ПДК	от ПДК до 500	от 500 до 1500	от 1500 до 3000	>3000
Медь	<ПДК	от ПДК до 200	от 200 до 300	от 300 до 500	>500
Кобальт	<ПДК	от ПДК до 50	от 50 до 150	от 150 до 300	>300
Никель	<ПДК	от ПДК до 150	от 150 до 300	от 300 до 500	>500
Молибден	<ПДК	от ПДК до 40	от 40 до 100	от 100 до 200	>200
Олово	<ПДК	от ПДК до 20	от 20 до 50	от 50 до 300	>300
Барий	<ПДК	от ПДК до 200	от 200 до 400	от 400 до 2000	>2000
Хром	<ПДК	от ПДК до 250	от 250 до 500	от 500 до 800	>800
Ванадий	<ПДК	от ПДК до 225	от 225 до 300	от 300 до 350	>350
Фтор водорастворимый	<ПДК	от ПДК до 15	от 15 до 25	от 25 до 50	>50
Органические соединения					
Хлорированные углеводороды (в том числе хлорсодержащие пестициды, ДДТ, ГХЦГ, 2,4-Д и др.)	<ПДК	от ПДК до 5	от 5 до 25	от 20 до 50	>50
Фенолы	<ПДК		от 1 до 5	от 5 до 10	>50
Нефть и нефтепродукты	<ПДК	от 1000 до 2000	от 2000 до 3000	от 3000 до 5000	>5000
Бенз(а)пирен	<ПДК	от ПДК до 0,1	от 0,1 до 0,25	от 0,25 до 0,5	>0,5
Сернистые соединения	<ПДК	от ПДК до 180	от 180 до 250	от 250 до 380	>380

В случае отсутствия в табл. 26 химических веществ, загрязняющих земли, ущерб от загрязнения рассчитывается также по формуле (1), однако при этом коэффициент K_3 , находится на основании данных табл.27 и формулы (2).

Таблица 27.

Оценка степени загрязнения земель химическими
веществами по суммарному показателю загрязнения (Z_c)

Значения показателя Z_c	Степень загрязнения	Коэффициенты K_3
<2	Допустимая	0
2-8	Слабая	0,3
8-32	Средняя	0,6
32-64	Сильная	1,5
>64	Очень сильная	2,0

Таблица 28.

Фоновое содержание валовых форм тяжелых металлов и мышьяка
в почвах, мг/кг

Почвы	Zn	Cb	Pb	Hg	Cu	Co	Ni	As
Дерново- подзолистые песчаные и супесчаные	28	0,05	6	0,05	8	3	6	1,5
Дерново- подзолистые суглинистые и глинистые	45	0,12	15	0,10	15	10	30	2,2
Серые лесные	60	0,20	16	0,15	18	12	35	2,6
Черноземы	68	0,24	20	0,20	25	15	45	5,6

$$Z = \sum C_i \text{ факт} / C_i \text{ фон}, (2)$$

где C_i факт - фактическое содержание i -го токсиканта в почве;

C_i фон - значение регионально-фоновое содержание в почве i -го токсиканта.

Под регионально-фоновым содержанием химических веществ понимается их содержание в почвах территорий, не испытывающих техногенной нагрузки.

При отсутствии в табл. 28 данных по фоновому содержанию в почвах неорганических химических веществ фон берется как среднерегиональный для незагрязненной территории и утверждается Министерством природных ресурсов России; для органических соединений их фоновое содержание в почвах приравнивается к 0,1 ПДК.

Размеры ущерба от загрязнения земель несанкционированными свалками отходов определяется по формуле:

$$П = \sum (N_{pi} \cdot M_i \cdot K_{эi} \cdot 25 \cdot K_v), (3)$$

где $П$ – то же, что и формуле 1;

N_{pi} – норматив платы за захламление земель 1 т (m^3) отходов i -го вида (руб.), определяемый согласно табл.29.

Таблица 29.

