

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»

Т. А. ТРИФОНОВА
И. Д. ФЕОКТИСТОВА
Н. В. ЧУГАЙ

ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

Лабораторный практикум



Владимир 2014

УДК 574
ББК 28.080
О-28

Рецензенты:

Доктор биологических наук, профессор
главный эксперт по пищевой безопасности Федерального центра
охраны здоровья животных (ФГБУ «ВНИИЗЖ»)
О. В. Прунтова

Доктор химических наук, профессор
зав. кафедрой химии Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых
Б. А. Кухтин

Печатается по решению редакционно-издательского совета ВлГУ

Трифорова, Т. А. Общая экология : лаб. практикум /
О-28 Т. А. Трифонова, И. Д. Феоктистова, Н. В. Чугай ; Владим. гос.
ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ,
2014. – 108 с. – ISBN 978-5-9984-0493-1.

В лабораторный практикум включены работы, рассматривающие все составляющие загрязнения биосферы: атмосфера, почва, гидросфера. Рассмотрены методы определения некоторых нормируемых компонентов, которые возможно осуществить в условиях учебных лабораторий.

Предназначен для студентов высших учебных заведений всех форм обучения, способствует подготовке специалистов разного уровня и сфер деятельности.

Издание подготовлено в рамках государственного задания ВлГУ № 2014/13 на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности.

Рекомендовано для формирования профессиональных компетенций в соответствии с ФГОС 3-го поколения.

Табл. 30. Ил. 11. Библиогр.: 25 назв.

УДК 574
ББК 28.080

ISBN 978-5-9984-0493-1

© ВлГУ, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Экологическое образование как непрерывный процесс обучения, воспитания и развития личности занимает важное место в подготовке специалистов разного уровня и сфер деятельности. Оно развивается как необходимое условие для преодоления экологической опасности.

Связь живых организмов с окружающей средой образует единую и очень сложную систему, которую мы называем биосферой. Современное человечество, вооруженное техникой и использующее огромное количество энергии, представляет мощную силу, воздействующую на неё. Если эти воздействия не будут учитывать природные законы и связи, установившиеся за миллионы лет, могут возникнуть катастрофические последствия. Ученые уже обеспокоены тенденцией нарастания неустойчивости биосферы, вызванной деятельностью человека.

Поэтому экология в настоящее время приобретает особое значение как наука, помогающая найти пути выхода из возникающего кризиса, а экологическое образование формирует экологическую культуру и ответственность личности и общества, обеспечивая его выживание и развитие.

Антропогенное загрязнение окружающей среды (воды, воздуха, почвы) приводит к возникновению неблагоприятных последствий: нарушению нормальной жизнедеятельности биосферы, изменению климата, исчезновению многих видов растений и животных, ухудшению здоровья населения. Именно экология является теоретической основой для разработки основных направлений по восстановлению нарушенных природных систем, снижению антропогенного воздействия на окружающую среду.

В практикуме представлены работы, в которых рассмотрены методы определения некоторых нормируемых компонентов атмосферного воздуха, воды и почвы, которые возможно осуществить в условиях учебных лабораторий.

Основные цели лабораторных работ по курсу «Общая экология»:

- закрепление и углубление знаний студентов по теоретическим основам курса;
- ознакомление с методами изучения жизненных процессов, которые впоследствии могут быть использованы в практической деятельности, выполнении НИРС;
- формирование самостоятельности мышления студентов;
- развитие навыков наблюдения, анализа явлений, сравнения.
- обучение умению изучать и оценивать состояние окружающей среды, проводить эксперименты, наблюдения, исследовать и решать экологические задачи;
- воспитание потребности соблюдения здорового образа жизни и улучшения состояния окружающей среды.

Контрольные вопросы, задачи и тесты предназначены для лучшего усвоения учебного материала и обобщения полученных знаний.

При написании практикума было использовано большое количество литературных источников и нормативных документов.

Лабораторная работа 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ pH КИСЛОТНЫХ ОСАДКОВ

1. Процессы образования

Для охраны окружающей среды большое значение имеет решение проблемы кислотных осадков.

Кислотными называются любые осадки – дожди, туманы, снег, кислотность которых выше нормальной. К ним также относят выпадение из атмосферы сухих кислых частиц, более узконазываемых кислотными отложениями.

Кислотные осадки обусловлены присутствием серной (H_2SO_4) и азотной (HNO_3) кислот. Обычно кислотность на две трети состоит из первой и на одну треть из второй, но во многом их соотношение определяется особенностями антропогенного загрязнения атмосферы в конкретном регионе. Присутствие в этих формулах серы и азота указывает на то, что проблема связана с выбросами данных элементов в воздух.

Загрязнение атмосферы соединениями серы. Соединения серы попадают в атмосферу как естественным путем, так и в результате антропогенной деятельности. При отсутствии источников загрязнения диоксид серы (SO_2) встречается в атмосфере в виде ничтожных следов. Единственным крупным естественным источником диоксида серы является вулканическая деятельность. В основном SO_2 поступает в атмосферу в результате человеческой деятельности. Главная причина загрязнения им атмосферы – сжигание ископаемого топлива, которое содержит серу. В процессе горения часть серы окисляется до SO_2 . Среди используемых видов топлива первое место по поставке диоксида серы занимает каменный уголь, второе – нефть, природный газ находится на третьем месте. Наиболее распространенные соединения серы, поступающие в атмосферу, – диоксид серы (SO_2), сульфиты (SO_3), сероуглерод (CS_2) и сероводород (H_2S).

Содержание серы в угле достаточно велико. В процессе горения сера превращается в сернистый газ, а часть серы остается в золе в твердом состоянии.

Содержание серы в различных видах ископаемого топлива приведено в табл. 1.

Таблица 1

Содержание серы в различных видах топлива

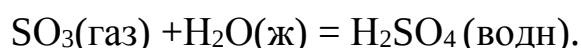
Вид топлива	Содержание серы, %
Лигнин	1,1 – 1,6
Северный бурый уголь	2,8 – 3,3
Каменный уголь	1,4
Нефть и нефтепродукты	0,1 – 3,7

В результате антропогенной деятельности в атмосферу попадают значительные количества серы, главным образом в виде ее диоксида. Среди источников этих соединений на первом месте стоит уголь, сжигаемый в зданиях и на электростанциях, который дает 70 % антропогенных выбросов.

Основными источниками образования SO_2 являются также металлургическая промышленность (переработка сульфидных руд меди, свинца и цинка) и предприятия по производству серной кислоты и переработке нефти.

Основной вред окружающей среде наносит не столько сам диоксид серы, сколько продукт его окисления – SO_3 . Процесс окисления осуществляется под действием кислорода на пылеобразных частицах оксидов металлов в качестве катализаторов, в атмосферной влаге или под действием солнечного света.

Газообразный SO_3 растворяется в капельках влаги с образованием серной кислоты:



Загрязнение атмосферы соединениями азота. Оксиды азота образуются в атмосфере как естественным, так и антропогенным путем при горении ископаемого топлива. Загрязнение атмосферы оксидами азота в целом сравнительно невелико. Однако в районах с развитой химической промышленностью имеются локальные зоны повышенного содержания NO , NO_2 в воздухе (табл. 2).

Таблица 2

Соединения азота и их концентрации в приземном слое атмосферы

Соединение	Концентрация азота, мкг/м ³		
	загрязненный район	отдаленный район	океан
NO	5 – 50	0,05 – 0,5	0,05
NO ₂	5 – 50	0,2 – 2,0	0,2
HNO ₃	2	0,2 – 2	0,2
NH ₃	–	0,1 – 10	0,3
NO ₃	2	0,1 – 0,4	0,02
NH ₄	–	1,0 – 2,0	0,4

Основными антропогенными источниками поступления оксидов азота в атмосферу является сжигание всех видов природного топлива (12 млн т/год), транспорт (8 млн т/год) и промышленность (1 млн т/год).

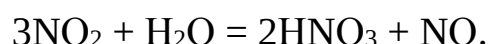
Монооксид азота NO образуется в малых количествах в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания при прямом взаимодействии кислорода с азотом. В среднем выделение NO автомобилем составляет 1 – 2 г на 1 км пробега.

Одним из важных свойств NO является его способность реагировать с кислородом с образованием NO₂:



Вследствие этой реакции некоторое количество диоксида азота присутствует в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания.

Газообразный диоксид азота растворяется в капельках влаги с образованием азотной кислоты:



Вымывая из атмосферы H₂SO₄ и HNO₃, осадки становятся кислотными. Их pH зависит от количества как кислот, так и воды, в которой они растворены. Сильные дожди обычно менее кислотные. У туманов pH может упасть ниже всего, поскольку здесь кислоты растворены в относительно меньшем количестве влаги.

В настоящее время известно, что кислоты могут выпадать из атмосферы и без воды, сами по себе или с частицами пыли. Такие сухие кислотные отложения могут накапливаться на поверхности растений и при смачивании небольшим количеством влаги, например, при выпадении росы, давать сильные кислоты. Следовательно, к кислотным осадкам надо отнести и кислотную росу.

Мерой кислотности воды является концентрация ионов водорода $[H^+]$, выраженная в молях на литр. Молекула воды слабо диссоциирует с образованием ионов водорода H^+ и гидроксид-ионов OH^- :



В пробе чистой воды концентрации $[H^+]$ и $[OH^-]$ равны между собой и эти величины при 25 °С составляют 10^{-7} моль/л. Растворы с одинаковыми концентрациями ионов водорода и гидроксид-ионов называются нейтральными:

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

Обычно кислотность раствора выражают другим способом. Вместо концентрации ионов водорода указывают ее десятичный логарифм, взятый с обратным знаком. Эта величина называется водородный показатель и обозначается рН:

$$pH = -\lg[H^+].$$

Так как $-\lg \cdot 10^{-7} = 7$, значит $pH = 7$ характеризует нейтральные растворы.

В кислой среде концентрация $[H^+]$ больше $[OH^-]$, а в щелочных, наоборот, концентрация гидроксид-ионов больше, чем ионов водорода:

$$[H^+] > [OH^-], \quad [H^+] > 10^{-7}, \quad pH < 7 \text{ – кислая среда;}$$

$$[H^+] < [OH^-], \quad [H^+] < 10^{-7}, \quad pH > 7 \text{ – щелочная среда.}$$

Чистая дождевая вода не является нейтральной. В отсутствие любых загрязнителей у дождевой воды обычно слабокислая реакция ($pH = 5,6$). Поскольку угарный газ (CO), поступающий в атмосферный воздух из антропогенных источников, вступает в реакцию с атмосферной влагой, образуя слабую угольную кислоту, она легко растворяется с образованием углекислого газа и воды (содержание углекислого газа в воздухе примерно 0,032 % по объему, или 0,046 % по массе).

Таким образом, кислотными точнее называть осадки с pH 5,6 и ниже.

Кислотные осадки выпадают в большинстве промышленных районов мира. Над восточной частью США и Канады, вдоль западного побережья Северной Америки, а также почти над всей Европой pH дождя и снега обычно составляет около 4,5. Многие места в пределах этих регионов регулярно получают осадки с pH 4,0. В отдельных случаях pH дождя может быть гораздо ниже, а туман и роса бывают более кислыми, чем дождь.

2. Влияние кислотных осадков на экосистемы

Уже более ста лет кислотные осадки признаются серьезной проблемой в промышленных и прилегающих к ним районах, но их влияние на экосистемы было отмечено только около 35 лет назад, когда рыбаки заметили резкое сокращение популяций рыбы во многих озерах Швейцарии, провинции Онтарио (Канада) и гор Адирондак (штат Нью-Йорк). Шведские ученые первыми определили, что все дело заключается в повышенной кислотности воды, и связали ее с ненормально низкими значениями pH осадков. С тех пор выяснялись различные пути разрушительного влияния кислотных осадков на экосистемы.

Влияние на водные экосистемы. Значение pH среды чрезвычайно важно, так как от него зависит деятельность практически всех ферментов, гормонов и других белков в организме, регулирующих метаболизм, рост и развитие. Особенно подвержены влиянию pH яйцеклетка, сперма и молодь. У пресноводных озер, ручьев и прудов pH воды обычно составляет 6 – 7, и организмы адаптированы именно к этому уровню. При изменении pH воды всего лишь на одну единицу по сравнению с оптимальным они в большинстве случаев испытывают серьезный стресс и часто погибают.

Наиболее очевидное влияние кислотные осадки оказывают на водные экосистемы. В пресноводных водоемах pH воды обычно равен 6 – 7. Снижение pH до 5 приводит к постепенному вымиранию рыб. Однако нельзя считать, что взрослая рыба просто погибает в большом числе из-за повышенной кислотности воды в этих озерах. На самом деле сильно закисленные воды не позволяют рыбе нормально размножаться. Самки могут оказаться не способными выметать икру в кислой воде, если же икра все-таки попадает в воду, она либо погибает, либо из нее вылупляются нежизнеспособные мальки.

Во многих районах, где количество рыбы уменьшилось вследствие кислотных дождей, наблюдались очень холодные зимы с обильными снегопадами. При таянии окрестных снегов подкисленная вода стекает в озера, что приводит к резкому увеличению кислотности. Таяние снегов и повышение кислотности по времени совпадают с нерестом рыб. Таким образом, вымеченная икра попадает в максимально кислую воду, которая наблюдается в течение года. Можно предположить, что по мере сокращения численности рыбы будет

уменьшаться и численность тех видов животных, которые питаются рыбой, таких как белоголовый орлан, гагары, скопа, а также выдра, норка и др.