Плата за захламление земель несанкционированными свалками отходов

Виды отходов	Единица измерения	Нормативы платы за размещение отходов, руб.
Нетоксичные отходы:		
добывающей промышленности	т	2,5
перерабатывающей промышленности	м ³	115
бытовые	м ³	200
Токсичные отходы при классе опасности:		
1 – чрезвычайно опасные		
2 - высокоопасные	т	6000
3 - умеренноопасные	т	4000
4 - малоопасные	т	2000

Класс опасности токсичных отходов в табл.29 определяется согласно «Временному классификатору токсичных промышленных отходов и Методическим указаниям по определению класса опасности токсичных промышленных отходов»;

M_i – масса (объем) отхода i -го вида (т, м³);

$K_{эi}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории i -го экономического района согласно табл.16;

25 – повышающий коэффициент за загрязнение земель отходами несанкционированных свалок;

K_v – то же, что и в формуле 1.

Оценка ущерба от загрязнения водоемов

Экономическая оценка удельного ущерба $Ув$ (руб./год) от сброса загрязняющих примесей в k -й водоем источником загрязнения определяется по формуле:

$$Ув = \lambda \cdot \delta_k \cdot M,$$

где λ - константа, численное значение которой рекомендуется принимать 400 руб./усл. т для сбросов в водоемы после 1985 г.;

δ_k - константа, имеющая разные значения для различных водохозяйственных участков, например, для Волги величина принимается от 0,8 до 2,6; для Дона - 0,62 до 3,79 и т.д.

Показатель M рассчитывается по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^N A_i^1 m_i^1,$$

где A_i^1 - показатель относительной опасности сброса, рассчитываемый в соответствии с методикой;

m_i^1 - масса i -го выброса, приходящаяся, например, на 1 т металла.

Значение показателя A_i^1 определяется по формуле:

$$A_i^1 = \frac{1z / m^3}{ПДК_{p/xi}},$$

где ПДК p/xi - предельно допустимая концентрация i -го вещества в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей, г/м³; например, значение A_i для взвешенных веществ составляет 0,33, для нефтепродуктов - 20, для меди 100 и т.д.

Определение ущерба от эрозии почв

Ущерб сельскому хозяйству от эрозии почв ($Уэр$) можно определить по уравнению

$$Уэр = Уов + Усм + Узаил,$$

где $Уэр$ - годовой ущерб от эрозии почв, руб./год;

$Уов$ - ущерб от изъятия земель из сельскохозяйственного оборота в результате оврагообразования;

$Усм$ - ущерб от недобора сельскохозяйственной продукции на смытых почвах;

$Узаил$ - ущерб от заиления малых рек и пойменных угодий.

Ущерб от изъятия земель из сельскохозяйственного оборота в результате овражной эрозии ($Уов$) рассчитывают по зависимости

$$Уов = Sиз \cdot Дсх,$$

где $Sиз = 2,86Sов$ - площадь земель, изъятых из оборота в результате оврагообразования, га;

$Sов$ - площадь оврагов, га;

$Дсх$ - дифференцированный доход сельскохозяйственного предприятия в расчете на 1 га, руб.

Ущерб от недобора сельскохозяйственной продукции на смытых почвах находят по соотношению

$$Усм = \sum Sсл_i \Delta Усл_i Ц_i + \sum Sср_i \Delta Уср_i Ц_i + \sum Sси_i \Delta Уси_i Ц_i,$$

где n - количество возделываемых в хозяйстве культур по видам;

$Sсл_i$ - площадь слабосмытых почв, занятых i -й культурой;

$\Delta Усл_i$ - среднее снижение урожая i -й культурой на слабосмытых почвах;

$Ц_i$ - закупочная цена единицы продукции на i -ю культуру;

$Sср_i$ - площадь среднесмытых почв, занятых i -й культурой;

$\Delta Уср_i$ - среднее снижение урожая i -й культуры на среднесмытых почвах;

S_{ci} - площадь сильноэродированных почв, занятых i -й культурой;

ΔU_{ci} - среднее снижение урожая i -й культуры на сильноэродированных почвах;

Ущерб от заиления малых рек и пойменных угодий рассчитывают по равенству

$$U_{\text{заил}} = W_{\text{заил}} \cdot C$$

$W_{\text{заил}} = 0,1 W_{\text{ов}}$ - годовой объем мелкозема, выносимый в малую реку в результате овражной эрозии, м^3 ;

$W_{\text{ов}}$ - объем оврага, м^3 ;

$C = 2,5 \text{ руб./}\text{м}^3$ - средние удельные затраты на очистку малых рек от мелкозема.