Из-за воздействия кислотных дождей может сокращаться численность лягушек, жаб и тритонов. Многие из этих видов размножаются во временных водоемах, возникающих в период весенних дождей; вода в них может быть даже более кислой, чем в озерах, поскольку эти временные водоемы образованы только дождевой водой с повышенной кислотностью.

Когда среда водных экосистем подкислена, практически все организмы быстро вымирают, если не из-за прямого воздействия ионов H^+ , то из-за невозможности размножения. Влияние кислотных осадков на экосистемы иногда усиливается в период таяния снегов, когда все накопившиеся за зиму кислотные осадки устремляются в ручьи и реки как раз в период размножения большинства организмов.

Дополнительный ущерб возникает в связи с тем, что кислотные осадки, просачиваясь сквозь почву, способны выщелачивать алюминий и тяжелые металлы. Обычно присутствие этих элементов в почве не создает проблем, так как они связаны в нерастворимые соединения и, следовательно, не поглощаются растениями. Однако при низком значении рН их соединения растворяются, становятся доступными и оказывают сильное токсическое воздействие как на растения, так и на животных. Например, алюминий, довольно обильный во многих почвах, попадая в озера и реки, вызывает аномалии развития и гибели эмбрионов рыбы.

Влияние на леса. Кислотные дожди отрицательно воздействуют не только на животных, но и на растения. Опыты с моделированием кислотных дождей в теплицах продемонстрировали, что кислоты нарушают защитный восковой покров листьев, делая растения более уязвимыми для насекомых, грибов и других патогенных организмов.

Анализ вод, дренирующих различные природные уголья, при неодинаковых условиях показал, что кислотные осадки значительно увеличивают выщелачивание биогенов. Ионы водорода легко вытесняют ионы биогенов с частиц почвы и гумуса. Кроме того, при низких значениях рН понижается активность редуцентов и азотфиксаторов, что еще более обостряет дефицит биогенов. Все эти обстоятельства могут вызвать дефицит биогенов, а значит, замедление роста деревьев и их уязвимость для естественных врагов и засухи.

Кроме того, при поглощении почвами кислотный дождь выщелачивает соли калия, кальция, магния и, унося их в подпочвенный слой, лишает растения необходимых им питательных веществ.

Многие растения очень чувствительны к алюминию. Кислотные осадки влияют на содержание алюминия в почве, а он является элементом, токсичным для растений и животных. Этот элемент широко распространен: он присутствует в значительных количествах во многих горных породах и почвенных минералах. В естественных условиях соединения алюминия практически не растворимы, т.е. присутствуют в недоступной для растений форме в фазе почвенных минералов и поэтому безвредны. Подкисление переводит алюминий в растворенное состояние, в котором он доступен растениям и может в них накапливаться, оказывая токсическое действие.

Этот процесс называется мобилизацией, в данном случае алюминия. Другие токсичные элементы, в том числе ртуть и свинец, также могут мобилизоваться при подкислении среды. Всё это может привести к замедлению роста и гибели деревьев.

Снижение буферной ёмкости. Защитить систему от изменения pH при добавлении кислоты может буфер. Так называется вещество, способное поглощать или высвобождать ионы водорода при данном значении pH. Когда в систему, содержащую буфер, добавляют кислоту, дополнительные ионы водорода им поглощаются и pH остаётся практически неизменным.

Многие водоемы и почвы в качестве буфера содержат известняк (CaCO_3). Озера, в подстилающих породах которых присутствует известняк (осадочная порода, состоящая из карбоната кальция CaCO_3), «сопротивляются» закислению воды в них, поскольку карбонат кальция нейтрализует кислоту:



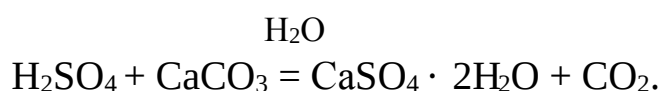
Фермеры давно используют известь для нейтрализации кислых почв. Садовники охотно применяют для тех же целей яичную скорлупу, раковины устриц, также состоящие из карбоната кальция.

Почвы, так же как и водоемы, по-разному реагируют на выпадение кислотных осадков. Чем больше в почве содержится карбоната кальция, тем меньше она подвержена закислению.

Однако возможности любого буфера ограничены. Известь, например, просто расходуется, реагируя с кислотой. Поэтому говорят о буферной емкости системы. Когда она исчерпана, дополнительные ионы водорода остаются в растворе, и происходит соответствующее понижение рН среды.

При одинаковом количестве кислотных осадков в первую очередь подкисляются и гибнут экосистемы с низкой буферной емкостью, а те, у которых она действительно высока, не страдают.

Влияние на людей и изделия. Одно из наиболее ощутимых последствий кислотных осадков – разрушение произведений искусства. Кислотные осадки разрушают строительные материалы, образованные карбонатом кальция (мрамор, известняк и др.). Известняк и мрамор – излюбленные материалы для оформления фасадов зданий и сооружений памятников. Под действием кислотных дождей ускоренно корродируют металлоконструкции, нарушается целостность лакокрасочных покрытий, разрушаются здания и памятники архитектуры. Памятники и здания, простоявшие сотни и тысячи лет лишь с незначительными изменениями, сейчас растворяются и рассыпаются в крошево. При взаимодействии с серной кислотой карбонат кальция превращается в гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), который легко крошится, нарушая целостность конструкции:



Более того, мобилизация кислотными осадками алюминия и других токсичных элементов может привести к загрязнению как поверхностных, так и грунтовых вод. Как было установлено недавно, алюминий способен вызывать болезнь Альцгеймера, разновидность преждевременного старения.

Однако, если кислотные осадки будут и в дальнейшем выпадать в прежнем объеме, гораздо большее воздействие на человечество окажут потери озер и лесов, их экономической, экологической и эстетической ценности, а также последствия усиленной почвенной эрозии.

Для предупреждения опасного воздействия кислотных осадков на экосистемы и антропогенные сооружения необходимо добиваться снижения выбросов в атмосферу оксидов серы и азота.

3. Ход выполнения работы

Бюретка на 25 мл

Мерный цилиндр на 25 мл

Колбы конические на 250 мл – 3 шт.

Химический стакан и воронка

Раствор КОН

Индикатор фенолфталеин

В коническую колбу мерным цилиндром отбирают 25 мл кислотных осадков определенного образца. В бюретку, закрепленную в штативе, наливают титрант КОН и доводят его объем до нулевой отметки, предварительно заполнив носик бюретки. В каждую колбу добавляют 3 – 4 капли индикатора фенолфталеина и титруют раствором КОН до перехода окраски от бесцветной к слабо-розовой, не исчезающей в течение 20 с. Результаты титрования записывают в журнал, находят среднее арифметическое из трех определений и полученный результат подставляют в формулу, рассчитывая значение концентрации $[H^+]$:

$$C_{[H^+]} = \frac{C_{OH^-} \cdot V_{OH^-}}{V_{H^+}} ;$$

где $C[OH^-]$ – концентрация КОН, (моль · экв/л); $V[OH^-]$ – средний объем раствора КОН, пошедший на титрование, мл; $V [H^+]$ – средний объем кислотных осадков, взятый для определения, мл.

Вычисляют значение рН по формуле

$$pH = -\lg C[H^+].$$

Вывод.

Полученные результаты рН сравнивают со шкалой и делают вывод о рН исследуемого образца.

Контрольные вопросы

1. Какие осадки называются кислотными?
2. Каков процесс образования кислотных осадков?
3. Каковы источники поступления загрязняющих веществ в атмосферу?
4. За счет каких процессов рН кислотных осадков менее 5,6?
5. Каково влияние кислотных осадков на водные экосистемы, почву, леса и памятники архитектуры?
6. Что такое буфер и буферная емкость?

Лабораторная работа 2

ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1. Общие теоретические сведения

Основные факторы воздействия на окружающую природную среду – это промышленность и транспорт. Суммарные выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух на территории России составляют 20,8 млн т, от передвижных источников – 13,2 млн т. Среди отраслей промышленности основными загрязняющими атмосферу можно назвать топливную и нефтехимическую, и энергетику (на их долю приходится соответственно 60 и 18 % от общего объема выбросов).

К основным процессам, которые происходят при воздействии транспорта и промышленности на окружающую среду, относят:

- горение, термогазодинамические процессы в двигателях, технологических печах и устройствах сжигания топлива;
- испарение, потери топлива при эксплуатации и обслуживании промышленно-транспортных объектов;
- виброакустические излучения движущихся объектов, частей машин, электромагнитное излучение электрических и электронных устройств;
- ландшафтные нарушения;
- каталитическую нейтрализацию, перегонку жидкостей, кристаллизацию и др.

Основным источником теплоты при сгорании топлива является окисление содержащихся в топливе атомов углерода, водорода, серы, азота (табл. 1). Кроме данных компонентов, в топливе могут содержаться кислородсодержащие соединения (спирты, эфиры), тяжелые металлы.

Таблица 1

Элементарный состав основных видов органического топлива

Вид топлива	Состав горючей массы, %				
	С	Н	О	N	S
Древесина	51	6	42,5	0,5	–
Торф	58	6	33,0	2,5	0,5
Бурый уголь	71	7	20,4	1,0	0,6
Антрацит	90	4	3,2	1,5	1,3
Сланцы	70	8	16,0	1,0	5
Мазут	88	10	0,5	0,5	1,0

Загрязнение – увеличение концентраций физических, химических, биологических компонентов выше уровня, который выводит природные системы из состояния равновесия (см. рисунок). Источник загрязнения – объект, от которого загрязняющие вещества поступают в окружающую среду (ОС).



Основные типы загрязнения биосферы

Основная масса загрязняющих веществ (SO_2 , CO , CO_2 , оксиды азота, альдегиды, кетоны, органические кислоты (при неполном сгорании топлива), бенз(а)пирен и др.) образуется в результате сжигания топлива. Состав отходящих дымовых газов очень разнообразен, зависит от вида сжигаемого топлива и протекающих химических реакций.

Вредное вещество – ингредиент, оказывающий негативное воздействие на биологические системы.

Фоновая концентрация – содержание загрязняющих веществ в ОС, определяемое суммой вклада всех (антропогенных и природных) источников загрязнения.

Токсиканты – вредные вещества или соединения, оказывающие ядовитое воздействие.

Суперэкоотоксиканты – особо опасные токсичные вещества, концентрация которых определяется в микродозах.

Цель работы – расширение знаний о техногенном загрязнении окружающей среды, получение представления об основных механизмах и процессах образования загрязняющих веществ и отходов в технологических процессах, изучение механизмов и процессов образования загрязняющих веществ; овладение методикой количественного и качественного определения характера загрязнения окружающей среды.

2. Отходы производства и потребления

Все виды отходов, образующиеся в результате деятельности человека, классифицируют:

на отходы производства:

– остатки сырья, материалов, готовой продукции, образовавшиеся в технологическом процессе и полностью или частично утратившие свои потребительские свойства;

– побочные продукты физико-химической переработки сырья, получение которых не является целью технологического процесса;

и потребления:

– различные изделия, комплектующие материалы, детали и прочее, которые по каким-либо причинам непригодны для дальнейшего использования;

промышленного потребления:

– вышедшее из строя оборудование, металлолом, отработавшие свой временный ресурс изношенные изделия (или технически и бытового назначения морально устаревшие) изделия из различных материалов.

бытовые:

– пищевые остатки, изношенные изделия бытового назначения (обувь, макулатура), различного вида тара.

Отходы, образующиеся в процессе производственной деятельности, классифицируют:

1) по стадиям технологического процесса (добыча, переработка и т. д.);

2) способу переработки (термическая, химическая и т. д.);

3) отраслевому признаку (топливно-энергетического комплекса, транспортного и т. д.);

4) направлению утилизации (в качестве вторичных материальных или энергетических ресурсов);

5) классам опасности:

- отходы I класса опасности (чрезвычайно опасные);
- отходы II класса опасности (высокоопасные);
- отходы III класса опасности (умеренно опасные);
- отходы IV класса опасности (малоопасные);
- отходы V класса опасности (практически неопасные).

3. Задания

1. Овладеть методикой количественного и качественного определения образующихся веществ и отходов на предприятии (по материалам сбора информации или исходным данным).

2. Выяснить механизмы образования загрязняющих веществ (отходов) на предприятии.

3. Провести количественную и качественную оценку воздействия промышленно-транспортных объектов на атмосферу.

4. Ход выполнения работы

Используя методику расчета массы загрязняющих веществ, определите:

1. Количество образующихся веществ в результате сжигания 1 тыс. т приведенных в табл. 2 видов топлива (для проверки расчетов используйте формулу построения материального баланса). Работу выполняют по вариантам.

Таблица 2

Количество образующихся вредных веществ в результате сжигания различных видов топлива

Вариант	Вид топлива	Масса топлива, тыс. т	Вариант	Вид топлива	Масса топлива, тыс. т
1	Древесина	1	5	Сланцы	0,8
2	Торф	1	6	Мазут	1
3	Бурый уголь	0,5	7	Торф	0,7
4	Антрацит	1	8	Бурый уголь	1

2. Вид топлива, в результате сжигания которого:

- 1-й вариант – выделяется наибольшее количество углекислого газа;
- 2-й вариант – потребляется наибольшее количество кислорода;
- 3-й вариант – выделяется наибольшее количество сернистого газа;
- 4-й вариант – потребляется наибольшее количество воздуха;
- 5-й вариант – выделяется наибольшее количество паров воды;
- 6-й вариант – потребляется наименьшее количество кислорода.

Контрольные вопросы

1. От каких факторов зависит величина выбросов загрязняющих веществ?
2. Какие виды загрязнений выделяют? Приведите примеры.
3. Какие вещества являются основными загрязнителями атмосферы?
4. Объясните механизм образования SO_2 , NO_x , CO_2 в процессе горения топлива.
5. С чем связано механическое загрязнение воздуха? Чем представлена минеральная составляющая топлива?
6. Как классифицируются отходы, образующиеся в процессе производственной деятельности?
7. Перечислите классы опасности загрязняющих веществ.
8. Какие отрасли промышленности вносят основную долю в загрязнение атмосферного воздуха?

Лабораторная работа 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА АНТРОПОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ, ПОПАДАЮЩИХ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТА

В антропогенном загрязнении большую роль играют не только стационарные промышленные предприятия, но и мобильные источники, особенно автотранспорт, количество которого с увеличением размеров городов и населения постоянно повышается. Если 15 – 20 лет назад атмосферу города загрязняли в основном отходы промышленности и энергетики, то сегодня «пальма первенства» перешла к «химическим фабрикам на колесах» – автотранспорту, на долю которого приходится до 90 % всех выбросов в атмосферу.

В крупных городах на долю автотранспорта приходится более половины объема вредных выбросов в атмосферу. В мегаполисах эта величина еще больше: Санкт-Петербург – 71 %, Москва – 88 %. Уровень загрязнения воздуха оксидами азота и углерода, углеводородами и другими вредными веществами на большинстве автомагистралей в 5 – 10 раз превышает предельно допустимые концентрации.

Большинство марок применяемого ныне бензина содержит в качестве антидетонационной присадки тетраэтилсвинец (0,41 – 0,82 г/л). Бензин с такой присадкой называют этилированным, ее применение позволяет сократить потребление топлива, но загрязняет атмосферу соединениями свинца.

Низкий технический уровень и эксплуатация отечественных автомобилей, не соответствующие требованиям национальных стандартов, подтвердили результаты исследований последних лет. Практически во всех субъектах Российской Федерации отмечено, что доля автомобилей, эксплуатируемых с превышением действующих нормативов по токсичности и дымности, в среднем составляет 20 – 25 % и в отдельных регионах страны достигает 40 %.

1. Влияние на человека отработавших газов автомобилей

Во многих странах, и в первую очередь индустриально развитых и густонаселенных, нарастает загрязнение поверхности Земли механическими примесями в виде золы, пыли, шлаков. Такое загрязнение особенно велико в районах размещения крупных транспортных узлов.

При сжигании в автотранспортных установках топлива в воздух выбрасывается с продуктами сгорания сернистый ангидрид, который, соединяясь с атмосферной влагой, образует сернистую и серную кислоты, попадающие в конечном счете в почву и воду. Подобные агрессивные вещества оказывают очень вредное влияние прежде всего на растительный мир, угнетая леса на больших территориях. Скапливаясь в воздухе, они угрожают также животному миру и человеку, интенсивно разрушают металлические конструкции, лакокрасочные покрытия, бетонные и каменные сооружения. Большой вред наносится зданиям, мостам, архитектурным памятникам и другим сооружениям.

Доля отработавших газов автомобилей в загрязнении атмосферного воздуха больших городов изменяется в зависимости от времени и пропорциональна интенсивности движения транспортных средств. Минимальная концентрация вредных веществ наблюдается в ночные часы, когда их содержание в воздухе в несколько раз меньше, чем днем. Максимальная концентрация отмечается в часы пик. Атмосфера улиц самоочищается в результате проветривания. При

одной и той же интенсивности движения большее загрязнение воздуха отмечается в районах, плотно застроенных высокими зданиями, и вдоль дорог с узкой проезжей частью.

В автомобильных двигателях химическая энергия топлива преобразуется в тепловую, а затем в механическую работу. Процесс высвобождения химической энергии реализуется посредством горения, при котором реагенты энергоносителя соединяются с кислородом. Продукты окислительных реакций содержат: оксид углерода, оксиды азота, оксиды серы, углеводороды, альдегиды, соединения свинца, бенз(а)пирен, оксиды серы, углеводороды и другие побочные продукты горения.

В транспортном машиностроении в той или иной степени используется ртуть. Заражение среды обитания ртутью представляет большую опасность. Установлено, что ртуть не только расстраивает здоровье, но и нарушает генетический аппарат, оказывая отрицательное воздействие на последующие поколения.

Транспорт – один из крупнейших потребителей пресной воды. Большое количество воды используется всеми видами транспорта для различных технологических и технических целей (охлаждение двигателя, жидкость для мойки и пр.).

По воздействию на организм человека компоненты отработавших газов подразделяются:

на токсичные – оксид углерода, оксиды азота, оксиды серы, углеводороды, альдегиды, соединения свинца;

канцерогенные – бенз(а)пирен;

раздражающего действия – оксиды серы, углеводороды.

Влияние перечисленных компонентов отработанных газов на организм человека зависит от их концентрации в атмосфере и продолжительности действия.

Оксид углерода при вдыхании попадает в кровь и образует комплексное соединение с гемоглобином – карбоксигемоглобин. Оксид углерода реагирует с гемоглобином в 210 раз быстрее, чем кислород, что приводит к развитию кислородной недостаточности. Признаками кислородной недостаточности являются нарушения в центральной нервной системе (ЦНС), поражения дыхательной системы, снижение остроты зрения. Увеличенные среднесуточные концентрации оксида углерода способствуют возрастанию смертности лиц с сердечно-сосудистыми заболеваниями (ССЗ).

Оксид углерода в воздухе в зависимости от степени концентрации вызывает слабое отравление через 1 ч (концентрация $C = 0,05$ об. %), потерю сознания через несколько вдохов ($C = 1$ об. %).

Из оксидов азота наибольшую опасность представляет диоксид азота NO_2 . Воздействие оксидов азота на человека приводит к нарушению функций легких и бронхов. Воздействию оксидов азота в большей степени подвержены дети и люди, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Оксиды азота в воздухе в зависимости от концентрации вызывают раздражение слизистых оболочек носа и глаз ($C = 0,001$ об. %), начало кислородного голодания ($C = 0,001$ об. %), отек легких ($C = 0,008$ об. %).

Сернистый ангидрид в воздухе даже в относительно низких концентрациях увеличивает смертность от ССЗ, способствует возникновению бронхитов, астмы и других респираторных заболеваний.

Углеводороды в результате фотохимических реакций с оксидами азота, попадающими в воздух с выхлопными газами автотранспорта, под действием солнечного излучения образуют фотохимический смог. Продукты этих реакций называются фотохимическими окислителями. Это агрессивные химические соединения, токсичные для растений, животных и человека. Фотохимический смог вызывает головные боли, тошноту, раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, ухудшает состояние при хронических респираторных заболеваниях.

Бенз(а)пирен, попадая в организм человека, постепенно накапливается до критических концентраций и стимулирует образование злокачественных опухолей.

Сажа не представляет непосредственной опасности для человека, но является адсорбентом канцерогенных веществ и способствует усилению влияния других токсических компонентов, например сернистого ангидрида.

Свинец способен накапливаться в организме, попадая в него через дыхательные пути, с пищей и через кожу. Поражает ЦНС и кроветворные органы.

В первую очередь воздействию токсических составляющих отработавших газов подвергается водитель автомобиля. Анализ воздуха в кабинах транспортных средств показал, что концентрация оксида углерода (особенно в кабинах грузовых автомобилей) может превышать предельно допустимые нормы.

Выбросы SO_2 являются причиной выпадения сернокислотных осадков, способствующих закислению почвы, воды и разрушению облицовки зданий. Возрастание концентрации оксида углерода опасно возникновением парникового эффекта, который приводит к возрастанию температуры воздуха у поверхности Земли.

2. Влияние пыли на здоровье человека

Степень запыленности воздуха при движении автомобильного транспорта зависит от следующих факторов: времени года, типа покрытия дороги и вида почвы, направления ветра, интенсивности движения, грузоподъемности автомобиля, типа шин.

Основная часть пыли – кварц. На городских магистралях в уличной пыли обнаруживаются также примеси кальция, кадмия, свинца, хрома, цинка, меди, железа. Присутствие перечисленных примесей определяется функционированием автомобильного транспорта и обработкой магистралей антиобледенительными составами.

Увеличивают выброс пыли шины, оснащенные шипами. Износ дорожного полотна при их использовании в зимний период составляет 2 – 4 мм. В целом ряде стран использование шипованных шин запрещено, за исключением ограниченного числа автомобилей специального назначения. Воздействие пыли увеличивает скорость изнашивания машин и механизмов и оказывает вредное влияние на организм человека.

Вредное воздействие пыли на организм человека зависит от ее дисперсности, твердости частиц, формы пылинок и т. д. Селкодисперсная пыль наиболее опасна, потому что оседает в легких и бронхах и при длительном вдыхании приводит к возникновению профессиональных заболеваний. Особенно опасны для организма кислотосодержащие аэрозоли, адсорбирующие канцерогенные вещества. Первые нарушают кислотное равновесие тканевых клеток; вторые, постепенно накапливаясь в организме, могут явиться причиной возникновения злокачественных опухолей.

Роль автотранспорта, а значит и его вредное влияние на окружающую среду во всем мире растет. Сейчас в мире ежегодно выпускается до 40 млн машин. К 2010 г. численность мирового автопарка приблизилась к 600 млн машин из них 500 млн легковых. В среднем

же нормально эксплуатируемый автомобиль в сутки выбрасывает 4 кг только углекислого газа! Для многих городов России выбросы автотранспорта являются преобладающими.

Известно, что количество бензапирена в выхлопных газах резко возрастает на режимах торможения автомобилей – до 50 – 100 мг за 1 мин работы на низкосортном бензине. Если это количество распределить равномерно, оно способно создать концентрацию, равную предельно-допустимой концентрации (ПДК), в громадном объеме воздуха – чуть меньше 1 км³. Пути снижения вредного воздействия этих выбросов следующие:

- Отказ от этилированного бензина для исключения выбросов соединений свинца и уменьшения непредельных углеводородов. Переход на газ или неэтилированный бензин (токсичность при этом снижается в 18 – 22 раза), повышение полноты сгорания за счет автоматического управления процессом, специальных систем и регулировок. Это сказывается и на расходе бензина. Уже сегодня в Японии достигнут уровень 2,5 л на 100 км.

- Замена карбюраторных двигателей, где это возможно, дизельными, дающими менее вредные выбросы.

- Решение вопросов по созданию электротранспорта, в том числе по величине пробега с одной зарядки и снижению выбросов от аккумуляторных батарей. Перевод общественного транспорта на электрическую тягу там, где нет дефицита энергии (метро, троллейбусы и др.).

Загрязнение окружающей среды соединениями свинца, прежде всего за счет именно автотранспорта, вызывает все большее опасение. В 2010 г. в Российской Федерации выброшено около 6 тыс. т соединений свинца, из них почти 4 тыс. т – от автомобилей, 700 т – от предприятий цветной металлургии; по 400 т – от авиационных и ракетных двигателей, ТЭЦ; 200 т – от предприятий лакокрасочной, стекольной и оборонной промышленности. Отказ от этилированного бензина может снизить загрязнение соединениями свинца в несколько раз.

Значительна роль архитектурно-планировочных мероприятий и зеленых насаждений в снижении количества и уменьшении вредности выбросов. Специальные развязки и объезды, улучшение качества дорог и ликвидация ненужных участков торможения могут увеличить среднюю скорость движения транспорта. При этом если скорость возрастает, к примеру, с 20 до 60 км/ч, общее количество выбросов

уменьшится в 4 – 5 раз, а наиболее вредных (например бензапирена) – еще значительно. При остановке у светофоров выбросы вредных веществ увеличиваются в 1,5 – 2 раза даже по сравнению с движением автомобилей на первой скорости. Дороги с интенсивным движением следует выносить за пределы жилых и рекреационных зон или хотя бы защищать эти зоны «зеленым щитом» от загазованности. Даже однорядная высадка деревьев с кустарниками (высотой 1,5 м) на ширине 3 – 4 м снижает уровень загазованности на 10 – 15 %, а при четырех рядах шириной 30 – 50 м – на 60 – 70 %. В НИИ им. Курчатова подсчитано, что во избежание губительного «парникового эффекта» нужно уменьшить сжигание органического топлива в два раза за ближайшие 20 лет. Но того же эффекта можно добиться увеличением площади зеленых насаждений на 1 – 2 млн км² при стабилизации сжигаемой массы на сегодняшнем уровне.