**Министерство сельского хозяйства
Российской Федерации**

Технологический институт-филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

А.А. Хохлов
А.Л. Хохлов
И.Р. Салахутдинов

ЭКОНОМИЯ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ:

Лабораторный практикум



Димитровград - 2019

УДК 629
ББК 39.3
Х - 86

Хохлов, А.А. Экономия топливно-энергетических ресурсов: лабораторный практикум / А.А. Хохлов, А.Л. Хохлов, И.Р. Салахутдинов - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2019.- 82 с.

Рецензенты: Голубев Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования» ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ

Ротанов Евгений Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Естественнонаучные и технические дисциплины», ПКИУПТ (филиал) ФГБОУ ВО «МГУТУ ИМ. К.Г.РАЗУМОВСКОГО (ПКУ)»

Экономия топливно-энергетических ресурсов: краткий курс практических занятий предназначен для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов».

Утверждено
на заседании кафедры «Эксплуатация транспортных и транспортно-технологических машин и комплексов»

Технологического института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ,
протокол № 1 от 4 сентября 2019г.

Рекомендовано
к изданию методическим советом Технологического
института – филиала
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ
Протокол № 2 от 10 октября 2019г.

© Хохлов А.А., Хохлов А.Л., Салахутдинов И.Р., 2019

© Технологический институт – филиал ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ, 2019

Приложение

Таблица 1

Пороговые концентрации сернистого газа (SO₂) для растений (по Гудериану, 1979)

Название растений	Концентрация (ppm в частях на миллион)*
А. Древесные	
Яблоня (<i>Malus domestica</i>)	0,22-0,26
Алыча (<i>Prunus cerasus</i>)	0,22-0,44
Слива (<i>Prunus domestica</i>)	0,26-0,44
Ель (<i>Picea abies</i>)	0,22-0,26
Сосна (<i>Pinus silvestris</i>)	0,22-0,26
Лиственница (<i>Larix europea</i>)	0,22-0,26
Бук европейский (<i>Fagus silvatica</i>)	0,22-0,26
Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i>)	0,22-0,26
Б. травянистые культуры	
Озимая пшеница (<i>Triticum sativum</i>)	0,24-0,28
Озимая рожь (<i>Secale cereale</i>)	0,28-0,31
Яровая пшеница (<i>Triticum sativum</i>)	0,23-,0,38
Овес (<i>Avena sativa</i>)	0,23-,0,38
Картофель (<i>Solanum tuberosum</i>)	0,21-0,23
Свекла (<i>Beta vulgaris</i>)	0,28-0,31
Клевер (<i>Trifolium pratense</i>)	0,28-0,31
Люцерна (<i>Medicago sativa</i>)	0,28-0,31
Томаты (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	0,31-0,57

*Концентрация веществ в воздухе по международной системе стандартов выражается в мг/ м³, а в иностранной научной литературе используются объемные критерии - ppm (частей на миллион). Соотношение этих величин следующее

$$\text{ПДК}(\text{мг/м}^3) = (\text{M}/224) \cdot \text{ПД}(\text{ppm}),$$

Где:

ПДК – предельно-допустимая концентрация,

М – масса вещества (Беспмятников, Кротов, 1985).

Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

(Извлечение из списка № 3086-84.)