Пагубное влияние транспорта на состояние окружающей среды вызывает необходимость применения новых экологически чистых видов топлива. К ним относится прежде всего сжиженный или сжатый газ. Важность этого вопроса для России подтверждается тем, что на уровень федерального закона вынесен законопроект «Об использовании природного газа в качестве моторного топлива», вызвавший очень большой интерес не только у специалистов транспорта, но и у экологов.

В мировой практике в качестве моторного топлива наиболее широко используется сжатый природный газ, содержащий не менее 85 % метана. По энергоемкости 1 м природного газа эквивалентен 1 л бензина марки А-76.

В меньшей степени распространено применение попутного нефтяного газа, представляющего собой смесь преимущественно пропана и бутана. Для замещения 1 л бензина требуется 1,3 л сжиженного нефтяного газа, а экономическая эффективность его по эквивалентным затратам на топливо в 1,7 раз ниже, чем у сжатого газа. Следует отметить, что природный газ в отличие от нефтяного, не токсичен.

В таблице приведено сопоставление удельных выбросов в процентах для ДВС автомобилей по результатам комплексных испытаний при условии, что выбросы от ДВС на неэтилированном бензине приняты за 100 %.

Содержание токсичных компонентов в выхлопных газах ДВС, %

Вид топлива	Токсичные компоненты выхлопных газов				
	СО	C _x H _y	NO _x	Сажа	Бензапирен
Бензин	100	100	100	Нет	100
Бензин (двигатели с нейтрализаторами)	25 – 30	10	25	Нет	50

Анализ показывает что, применение газа сокращает выбросы: окислов углерода в 3 – 4 раза; окислов азота в 1,5 – 2 раза; углеводородов (не считая метана) в 3 – 5 раз; частиц сажи и двуокиси серы (дымность) дизельных двигателей в 4 – 6 раз.

Особо следует остановиться на выбросах углеводородов. Фотохимический смог образуется в результате химического взаимодействия оксидов азота и углеводородов, попадающих в воздух с выхлопными газами автотранспорта, под действием солнечного излучения, которые претерпевают в атмосфере фотохимическое окисление. Продукты этих реакций называются фотохимическими окислителями. Это агрессивные химические соединения, токсичные для растений, животных и человека. Фотохимический смог наблюдается в виде голубоватой дымки или беловатого тумана из-за образования аэрозольных частиц. Фотохимический смог вызывает головные боли, тошноту, раздражение слизистых оболочек глаз и дыхательных путей, ухудшает состояние при хронических респираторных заболеваниях.

В бензиновых двигателях основное количество углеводородов приходится на этан и этилен, а в газовых – на метан. Легче всего под воздействием ультрафиолетового излучения окисляются непредельные углеводороды, такие как этилен. Предельные углеводороды, включая метан, более стабильны. Поэтому в ограничительных стандартах автомобильных выбросов ряда стран углеводороды учитываются без метана, хотя пересчет ведется на метан.

Важно иметь в виду, что при использовании газового топлива увеличивается моторесурс двигателя в 1,4 – 1,8 раза; срок службы свечей зажигания – в 4 раза; моторного масла – в 1,5 – 1,8 раза; межремонтный пробег – в 1,5 – 2 раза. При этом снижаются уровень шума на 3 – 8 дБ и время заправки. Все это обеспечивает быструю окупаемость затрат при переводе транспорта на газомоторное топливо.

Внимание специалистов привлекают вопросы безопасности использования газомоторного топлива. В целом взрывоопасная смесь газовых топлив с воздухом образуется при концентрациях в 1,9 – 4,5 раза больших, чем с бензином и дизельным топливом, что снижает опасность образования такой смеси.

Однако определенную опасность представляют утечки газа через неплотность соединений. В этом отношении наиболее опасен сжиженный нефтяной газ, который в результате утечки образует местные скопления, способные «разливаться», что при возгорании увеличивает очаг пожара.

Кроме сжиженного (сжатого газа) многие специалисты предрекают большое будущее жидкому водороду как практически идеальному с экологической точки зрения моторному топливу. Но существуют проблемы, связанные и со свойствами самого водорода, и с его производством. Как горючее для транспорта водород удобнее и безопаснее в жидком виде, где в пересчете на 1 кг он превосходит по калорийности керосин в 6,7 раза и жидкий метан в 1,7 раза. В то же время плотность жидкого водорода меньше, чем у керосина почти на порядок, что требует больших баков, которые необходимо теплоизолировать, что также влечет за собой дополнительный вес и объем. Высокая температура горения водорода приводит к образованию значительного количества экологически вредных окислов азота, если окислителем является воздух. Истинный перелом в мировой топливной базе на основе водорода может быть достигнут путем принципиального изменения способа его производства, когда исходным сырьем станет вода, а первичным источником энергии – солнце или сила падающей воды.

В основу методики расчета выбросов вредных веществ автомобильным транспортом заложен нормируемый удельный выброс по автомобилям отдельных групп (грузовые, автобусы, легковые) для каждого типа двигателя (бензиновый, дизельный) в зависимости от движения по городу или вне населенных пунктов. При этом выброс вредных веществ корректируется в зависимости от ряда наиболее существенных факторов.

3. Ход работы

Вариант 1

Выберите участок автотрассы вблизи учебного заведения (места жительства, отдыха) длиной 0,5 – 1 км, имеющий хороший обзор.

Определите число единиц автотранспорта, проходящего по участку в течение 20 мин. Получив у преподавателя расчетные данные по длине участка, приступайте к вычислениям. При этом следует заполнить табл. 1.

Таблица 1

Число единиц автотранспорта

Тип автотранспорта	Всего за 20 мин	За 1 ч, N_j	Общий путь за 1 ч L_j , км
Легковые автомобили (бензиновые, дизельные)			
Грузовые автомобили			
Автобусы (бензиновые, дизельные)			
Газели			

Количество выбросов вредных веществ, поступающих от автотранспорта в атмосферу, может быть определено расчетным методом. Исходные данные для расчета количества выбросов:

- число единиц автотранспорта, проезжающего по выделенному участку автотрассы в единицу времени;
- нормы расхода топлива автотранспортом (средние нормы расхода топлива автотранспортом при движении в условиях города приведены в табл. 2).

Таблица 2

Нормы расхода топлива

Тип автотранспорта	Удельный расход топлива Y_j (л/км), дизельное топливо	Удельный расход топлива Y_j (л/км), бензин
Легковые автомобили	0,09 – 0,11	0,11 – 0,13
Автобусы дизельные	0,38 – 0,41	–
Автобусы бензиновые	–	0,41 – 0,44
Грузовые автомобили	0,31 – 0,34	–
Газель	–	0,15 – 0,17

Значения эмпирических коэффициентов K , определяющих выброс вредных веществ от автотранспорта в зависимости от вида горючего, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Коэффициенты выброса

Вид топлива	Значение коэффициента K		
	Угарный газ	Углеводороды	Диоксид азота
Бензин	0,6	0,1	0,04
Дизельное топливо	0,1	0,03	0,04

Коэффициент K численно равен количеству вредных выбросов соответствующего компонента при сгорании в двигателе автомашины количества топлива, равного удельному расходу (л/км).

Обработка результатов и выводы

Рассчитайте общий путь, пройденный выявленным числом автомобилей каждого типа за 1 ч (L , км), по формуле

$$L_j = N_j L,$$

где j – обозначение типа автотранспорта; L – длина участка, км; N_j – число автомобилей каждого типа, выявленных за 1 ч.

Рассчитайте количество топлива Q_j , л, разного вида, сжигаемого при этом двигателями автомашин, по формуле

$$Q_j = L_j Y_j.$$

Определите общее количество сожженного топлива каждого типа автомобилей и занесите результаты в табл. 4.

Таблица 4

Расход топлива

Тип автомобиля	L_j	Q_j , л	
		Бензин	Дизельное топливо
1. Легковые автомобили (бензиновые, дизельные)			
2. Автобусы дизельные			
3. Автобусы бензиновые			
4. Грузовые автомобили			
5. Газель			
Всего	ΣQ , л		

Рассчитайте объем выделившихся вредных веществ в литрах при нормальных условиях по каждому виду топлива (KQ) и всего, занесите результат в табл. 5.

Таблица 5

Объем выбросов

Вид топлива	ΣQ , л	Количество вредных веществ, л		
		Угарный газ	Углеводороды	Диоксид азота
Бензин				
Дизельное топливо				
Всего	V , л			

Рассчитайте массу выделившихся вредных веществ m , г, по формуле

$$m = \frac{VM}{22,4},$$

где M – молекулярная масса.

Рассчитайте количество чистого воздуха, необходимое для разбавления выделившихся вредных веществ для обеспечения санитарно-допустимых условий окружающей среды, заполняя табл. 6.

Таблица 6

Результирующая таблица

Вид вредного выброса	Кол-во, л (объем)	Масса, г	Объем воздуха для разбавления, м ³	Значение ПДК, мг/м ³
Угарный газ				3,0
Углеводороды				0,1
Диоксид азота				0,04

Сопоставьте полученные результаты с количеством выбросов вредных веществ, производимых находящимися в вашем районе заводами, фабриками, котельными, автопредприятиями и другими загрязнителями воздуха.

Принимая во внимание близость к автомагистрали жилых и общественных зданий, сделайте вывод об экологической обстановке в районе исследованного вами участка автомагистрали. Для этого рассчитайте объем необходимого воздуха (м³) для заданного вам участка дороги, принимая во внимание ширину дороги, тротуары с

обеих сторон движения и свой рост. Сделайте расчет фактической концентрации вредных выбросов (мг/м^3), исходя из рассчитанного объема воздуха (м^3) и массы конкретного газового выброса (мг).

Сделайте вывод и оцените экологическую ситуацию на исследуемом участке автотрассы, сравнив фактическую концентрацию выбросов, поступивших в атмосферу, с ПДК.

Вариант 2

Для проведения работы выбираем участок вблизи учебного заведения, имеющий хороший обзор с прилегающей территории. В течение 20 мин определяем число единиц проезжающего автотранспорта, одновременно заполняя табл. 1.

Таблица 1

Интенсивность движения автотранспорта

Тип транспорта	Количество проезжающих автомобилей за 20 мин в одном направлении	Интенсивность движения N_j за 1 ч	Средний эксплуатационный расход топлива G , л/км
Легковые автомобили			0,12
Грузовые автомобили (бензин)			0,33
Автобусы бензиновые			0,37
Дизельные грузовые автомобили			0,34
Автобусы дизельные			0,28
Газель (бензин)			0,16

Количество выбросов вредных веществ, поступающих от автотранспорта в атмосферу, может быть оценено расчетным методом.

Рассчитаем мощность эмиссии q (количество выбросов) CO , C_xH_x , NO_2 , Pb в отработавших газах для каждого из газообразных веществ по формуле

$$Q = 2,06 \cdot 10^{-4} m [\sum (G_{ik} N_{ik} K_k) - \sum (G_{id} N_{id} K_d)], \quad (\text{г/с} \cdot \text{м}), \quad (1)$$

где m – поправочный коэффициент, зависящий от средней скорости транспортного потока (см. рисунок).

G_{ik} , G_{id} – средний эксплуатационный расход топлива для данного типа карбюраторных и дизельных автомобилей соответственно, л/км (см. табл. 1);

N_{ik} , N_{id} – интенсивность движения каждого выделенного типа карбюраторных и дизельных автомобилей соответственно, авт./ч;

K_k , K_d – коэффициенты, принимаемые для данного компонента загрязнения, для карбюраторных и дизельных типов соответственно (табл. 2).

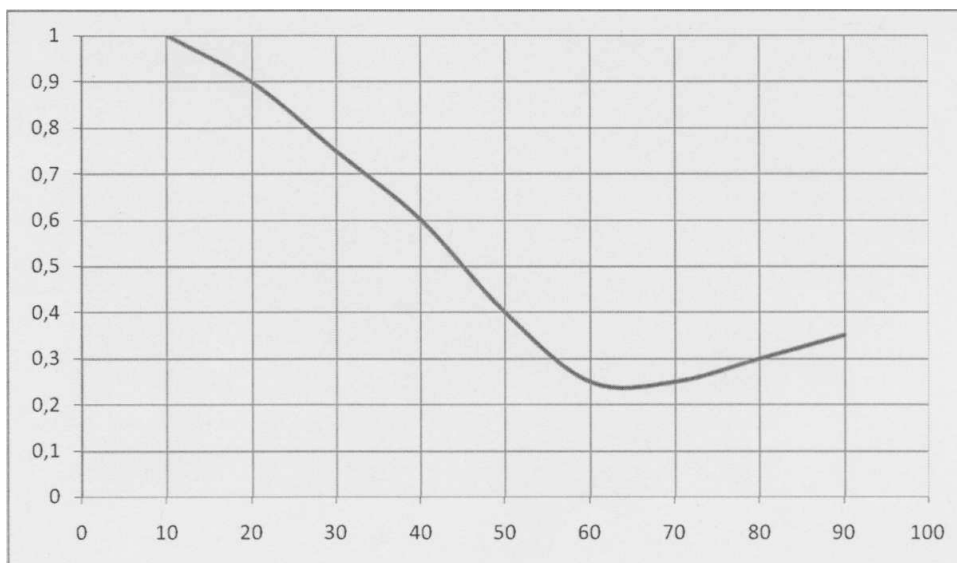


Рис. 1. Зависимость поправочного коэффициента m от средней скорости транспортного потока

Таблица 2

Коэффициенты для компонентов загрязнений карбюраторных и дизельных двигателей

Тип автотранспорта	K для компонентов P_k загрязнений			
	CO	C _x H _y	NO ₂	Pb
Легковые автомобили	0,6	0,12	0,06	0,37
Грузовые автомобили	0,6	0,12	0,06	0,17
Автобусы бензиновые	0,6	0,12	0,06	0,17
Дизельные грузовые автомобили	0,14	0,37	0,015	–
Автобусы дизельные	0,6	0,06	0,06	–

Мощность эмиссии свинца в отработавших газах карбюраторных двигателей рассчитывается по формуле

$$Q_{Pb} = 2,06 \cdot 10^{-7} T_p K_o K_{Pb} [\sum G_{ik} N_{ik} P_k], \text{ (г/с} \cdot \text{м)}, \quad (2)$$

где T_p – коэффициент, зависящий от скорости транспортного потока; для скорости, равной 80 км/ч, ($T_p = 1$);

K_o – коэффициент, учитывающий оседание свинца в системе выпуска отработавших газов (на деталях двигателя), ($K_o = 0,8$);

K_{pb} – коэффициент, учитывающий долю отработываемого свинца в виде аэрозолей в общем виде выбросов, ($K_{pb} = 0,2$);

P_k – содержание добавки свинца в топливе, применяемом в автомобиле данного типа. Для бензина марки АИ-76 $P_k = 0,17$ г/кг, а для АИ-93 $P_k = 0,37$ г/кг.

Рассчитываем концентрацию загрязнения атмосферного воздуха различными компонентами в зависимости от расстояния кромки дороги по формуле

$$C = (0,45g)/(\delta V \sin \varphi) + F, \text{ мг/м}^3, \quad (3)$$

где g – мощность эмиссии различных компонентов загрязнения, рассчитанная ранее; δ – значение стандартного Гауссова рассеяния в вертикальном направлении, зависит от расстояния дороги и уровня радиации (табл. 3); V – скорость ветра, преобладающая в расчетный период месяца, равная 3 м/с; $\sin \varphi$ – угол, составляющий направление ветра к трассе, 30° ; F – фоновая концентрация загрязнений (г/м³).

Таблица 3

Значение стандартного Гауссова рассеяния δ

Приходящая солнечная радиация	Значение δ при удалении кромки проезжей части, м									
	0	10	20	40	60	80	100	150	200	250
Сильная	0,2	2	4	6	8	10	13	19	24	30
Слабая	–	1	2	4	6	8	10	14	18	22

Предельно допустимые концентрации токсичных составляющих отработавших газов в воздухе населенных мест представлены в табл. 4.

Таблица 4

Предельно допустимые концентрации токсичных составляющих отработавших газов

Виды выбросов	Среднесуточный ПДК, мг/м	Класс опасности
Окись углерода	3,0	4
Углеводороды	1,5	3
Оксид азота	0,04	2
Соединение свинца	0,0003	1

По полученным данным в результате расчетов строим графики зависимости концентраций выбрасываемых веществ (мг/м^3) от расстояния от проезжей части (м). На них по значениям ПДК для соответствующих выбросов определяем безопасные расстояния от кромки дороги. По результатам работы оцениваем экологическую ситуацию на данном участке дороги и разрабатываем мероприятия по уменьшению количества выбросов и по защите атмосферного воздуха и человека от их воздействия.

Контрольные вопросы

1. Какой бензин называют этилированным?
2. От каких факторов в основном зависит количество выбросов в атмосферном воздухе в больших городах?
3. Как подразделяют по воздействию на организм человека компоненты отработавших газов?
4. Какие вещества составляют основную часть пылевых выбросов от работы автотранспорта?
5. Как влияют пылевые выбросы на здоровье человека?
6. Каковы пути снижения вредного воздействия выбросов от работы автотранспорта?
7. Что такое фотохимический смог? Процесс образования и влияние на человека.

Лабораторная работа 4

СТРУКТУРА ЭКОСИСТЕМ

1. Понятие экосистем

Экосистема – это любая совокупность взаимодействующих живых организмов и условий среды. Экосистемами являются, например, муравейник, участок леса, географический ландшафт или даже весь земной шар.

Экосистемы состоят из живого и неживого компонентов, называемых соответственно *биотическим* и *абиотическим*. Биотический компонент по типу питания подразделяют на автотрофные и гетеротрофные организмы.

Автотрофы синтезируют необходимые им органические вещества из неорганических. По источнику энергии для синтеза они разделяются на два типа: фотоавтотрофы и хемоавтотрофы.

Фотоавтотрофы для синтеза органических веществ используют солнечную энергию. Это зеленые растения, имеющие хлорофилл (и другие пигменты) и усваивающие солнечный свет. Процесс, при котором происходит его усвоение, называется фотосинтезом.

Хемоавтотрофы для синтеза органических веществ используют химическую энергию. Это серобактерии и железобактерии, получающие энергию при окислении соединений железа и серы. Хемоавтотрофы играют значительную роль только в экосистемах подземных вод. Их роль в наземных экосистемах сравнительно невелика.

Гетеротрофы используют органические вещества, которые синтезированы автотрофами, и вместе с этими веществами получают энергию. Гетеротрофы, таким образом, зависят в своем существовании от автотрофов и понимание этой зависимости необходимо для понимания экосистем.

Гетеротрофами являются хищники, паразиты. К гетеротрофным организмам относится также группа *сапрофитов*, которые используют для питания органические соединения мертвых тел или выделения животных. Участвуя в минерализации органических соединений, сапрофиты составляют важное звено в биологическом круговороте. Сапрофитами являются грибы, бактерии, среди животных – некоторые насекомые (жуки-навозники), дождевые черви, некоторые млекопитающие (гиены) и птицы (грифы).

Неживой, или абиотический, компонент экосистемы в основном включает, во-первых, почву или воду, во-вторых, климат.

2. Пищевые цепи и трофические уровни

Внутри экосистемы содержащие энергию органические вещества создаются автотрофными организмами и служат пищей (источником вещества и энергии) для гетеротрофов. Типичный пример: животное поедает растение. Это животное в свою очередь возможно будет съедено другим животным, и таким путем может происходить перенос энергии через ряд организмов – каждый последующий питается предыдущим, поставляя ему сырье и энергию. Такая последовательность называется пищевой цепью, а каждое ее звено – трофическим уровнем.

При каждом очередном переносе большая часть (80 – 90 %) потенциальной энергии теряется, переходя в тепло (как правило 10 %), поэтому, чем короче пищевая цепь, тем большее количество энергии доступно для популяции. С потерями энергии при переносе связано ограничение количества звеньев в трофической цепи, которое обычно не превышает 4 – 5, так как чем длиннее пищевая цепь, тем меньше продукция ее последнего звена по отношению к продукции начального.

Первый трофический уровень занимают продуценты, являющиеся автотрофами, – это в основном зеленые растения. Некоторые прокариоты, а именно сине-зеленые водоросли и немногочисленные виды бактерий, тоже фотосинтезируют, но их вклад относительно невелик. Фотосинтетики превращают солнечную энергию в химическую, заключенную в органических молекулах, из которых построены их ткани. Небольшой вклад в продукцию органического вещества вносят и хемосинтезирующие бактерии.

Организмы второго трофического уровня называются первичными консументами, третьего – вторичными консументами. Все консументы относятся к гетеротрофам.

Первичные консументы питаются продуцентами, т.е. это травоядные животные. На суше типичными травоядными являются многие насекомые, рептилии, птицы и млекопитающие. В водных экосистемах травоядные формы представлены обычно моллюсками и мелкими ракообразными. К первичным консументам относятся также паразиты растений (грибы, растения и животные).

Вторичные консументы питаются травоядными, таким образом, это уже плотоядные животные, так же как и третичные консументы, поедающие консументов второго порядка. Консументы второго и третьего порядков могут быть хищниками, питаться падалью или быть паразитами.

Существуют два главных типа пищевых цепей – пастбищные и детритные. В пастбищных пищевых цепях первый трофический уровень занимают зеленые растения, второй – пастбищные животные и третий – хищники.

Однако тела погибших животных и растений (детрит) еще содержат энергию, так же как и прижизненные выделения, например, моча и фекалии. Эти органические материалы разлагаются редуцентами. Таким образом, детритная пищевая цепь начинается с отмерших органических

остатков и идет далее к организмам ими питающимися. Например, мертвое животное → личинка падальных мух → травяная лягушка.

В схемах пищевых цепей каждый организм бывает представлен как питающийся другими организмами одного типа. Однако реальные пищевые связи в экосистеме намного сложнее, так как животные могут питаться организмами разных типов из одной и той же или из разных пищевых цепей. Поэтому пищевые цепи не изолированы друг от друга, они тесно переплетаются и образуют пищевые сети.

3. Экологические пирамиды

Экологические пирамиды выражают трофическую структуру экосистемы в геометрической форме. Они строятся суперпозицией прямоугольников одинаковой ширины, но длина прямоугольников должна быть пропорциональна значению измеряемого параметра. Таким образом, можно получить пирамиды чисел, биомассы и энергии.

Эти пирамиды отражают две фундаментальные характеристики любого биоценоза, когда они показывают его трофическую структуру:

- их высота пропорциональна длине рассматриваемой пищевой цепи, т.е. числу содержащихся в ней трофических уровней;
- их форма более или менее отражает эффективность превращения энергии при переходе с одного уровня на другой.

Пирамиды чисел представляют собой наиболее простое приближение к изучению трофической структуры экосистемы. Установлено основное правило, согласно которому в любой среде при переходе с одного трофического уровня на другой численность особей уменьшается, а их размер увеличивается (рис. 1).

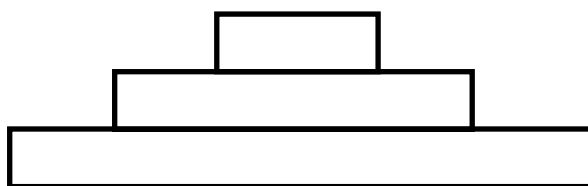


Рис. 1. Экологическая пирамида чисел

Однако в построении различных пирамид чисел наблюдается большое разнообразие: иногда они могут быть перевернутыми. Так, в лесу насчитывается значительно меньше деревьев (первичные продуценты), чем насекомых. Такая же картина наблюдается и в пищевых цепях паразитов.

В заключение отметим, что пирамида чисел отнюдь не идеально отражает трофические связи в сообществе, так как она совершенно не учитывает ни размеры, ни массу индивида.

Пирамида биомассы более полно отражает пищевые взаимоотношения в экосистеме, так как она показывает биомассу (сухая масса) в данный момент на каждом уровне пищевой цепи (рис. 2).

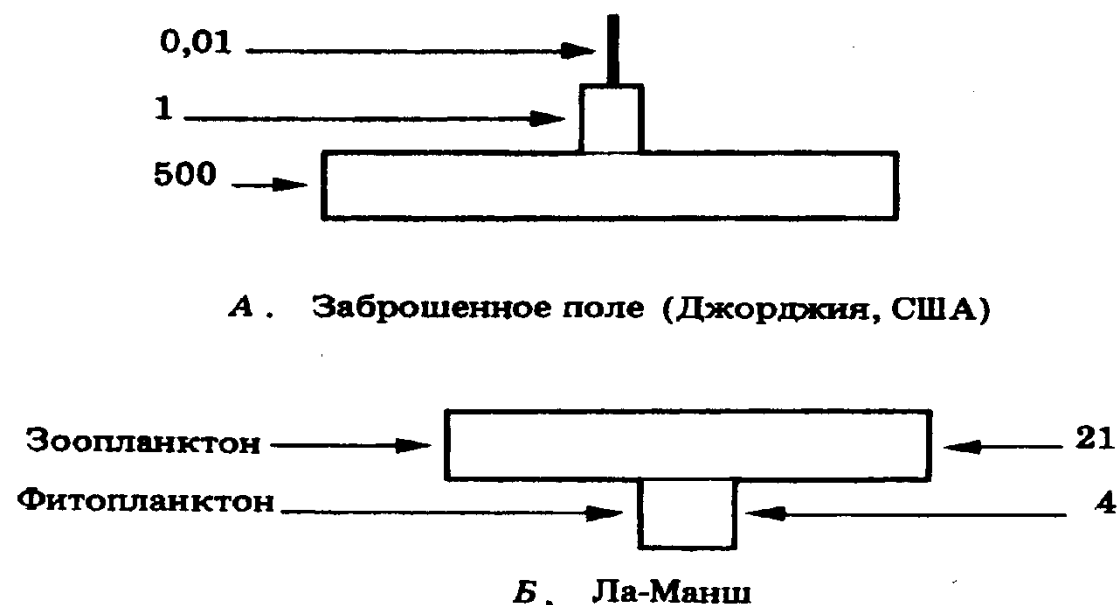


Рис. 2. Пирамиды биомассы. Тип А наиболее распространен

Тип Б относится к перевернутым пирамидам. Цифры означают продукцию, выраженную в граммах на метр квадратный.

Важно понимать, что величина биомассы не содержит никакой информации о скорости ее образования или потребления.