Вещества	Максимальная разовая	ПДК, мг/м ³ средне-суточная	Класс опасности
Азота диоксид	0,085	0,04	2
Азота оксид	0,6	0,06	3
Акролеин	0,03	0,03	2
Альдегид масляный	0,015	0,015	3
Аммония нитрат (аммиачная селитра)	-	0,3	4
Амины алифатические C ₁₅ -C ₂₀	0,003	0,003	2
Аммиак	0,2	0,04	4
Ангидрид уксусный	0,1	0,03	3
Анилин	0,05	0,03	2
Ацетальдегид	0,01	0,01	3
Ацетон	0,35	0,35	4
Барий углекислый (в пересчете на барий)	-	0,004	1
Белок пыли белкововитаминного концентрата (БВК)	-	0,001 0,1мкг/100м ³	2 1
Бенз(а)пирен	5	1,5	4
Бензин (нефтяной, малосернистый, в пересчете на углерод)	0,05	0,05	4
Бензин сланцевый (в пересчете на углерод)	1,5	0,1 0,04	2 2
Бензол	200	-	4
Бром	3	1	4
Бутан	-	0,002	1
1,3-Бутадиен (дивинил)	0,5	0,15	3
Ванадия (V) оксид	60	-	4
Взвешенные вещества	0,005	0,005	2
Гексан	3	1	2
Диметиламин	0,05	0,05	4
Дихлорэтан	1	0,6	4
Диэтиламин	-	0,0003	1
Диэтиловый эфир	-	0,04	3
Диэтилртуть (в пересчете на ртуть) Железа оксид (в пересчете на железо)	-	0,007	3

Железа сульфат (в пересчете на железо)	-	0,004	2
Железа хлорид (в пересчете на железо)	-	0,03 0,001	2 2
Йод	0,4		
Кадмия оксид (в пересчете на кадмий)	0,3 0,2	0,15 0,1	2 2
Кислота азотная по молекуле HNO ₃	- 0,2	0,06 0,001	3 1
Кислота серная по молекуле H ₂ SO ₄	0,4 0,01	0,2 0,05	3 3
Кислота уксусная		0,001	2
Кобальт металлический	9.10-6		
Ксилол	0,04	-	2
Магния оксид	-	0,04	3
Марганец и его соединения (в пересчете на оксид марганца)		0,003	2
Метилмеркаптан	-	0,003	4
α-Метилстирол		0,0002	1
Мышьяк, неорганические соединения (в пересчете на мышьяк)	- 0,008 0,16	0,001 0,008	2 2
Нафталин	0,5	0,03	1
Никель, растворимые соли (в пересчете на никель)	0,05	0,05	3
Никель металлический	100	0,0025	3
Нитробензол	0,005	25	4
Озон		0,005	2
Олова хлорид (в пересчете на олово)	3		
Пенициллин	0,08	3	3
Пентан		-	1
Полихлорпинен (смесь хлорированных бициклических соединений)	0,15 0,3		
Пропилен	0,5	0,1	3
Пропилена окись	0,5	0,15	3
Пыль неорганическая, содержащая диоксид кремния в %:	0,5	0,05	3
выше 70 (динас и др.)		-	3
70-20 (шамот, цемент)			
ниже 20 (доломит и др.)	0,09		
Пыль хлопковая		0,09	3
Растворитель ацетатнокожевенный (АКР) (по этанолу)	0,07	0,07	4

Растворитель бутилформиатный (БЭФ)	-	0,0003	1
(по сумме ацетатов)	-	0,0003	1
Растворитель мебельный (АРМ-3)	-	0,0003	1
(контроль по толуолу)	-	0,05	
Растворитель		0,0003	1
древесноспиртовой марки Э	0,15		
(эфирноацетоновый)	-	0,05	3
(контроль по ацетону)		0,0003	1
Ртуть металлическая			
Ртуту оксид красный (в пересчете на ртуть)	-	0,0017	1
Ртуту оксид желтый (в пересчете на ртуть)	0,1мкг/м ³	0,05мкг/м ³	1
Ртуту (II) хлорид (в пересчете на ртуть) (сулема)	0,008		2
	0,03	-	2
Сажа	0,04	0,005	2
Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца (в пересчете на свинец)		0,01	
Свинец сернистый (в пересчете на свинец)	2		
	1	1	4
Селена диоксид (в пересчете на селен)	5	0,5	3
	0,04	5	4
Сероводород	0,01	0,002	2
Сероуглерод	0,6	0,006	2
Синтетические моющие средства типа "Кристалл" на основе алкилсульфата натрия	-	0,6	3
(контроль по алкилсульфату натрия)	100	0,03	2
	5	10	4
	4	3	4
	0,01	0,7	2
Скипидар	0,3	0,003	2
Спирт метиловый		0,3	4
Спирт этиловый	0,035		
Стирол	0,02	0,003	2
Тетрациклин		0,005	2
Толуол	0,1		
Трихлорметан (хлороформ)	0,1	0,03	2
Трихлорфторметан (фреон-11)	0,2	0,1	3
Углерода оксид	0,02	0,2	2
Углерода тетрахлорид		0,002	2
Фенол	0,0015		
Флюс канифольный активированный (ФКТ)	-	0,0015	1
(контроль по канифоли)	1,4	0	1
	-	1,4	4
Формальдегид	0,02	0,2	4