Продуцентам небольших размеров, таким как водоросли, свойственна высокая скорость размножения, которая уравнивается интенсивным потреблением их в пищу другими видами и естественной гибелью. Таким образом, хотя биомасса их может быть малой по сравнению с крупными продуцентами (деревья), продуктивность при этом может быть не меньше, так как деревья накапливают биомассу в течение длительного времени. Одно из возможных следствий этого – перевернутая пирамида биомассы, показанная на рис. 2, описывающая сообщество Ла-Манша. Зоопланктон обладает большей биомассой, чем фитопланктон, которым он питается.

Подобных неудобств можно избежать, применяя пирамиды энергии. Пирамиды энергии наиболее фундаментальным способом отражают связи между организмами на различных трофических уровнях. Каждая ступенька пирамиды энергии отражает количество энергии (на единицу площади или объема), прошедшей через определенный трофический уровень за определенный период (рис. 3).

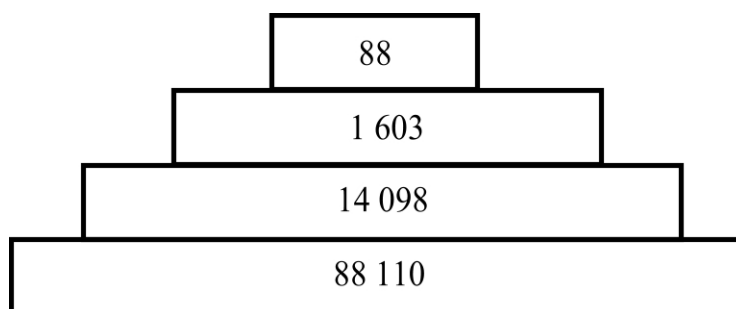


Рис. 3. Пирамида энергии. Цифрами обозначено количество энергии на каждом трофическом уровне, кДж/м² · год

Пирамиды энергии позволяют сравнивать не только различные экосистемы, но и относительную значимость популяций внутри одной экосистемы, не получая при этом перевернутых пирамид.

4. Продуктивность экосистемы

Любая экосистема характеризуется определенной биомассой. Под биомассой подразумевают общую массу всего живого вещества – растительного и животного, имеющегося в данный конкретный момент в экосистеме или какой-либо ее части. Биомасса обычно выражается в единицах массы в пересчете на сухое вещество или энергии, заключенной в данной массе (Дж, кал). Биомасса, накопленная за определенный промежуток времени (обычно за год), называется биологической продуктивностью. Другими словами, продуктивность – это скорость накопления органического вещества (в нее включен весь прирост растительной ткани, т.е. корни, листья и прочее, а также увеличение массы животных тканей за данный период времени).

Продуктивность экосистемы разделяют на первичную и вторичную. Первичная продуктивность, или первичная продукция, – это скорость накопления органического вещества автотрофными организмами.

Первичная продуктивность подразделяется в свою очередь на валовую и чистую. Валовая первичная продукция – это общая масса органического вещества, синтезированного продуцентами за определенный период времени.

Часть синтезированного органического вещества растения или другие продуценты используют для поддержания собственной жизнедеятельности, т.е. расходуют в процессе дыхания. Если из валовой первичной продукции вычесть органическое вещество, израсходованное на дыхание продуцентов, то получим чистую первичную продукцию. Она доступна гетеротрофам (консументам и редуцентам), которые, поедая органическое вещество, синтезированное автотрофами, создают вторичную продукцию.

Поскольку консументы лишь используют ранее созданные органические вещества, вторичную продукцию на валовую и чистую не разделяют. Но ее количество также зависит от расходов на дыхание, которые тем больше, чем больше энергии затрачивает организм. При интенсивной физической нагрузке (например, у птиц во время миграции) вторичная продукция уменьшается.

Чистая продуктивность сообщества подразумевает скорость накопления органического вещества в экосистеме, т.е. если из чистой первичной продукции вычесть затраты на дыхание гетеротрофов, мы получим продуктивность сообщества. Продуктивность экосистемы – это важная характеристика сообщества, и она является показателем его стабильности. Системы с быстрым ростом, например, поле люцерны, обычно характеризуются высокой чистой первичной продукцией и, если они защищены от консументов, то и высокой продуктивностью сообщества. В сообществах в стационарном состоянии вся валовая первичная продукция обычно расходуется на дыхание автотрофов и гетеротрофов так, что к концу годового цикла чистая продуктивность сообщества очень невелика или ее не остается совсем.

5. Универсальная модель потока энергии

Модель потока энергии, представленную на рис. 4, можно назвать универсальной, поскольку она приложима к любому живому компоненту системы, будь то растение, животное, популяция или трофический уровень. Соединенные между собой такие графические модели могут отразить биоэнергетику пищевой цепи или экосистемы в целом.

Прямоугольник обозначает живую структуру или биомассу основного компонента модели. Общее поступление энергии обозначено буквой I . Для облигатных автотрофов – это свет, для облигатных гетеротрофов – органическая пища.

Не вся энергия, поступившая в биомассу, подвергается превращению: часть ее может пройти через пищеварительный тракт, не включаясь в метаболизм, и выделиться с экскрементами или, если речь идет об автотрофах, часть света проходит через растение неусваиваясь. Эта часть энергии NU . И использованная, или ассимилированная, часть энергии на схеме обозначена буквой A . Отношение A и I , т.е. эффективность ассимиляции, широко варьирует. Оно может быть очень мало, как в случае усвоения света растениями или пищи у животных, или же очень велико, как в случае ассимиляции животными или бактериями высококалорийных продуктов, например, сахаров или аминокислот. У автотрофов A – это валовая первичная продукция.

Ключевая особенность этой модели – это разделение ассимилированной энергии на компоненты P и R . Та часть фиксированной энергии, которая окисляется и теряется в форме тепла, называется дыханием, а та часть, которая превращается в новое или принадлежащее другому виду органическое вещество, называется продукцией (P). У растений – это чистая продукция, у животных – вторичная продукция. Компонент P – это энергия, доступная следующему трофическому уровню, в противоположность компоненту NU , который доступен на данном трофическом уровне.

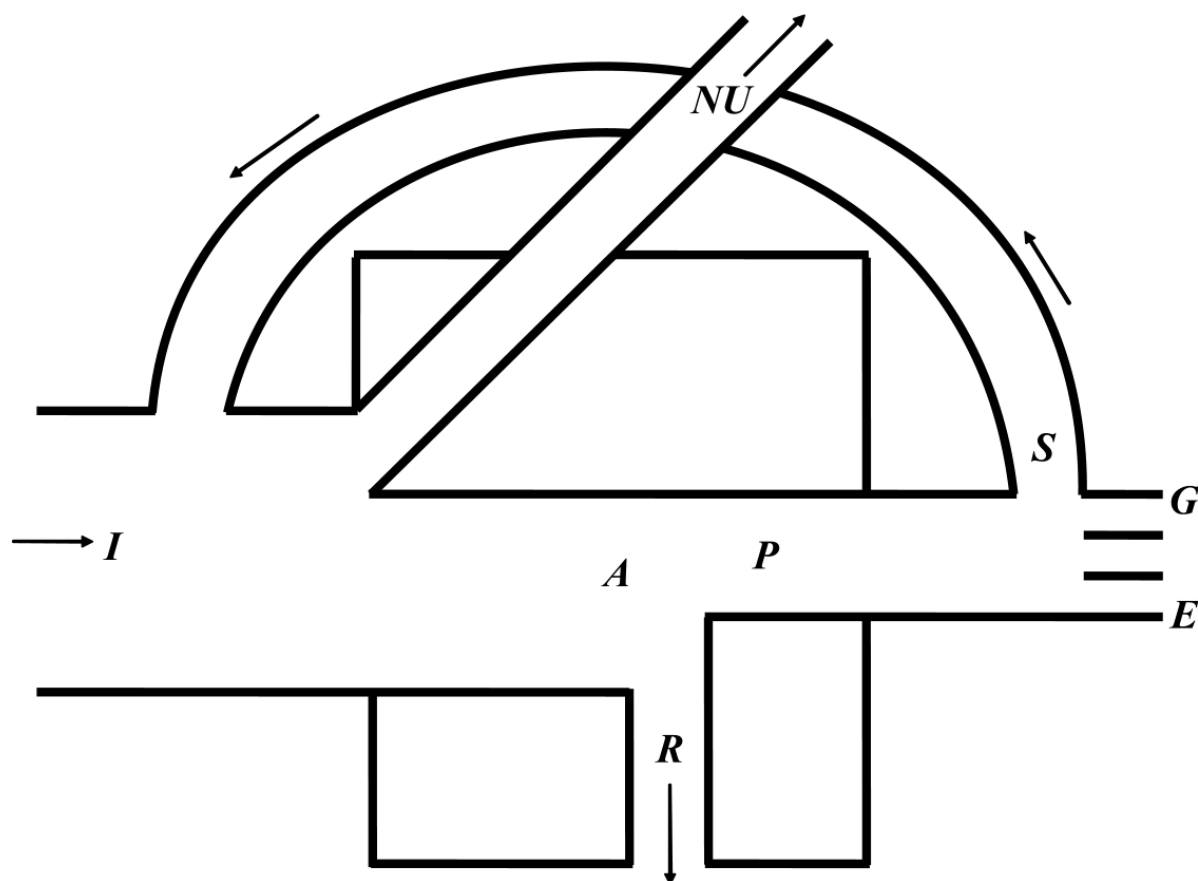


Рис. 4. Универсальная модель потока энергии

Отношения P/R и биомасса/ P широко варьируют. Они имеют важное экологическое значение. В целом часть энергии, идущая на дыхание, т.е. на поддержание структуры организма, велика в популяциях крупных организмов и в сообществах с большой биомассой на корню. При стрессовых воздействиях на биологическую систему расходы на дыхание возрастают. Величина продукции сравнительно велика в активных популяциях мелких организмов, например, бактерий или водорослей, в молодых быстро растущих сообществах, в системах, получающих энергетические дотации. Продукция может принимать различные формы. Три ее типа указаны на рис. 4: G – рост и увеличение биомассы, E – ассимилированное органическое вещество, выделяемое с секретами, S – запас, например, жировые накопления, которые могут быть использованы позже (хищник использует энергию запасных веществ, чтобы найти новую жертву).

6. Задания

1. Составить схему пищевой цепи из перечисленных организмов, обозначить трофические уровни и дать им определения, указать, к какому типу относится пищевая цепь:

- а) личинки падальных мух, мертвое животное, лягушка, обыкновенный уж;
- б) лиса, трава, кролик;
- в) листовая подстилка, дождевой червь, ястреб-перепелятник, черный дрозд;
- г) божья коровка, тля, сосна, насекомоядная птица, паук;
- д) кулик, береговая улитка, сорока, фитопланктон;
- е) землеройка, дождевой червь, опавшая листва;
- ж) землеройка, паук, нектар, сова, муха;
- з) короед, дятел, древесина;
- и) мышь, заяц, семена, гадюка;
- к) личинки насекомых, торф, хариус, белый медведь.

2. На рис. 5 показаны потоки энергии, проходящей через небольшую часть луговой экосистемы:

- а) какова валовая первичная продукция злаков и разнотравья;
- б) какова эффективность фотосинтеза, т.е. преобразования поступающей солнечной энергии в валовую продукцию;
- г) чему равна продукция паукообразных;
- д) чему равна продукция саранчовых;
- е) сколько энергии теряется при дыхании и выделении фекалий у полевых мышей;
- ж) какие организмы являются продуцентами;
- з) какие организмы являются первичными консументами;
- и) какие организмы являются вторичными консументами;
- к) какие организмы относятся к автотрофам, гетеротрофам?

3. Для экосистем, указанных в табл. 1, рассчитать чистую первичную продукцию, продуктивность сообщества. Сравнить экосистемы. Пояснить, какие сообщества являются стабильными и почему.