Фтористые соединения (в пересчете на фтор):	3	0,02	3
газообразные соединения Хлор	0,001	3	3
Хлорбензол		0,001	1
Хлороводород			
Хлоропрен			
Хром шестивалентный (в перерасчете на оксид хрома (IV))			
Циановодород			
Циклогексан			
Этил хлористый			
Этилбензол			
Этилен			
Этиленамин			

При совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих суммацией воздействий, сумма их концентраций не должна превышать 1.

Эффектом суммации обладают:

ацетон, фенол;

аэрозоли оксида ванадия (У) и оксиды марганца;

аэрозоли оксида ванадия (У) и оксиды серы;

озон, диоксид азота и формальдегид;

оксид углерода, диоксид азота, формальдегид, гексан;

диоксид серы и аэрозоль серной кислоты;

диоксид серы и сероводород;

диоксид серы и диоксид азота;

сильные минеральные кислоты (серная, соляная и азотная);

этилен, пропилен, бутилен и амилен.

Таблица 3

Предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ (мг/л) в водных объектах

(Извлечение из приложения 2 к “Правилам охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами” и дополнительных перечней)

Наименование ингредиента	Водные объекты хозяйственно-питьевого и культурно бытового назначения		Водные объекты рыбохозяйственного назначения	
	ЛПВ*	ПДК	ЛПВ	ПДК
Анилин	Санитарно-токсикологический	0,1	Токсикологический	0,0001
Аммиак	Общесанитарный	2,0	-»-	0,05
Бензол	Санитарно-токсикологический	0,5	-»-	0,5
Дихлордифен	-»-	0,1	-»-	Недопустим

илтрихло рэтан (дДТ) -				
Железо	Органолептический	0,5	->-	-
Кадмий	Санитарно-токсикологический	0,01	->-	0,005
Керосин	Органолептический	0,1	->-	-
Медь	->-	1,0	->-	0,001
Мышьяк	Санитарно-токсикологический	0,05	->-	0,005
Нефть многосернистая	Органолептический	0,1	Рыбохозяйственный	0,05
Никель	Санитарно-токсикологический	0,1	Токсикологический	0,01
Ртуть	Общесанитарный	0,05	-	-
Свинец	->-	0,1	Общесанитарный	0,1
Стирол	Органолептический	0,1	Органолептический	0,1
Фенол	->-	0,001	Рыбохозяйственный	0,001
Формальдегид	Общесанитарный	0,05	-	-
Фтор	Санитарно-токсикологический	1,5	Токсикологический	0,05
Хлор активный	Общесанитарный	отсутствие	-	-
Хром	Органолептический	0,1	Санитарно-токсикологический	0,001
Цианид	Санитарно-токсикологический	1,0	Токсикологический	1,0
Цинк	Общесанитарный	1,0	->-	0,1

* ЛПВ - лимитирующий показатель вредности, отражающий приоритетность требований к качеству воды.