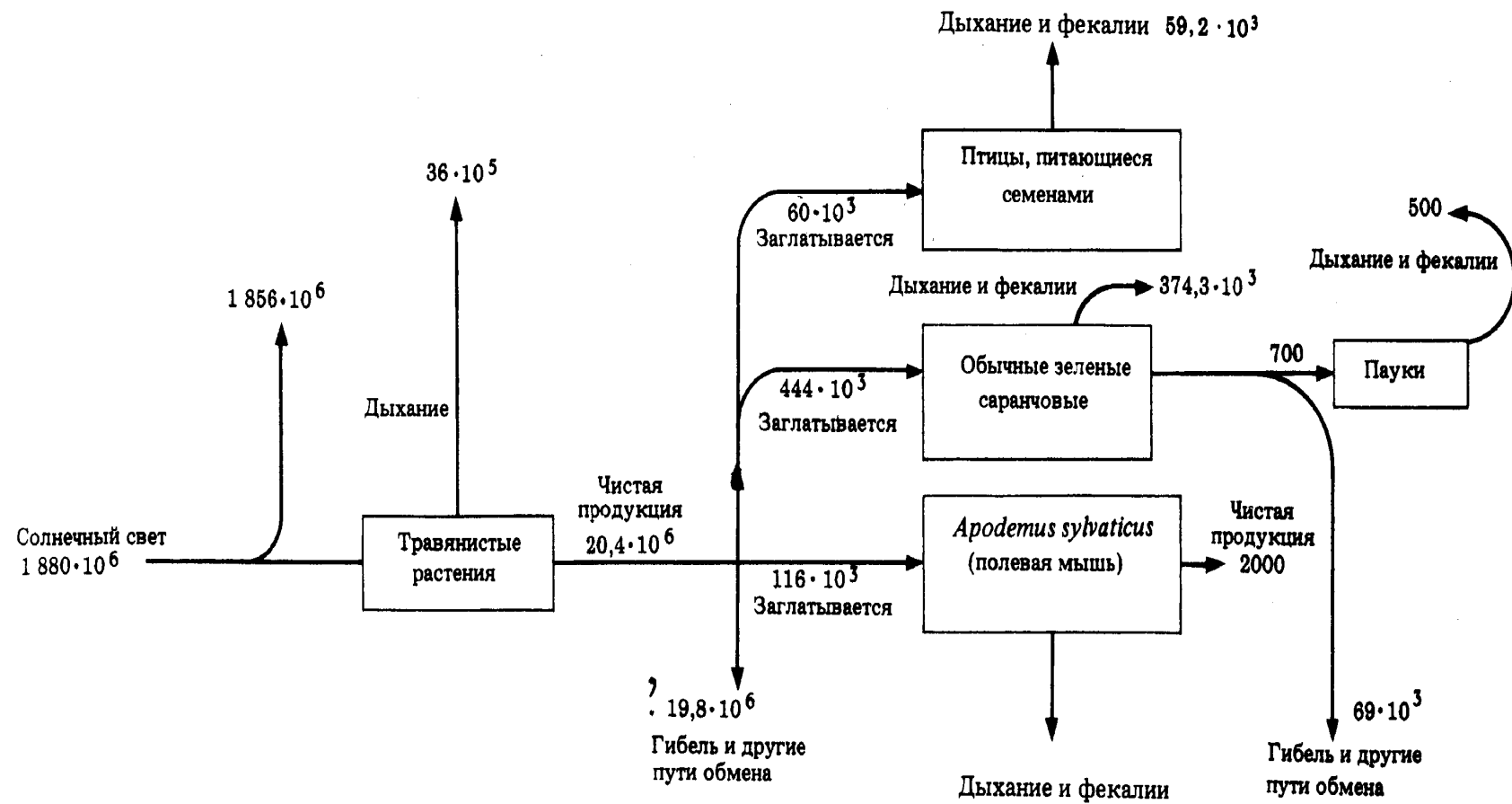


Рис. 5. Поток энергии через небольшую часть луговой экосистемы (кДж / м² · год) [2]

Таблица 1

Годовая продукция в экосистемах, ккал/ м² в год [3]

Показатели потока энергии в экосистемах	Экосистемы					
	Поле люцерны	Посадки сосны	Сосновый лес	Большой ручей	Дождевой лес	Прибрежный пролив
Валовая первичная продукция	24400	12200	11500	20800	45000	5700
Дыхание автотрофов	9200	4700	6500	12000	32000	3200
Дыхание гетеротрофов	800	4600	3000	6800	13000	2500

4. С помощью рис. 6 выполнить следующие задания:

а) В пирамиде А первичные продуценты (растения) – организмы малых размеров, а численность их выше численности травоядных животных. Опишите и объясните различия между пирамидами А и Б.

б) Жгутиковые простейшие *Leptomonas* паразитируют на мелких насекомых, тысячи их могут быть найдены на одной блохе. Постройте пирамиду численности на основе следующей пищевой цепи: трава – травоядное млекопитающее – блоха – *Leptomonas*.

в) Дайте объяснение различия между пирамидами А и В.

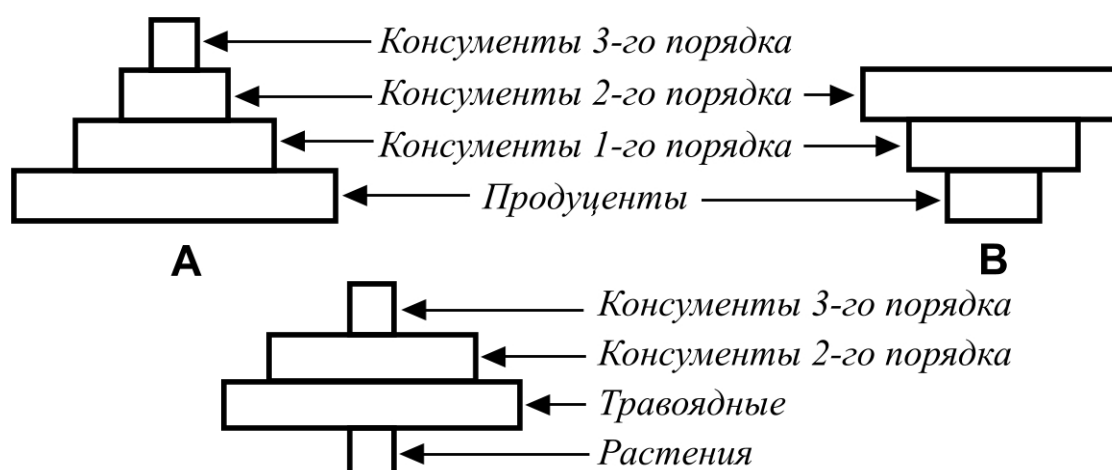


Рис. 6. Экологические пирамиды численности

5. Пользуясь правилом экологической пирамиды, подсчитайте, какая площадь соответствующего биогеоценоза может выкормить одну особь последнего звена в цепи питания:

- а) планктон – нехищная рыба – щука 10 кг;
- б) планктон – нехищная рыба – скопа 5 кг;
- в) планктон – нехищная рыба – орлан-белохвост 6 кг;
- г) растения – беспозвоночные – карп 3 кг.

Биологическая продуктивность планктона 600, донной растительности 1000 г/м² в год (в пересчете на сухую биомассу).

6. По данным, приведенным в табл. 2, определите, какой из видов более эффективно использует энергию пищи на рост и накопление жировых запасов.

Таблица 2

Продукция, тыс. кал/га [8]

Вид	Корм		Вторичная продукция
	потребленный	усвоенный	
Малый суслик	535	427	40
Степной суслик	278	206	54

7. По данным табл. 3 рассчитайте количество усвоенной пищи и ту часть усвоенной пищи, которая идет на метаболизм и на прирост биомассы. На что расходуется большая часть энергии пищи?

Таблица 3

Показатели трофической деятельности сусликов
в полупустыне Прикаспия, кг/га сухой массы

Год	Урожай растений	Изъято сусликами	Кормовые остатки	Экскременты	Прирост биомассы популяции
1971	1150	240	121	24	4,2
1972	590	180	101	16	3,0
1973	1940	340	247	13	2,0

8. Зная правило десяти процентов, рассчитайте:

А. Сколько нужно травы, чтобы вырос один орел весом 5 кг.
Уровни пищевой цепи: орел, трава, заяц.

Б. Сколько понадобится фитопланктона, чтобы выросла одна щука весом 10 кг. Уровни пищевой цепи: зоопланктон, мелкие рыбы, щука, окунь, фитопланктон.

В. Сколько понадобится фитопланктона, чтобы вырос один медведь весом 300 кг. Уровни пищевой цепи: лосось, мелкие рыбы, медведь, зоопланктон, фитопланктон.

Г. Сколько понадобится фитопланктона, чтобы вырос один синий кит весом 150 т. Уровни пищевой цепи: синий кит, фитопланктон, зоопланктон.

9. Соотнесите *понятия*, обозначающие различные способы добывания пищи, с их *определениями* и распишите в отчете:

- а) паразит;
- б) фильтратор;
- в) хищник;
- г) собиратель;
- д) пасущийся организм.

Определения:

А. Организм, который активно разыскивает и убивает относительно крупные жертвы, способные убежать, прятаться или сопротивляться.

Б. Организм (имеющий, как правило, небольшие размеры), который использует живые ткани или клетки другого организма в качестве источника питания и среды обитания.

В. Организм, поглощающий многочисленные пищевые объекты, как правило, растительного происхождения, на которые он не тратит много сил.

Г. Водное животное, процеживающее через себя воду с многочисленными мелкими организмами, которые служат ему пищей.

Д. Организм, который разыскивает и поедает относительно мелкие, неспособные убежать и сопротивляться пищевые объекты.

10. Назовите тип пищевых отношений (паразитизм, фильтрация, хищничество, собирательство, пастьба), который соответствует следующим парам взаимодействующих организмов, и распишите в отчете:

- а) заяц – клевер;
- б) дятел – короеды;
- в) лиса – заяц;
- г) человек – аскарида;

- д) медведь – лось;
- е) медведь – личинки пчел;
- ж) синий кит – планктон;
- з) корова – тимофеевка;
- и) гриб-трутовик – береза;
- к) карп – мотыль;
- л) стрекоза – муха;
- м) моллюск беззубка – простейшие;
- н) тля – щавель;
- о) гусеница сибирского шелкопряда – пихта;
- п) кузнечик – злак мятлик;
- р) губка – простейшие;
- с) вирус гриппа – человек;
- т) коала – эвкалипт;
- у) холерный вибрион – человек;
- ф) божья коровка – тля;
- х) муравьед – термиты.

11. Прочитайте список организмов и укажите, к каким из перечисленных групп они относятся. Составьте таблицу.

Группы:

- А. Фитофаги;
- Б. Зоофаги;
- В. Паразиты;
- Г. Симбионты;
- Д. Детритофаги.

Список организмов: волк, палочка Коха, росянка, иксодовый клещ, щука, самка комара, слон, бычий цепень, дафния, дождевой червь, личинка навозной мухи, колорадский жук, кролик, рак, рысь, гриб-трутовик, овца, карп, клубеньковые бактерии, жук-скарабей, подберезовик.

12. Составьте таблицу, выбрав предлагаемые *понятия* и соответствующие им *определения* типов воздействия.

Типы взаимодействия организмов

Понятие	Определение

Понятия:

- | | |
|-------------------------|-----------------------------------|
| а) мутуализм (симбиоз); | д) комменсализм; |
| б) нейтрализм; | е) комменсализм (нахлебничество); |
| в) конкуренция; | ж) паразитизм; |
| г) аменсализм; | з) хищничество. |

Определения:

А. Взаимодействие двух или нескольких особей, последствия которого для одних отрицательны, а для других безразличны.

Б. Взаимодействие двух или нескольких особей, при котором одни используют остатки пищи других, не причиняя им вреда.

В. Взаимовыгодное взаимодействие двух или нескольких особей.

Г. Взаимодействие двух или нескольких особей, при котором один предоставляет убежища другим и это не приносит хозяину ни вреда, ни пользы.

Д. Совместное обитание двух особей, непосредственно не взаимодействующих между собой.

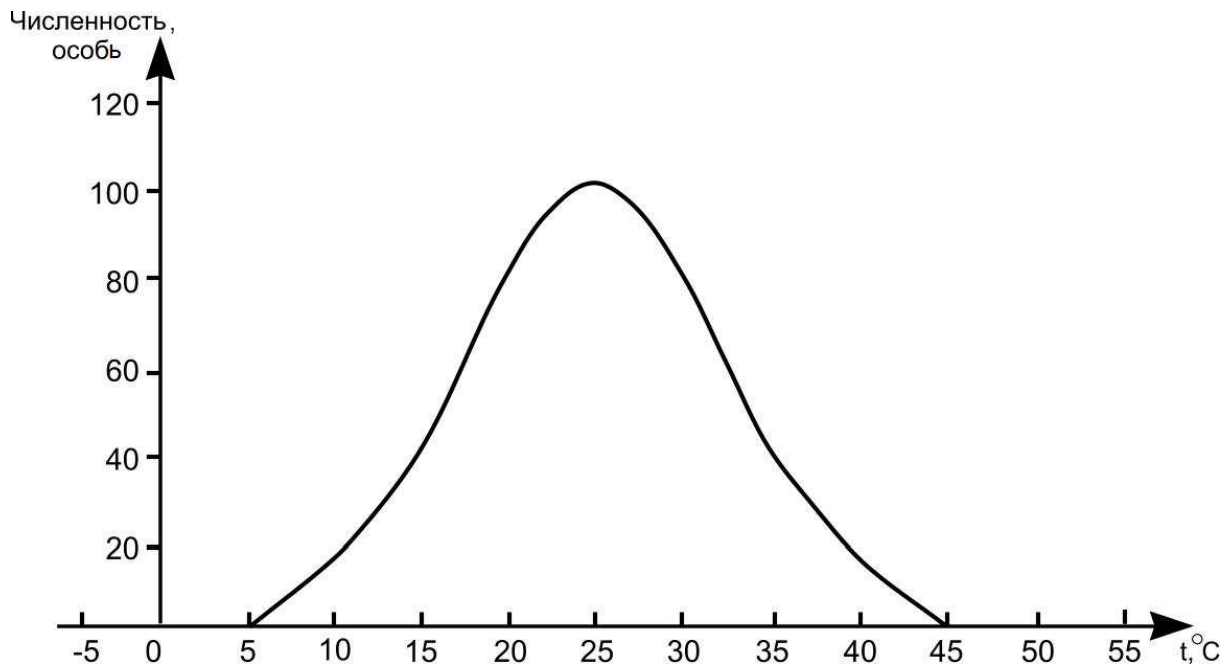
Е. Взаимодействие двух или нескольких особей, имеющих сходные потребности в одних тех же органических ресурсах, что приводит к снижению жизненных показателей взаимодействующих особей.