Таблица 4

**Предельно допустимые концентрации (ПДК) некоторых загрязняющих веществ в почве
(Контроль химических и биологических параметров ..., 1998)**

Наименование вещества	Величина ПДК с учетом фона, мг/кг	Примечания
Агелон	0,15	Для почв под культуры, чувствительные к пестицидам

Агелон	0,01	
Акрекс	1,0	
Актеллик	0,5	
Актеллик	0,1	Для почв с рН 5,5
Альфа-метилстирол	0,5	
Атразин	0,01	
Атразин	1,0	Для почв под культуры, чувствительные к пестицидам
Ацетальдегид	10	
Базудин	0,1	
Байлетон + метаболит	0,03	
Байфидон	0,02	
Банвел Д	0,25	
Бенз(а)пирен	0,02	
Бензин	0,1	
Бензол	0,3	
Бетанал	0,25	
Валексон	1,0	
Ванадий	150,0	
Ванадий+марганец	100+1000	
Гардона	1,0	
ГЦГ (линдан)	0,1	
ГХЦГ (гексахлоран)	0,1	
ГХБД (гексахлорбутадиен)	0,5	
Гептахлор	0,05	
Гетерофос	0,05	Запрещено в с/х
Глифосфат	0,5	
Далапон	0,5	
2,4-Д-дигидрофеноксисукусная кислота	0,10,1	
2,4-Д-дихлорфенол	0,05	
2,4-Д-аминная соль	0,25	
Бутиловый эфир группы 2,4-Д	0,15	
Кротиловый эфир группы 2,4-Д	0,15	
Октиловый эфир группы 2,4-Д	0,15	
Малолетучие эфиры группы 2,4-Д	0,15	
2М-4ХП	0,4	
2М-4ХМ	0,6	
ДДТ и его метаболиты	0,1	Запрещено с с/х
Децис	0,01	
дихлор	0,5	
Диурон	0,5	

Дурбан	0,2	
Зенкор	0,2	
Изатрин	0,05	
Изопропилбензол	0,5	
Изопропилбензол+ альфаметастирол	0,5	
Иодофенфос	0,5	
Карбофос	0,5	
Кельтан	1,0	
Комплексные гранулированные удобрения состава N:P:K=10:34:0	120,0	
Комплексные жидкие удобрения (КЖУ) состава N:P:K=10:34:0	80	
Ксилолы (о, м, п)	0,3	
Купроцин	1,0	
Линурон	1,0	
Мезоронил	0,1	
Метатион	1,0	
Метафос	0,1	
Мирал	0,03	
Монурон	0,3	
Мышьяк	2,0	
Нитраты	130,0	
Отходы флотации угля	3000,0	
Пиримор	0,3	
Политриазин	0,01	Для почв с рН=5,5
Политриазин	0,1	
Полихлоркамфен	0,5	
Полихлорпинен	0,5	
Прометрин	0,5	
Пропазин	0,05	
Пропанид	1,5	
Ридомил	0,05	
Ринкорд	0,02	
Ронит	0,8	
Ртуть	2,1	
Свинец + ртуть	20,0+1,0	
Севин	0,05	
Семерон	0,1	
Сера элементарная	160,0	
Сероводород	10,4	
Серная кислота	160,0	
Симазин	0,01	
Симазин	0,2	

Сумицидин	0,02	
Стирол	0,1	
Суперфосфат (P205)	200,0	
Сурьма	4,5	
Толуол	0,3	
Фенурол	1,8	
Фозалон	0,5	
Фосфамид	0,3	
Формальдегид	7,0	
Фталафос	0,1	
Фурадон	0,01	
Фурфурол	3,0	
Хлористый калий	560,0	
Хлорофос	0,5	
Хлорамп	0,05	
Циклофос	0,03	
Цинеб	0,2	
Эптам (подвижные формы)	0,9	
Кобальт	5,0	
Марганец: Извлечение 0,1 н H ₂ SO ₄	700,0	
Чернозем	300,0 pH 4,0	
Дерново-подзолистая	400,0 pH 5,1-6,0	
Извлечение ацетатноаммиачным раствором	500,0 pH>6,0 140,0 pH 4,8	
Чернозем	60,0 pH 4,0	
Дерново-подзолистая	80 pH 5,1-6,0; 100,0 pH>6,0	
Медь	3,0	
Никель	40	
Свинец	6,0	
Цинк	23,0	
Фтор	2,8	
Хром	6,0	

Ильяс Исхакович Шигапов

ЭКОЛОГИЯ:

Лабораторный практикум

для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» - Димитровград: Технологический институт – филиал УлГАУ, 2019.- 95 с.