Ж. Взаимодействие двух или нескольких организмов, при котором одни питаются живыми тканями или клетками других и получают от них место постоянного или временного обитания.

З. Взаимодействие двух или нескольких особей, при котором одни поедают других.

13. Взаимодействие двух организмов теоретически можно представить в виде парных комбинаций символов «+», «-» и «О», где «+» обозначает улучшение положения для организма, «-» – ухудшение и «О» – отсутствие значимых изменений при взаимодействии. Обозначьте предлагаемые типы биотических взаимодействий (хищничество, мутуализм (симбиоз), паразитизм, нейтрализм, конкуренция, комменсализм (нахлебничество), аменсализм, комменсализм) соответствующими парными комбинациями символов «+», «-», «О»). Приведите примеры этих взаимоотношений.

14. Рассмотрите график зависимости численности божьей коровки от температуры окружающей среды:



Укажите следующие параметры:

- А. Температура, оптимальная для этого насекомого.
- Б. Диапазон температур зоны оптимума.
- В. Диапазон температур зоны пессимума (угнетения).
- Г. Две критические точки.
- Д. Пределы выносливости вида.

Контрольные вопросы

1. Что такое экосистема?
2. Как подразделяют по типу питания биотический компонент?
3. В чем различие между пастбищными и детритными пищевыми цепями?
4. Какие организмы относятся к продуцентам, консументам, редуцентам?
5. Что выражают экологические пирамиды?
7. Что такое продуктивность экосистемы?
8. Как распределяется поток энергии в экосистемах?

Лабораторная работа 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ

Изучение загрязнения воды является одной из основных задач экологического мониторинга. Химический состав воды определяет ее качество, и, следовательно, возможность использования с той или иной практической целью.

Существенное влияние в больших городах на качество воды оказывают нефтепродукты, поступающие в окружающую среду в основном при работе автотранспортных средств. А в связи с увеличением количества транспортных перевозок в целом по России и конкретно во Владимире и Владимирской области количество выбросов нефтепродуктов имеет тенденцию к существенному увеличению.

При сильном загрязнении воды ощущается недостаток кислорода для размножения и развития бактерий, которые разлагают химические загрязнители. Опасны соединения свинца, ртути, радиоактивные вещества, а также органические загрязнители и поверхностно-активные вещества, в том числе моющие вещества, гербициды, белково-витаминные концентраты.

В результате крушений танкеров и выбросов нефти из скважин, находящихся в открытом море, моря и океаны загрязняются нефтью и мазутом. В мировой океан ежегодно попадает более 5 млн т нефти в основном при транспортных операциях.

В морской воде под влиянием ветра, отливов и приливов нефть эмульгируется, испаряется, частично растворяется и подвергается химическому и фотохимическому окислению. Для полного окисления нефти в морской воде кислорода не хватает (для окисления 4 л нефти требуется количество кислорода, содержащееся в 1,500000 л морской воды, насыщенной воздухом). Вода загрязняется смолистыми не осаждающимися шариками, которые загрязняют также и пляжи. Опасны и ароматические углеводороды, поражающие практически все морские организмы, а также ухудшающие вкус морепродуктов, повышающие их канцерогенность.

Для оценки опасности сбросов в локальной экологической системе и биологической сфере необходимо знать состав и концентрации загрязнений.

В настоящее время остро ощущается дефицит воды, поскольку после использования она в большинстве случаев не подвергается очистке. Выброс загрязняющих веществ в водные объекты и изменение влагооборота приводят не только к изменению состава биосферы, но и круговорота и баланса слагающих ее веществ.

Загрязненная химическими веществами вода непригодна для использования в пищевой промышленности и быту, наносит вред здоровью человека.

Негативное влияние токсичных химических веществ на экологическую обстановку в регионах с развитой индустрией может быть ослаблено химическими методами: эффективная очистка выбросов, разработка биологически разлагаемых ПАВ и химических продуктов, топлив для двигателей внутреннего сгорания с пониженным содержанием ароматических углеводородов и тетраэтилсвинца. При разработке новых технологий надо исходить из сокращения водопотребления, что позволяет исключить сброс сточных вод, перейти на замкнутые водооборотные системы.

1. Отбор проб

Отбор проб является ответственной частью анализа, от которой зависит достоверность получаемой информации. Выбор места отбора, частота и техника отбора должны в определенной степени обеспечивать представительность проб, на основе анализа которых в дальнейшем делаются выводы о состоянии водного объекта. Объем отбираемой пробы, необходимой для анализа, зависит от числа определяемых компонентов и обычно колеблется от 1 до 2 л. Пробы воды на химический анализ следует брать на стреже потока с поверхности (0,2 – 0,5 м), при этом проба воды осторожно зачерпывается (без взбалтывания) каким-либо большим сосудом (тазом, ведром), который во избежание загрязнений пробы должен употребляться только для этих целей. Для взятия глубинных проб употребляются специальные приборы – батометры, снабженные краном.

2. Предварительная обработка, хранение и консервация проб

подавляющее число компонентов и свойств воды необходимо определять по возможности быстро, в только что отобранной пробе, чтобы избежать нарушения равновесия ионов, потери растворенных

газов, разложения органических веществ, вызываемых деятельностью микроорганизмов. В том случае, когда немедленный анализ пробы невозможен по какой-либо причине, пробы должны быть подвергнуты предварительной обработке и законсервированы.

Предварительная обработка пробы заключается в фильтрации ее через плотный бумажный фильтр для устранения взвесей. Универсального способа консервации проб не существует, поэтому пробу делят на несколько частей и консервируют различными способами (см. таблицу). Для стабилизации легко разрушающихся и быстро разлагающихся компонентов воды рекомендуется охлаждение воды до 3 – 4 °С, а иногда и глубокое замораживание (–15 ... –20 °С).

Способы консервации проб воды для определения различных компонентов

Определяемый компонент	Посуда для отбора	Способ консервирования	Максимальное время между отбором и анализом
Вкус	Стеклянная	Охлаждение при 4 °С	6 – 24 ч
Цвет	Полиэтилен или стекло	Охлаждение при 4 °С	24 ч
рН	Полиэтилен или стекло	Охлаждение при 4 °С	Сразу
Растворенный	Стеклянная	Охлаждение при 4 °С	Сразу
Хлориды	Полиэтилен или стекло	Не консервируют	7 сут
Аммонийные соли и аммиак	Полиэтилен или стекло	Охлаждение при 4 °С	1 – 3 сут
Нитриты	Полиэтилен или стекло	Охлаждение при 4 °С	1 – 3 сут
Нитраты	Полиэтилен или стекло	Охлаждение при 4 °С	1 – 3 сут
Железо	Полиэтилен или стекло	Охлаждение при 4 °С	1 – 3 сут
Сульфаты	Полиэтилен или стекло	Не консервируют	7 сут

3. Температура

Температуру пробы воды измеряют во время отбора пробы ртутным термометром с ценой деления 0,1 – 0,5 °С, который опускают на заданную глубину и выдерживают в течение 3 – 10 мин. После извлечения термометра тотчас измеряют показания.

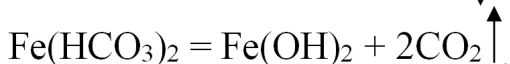
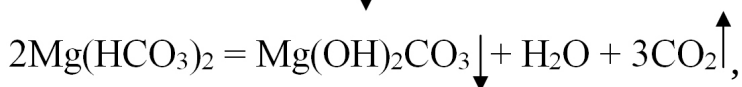
4. Понятие о жесткости воды

Жесткость воды зависит от присутствия в ней растворимых солей кальция, в некоторых случаях – солей магния и железа. Жесткая вода при кипячении образует накипь вследствие оседания карбонатов и оксикарбонатов кальция, магния и железа. Мыло в жесткой воде не мылится (не вспенивается), так как образуются нерастворимые в воде кальциевые и магниевые соли жирных кислот.

Жесткая вода не пригодна для питания паровых котлов вследствие образования на стенках котлов накипи, которая может привести к взрыву.

Различают жесткость воды временную (или устранимую) и постоянную. Временная жесткость воды обусловлена присутствием в воде гидроксикарбонатов, дигидрокарбонатов $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, реже $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$. Временную жесткость можно устранить кипячением воды.

При кипячении воды бикарбонаты разлагаются с образованием карбонатов, оксикарбонатов и гидроксидов:



Постоянная жесткость воды обусловлена присутствием в ней преимущественно сульфатов и хлоридов кальция и магния и не устраняется кипячением.

5. Влияние жесткости воды на организм человека

Общее содержание кальция в организме человека в среднем составляет 1,9 % от общей массы тела, при этом 99 % всего количества приходится на долю скелета и лишь 1 % содержится в остальных

тканях и жидкостях организма. Суточная потребность в кальции для взрослого человека 0,45 – 1,2 г. Кальций участвует во всех жизненных процессах организма. Нормальная свертываемость крови происходит только в присутствии солей кальция. Кальций играет важную роль и в нервно-мышечной возбудимости организма.

Очень жесткая вода вредна для здоровья, так как может вызывать увеличение содержания кальция в крови, усиление кальцификации организма и ослабление процессов регенерации. Человек потребляет в сутки 0,7 – 2 г кальция с пищей и питьевой водой. По данным токсикологов, кальций в дозе 3,5 – 5,2 мг/кг массы или концентрации в питьевой воде 100 – 150 мг/л увеличивает заболеваемость населения болезнями почек, артритами и полиартритами. Кальций – биогенный элемент. Он необходим для нормального течения многих жизненных процессов, участвует в образовании костей и зубов, в процессе свертывания крови, регулирует возбудимость нервно-мышечного аппарата, повышает тонус сердечной мышцы. Поэтому неблагоприятны как дефицит, так и его избыток в организме.

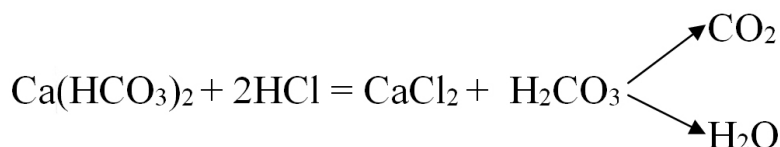
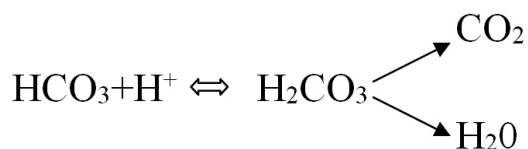
При избытке кальция наблюдаются: болезни костной системы, мышечная слабость, затруднение координации движений, деформация костей позвоночника и ног, самопроизвольные переломы, болезни внутренних органов.

Недостаток кальция вызывает тахикардию, аритмию, побеление пальцев рук и ног, боли в мышцах, повышенную раздражительность, галлюцинации, потерю памяти, умственную отсталость. Волосы становятся грубыми и выпадают, ногти – ломкими, кожа утолщается и грубеет, на эмали зубов появляются ямки, хрусталик глаза теряет прозрачность.

Для разработки эффективных мероприятий по очистке сточных вод необходимо точно знать, какие именно загрязнения находятся в сточных водах, попадающих в тот или иной водоем, и в каких количествах. Эти задачи решают путем анализа воды.

6. Методика определения временной (карбонатной) жесткости воды

Метод основан на титровании гидрокарбонат-ионов хлористоводородной кислотой в присутствии индикатора метилового оранжевого.



Реактивы и посуда:

кислота хлороводородная $\approx 0,1$ н раствор,
индикатор метиловый оранжевый,
колбы конические емкостью 250 мл,
цилиндр мерный,
бюретка на 25 мл.

Ход анализа.

В три конические колбы емкостью 250 мл отбирают мерным цилиндром по 200 мл анализируемой воды, добавляют 2 – 3 капли индикатора метилового оранжевого и титруют 0,1 н раствором HCl до перехода окраски от желтой к оранжевой. Находят среднее арифметическое из трех параллельных определений.

Жесткость исследуемой воды Ж определяется по формуле

$$\text{Ж} = \frac{V_{\text{HCl}} C_{\text{HCl}} \cdot 1000}{V_{\text{H}_2\text{O}}} ,$$

где Ж – жесткость воды (временная), мэкв/л;

V_{HCl} – средний объем из трех определений, мл;

C_{HCl} – точная концентрация раствора HCl, мэкв/л;

$V_{\text{H}_2\text{O}}$ – средний объем анализируемой воды, мл.

7. Комплексонометрическое определение общей жесткости воды

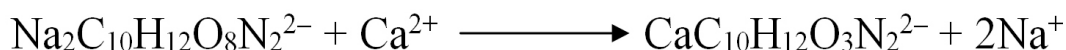
Общая жесткость воды обусловлена присутствием в ней гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов и других растворимых солей кальция и магния. Общую жесткость определяют в природных подземных и поверхностных водах, питьевой воде и сточных водах перед сбросом их в поверхностные воды.

Реактивы и посуда:

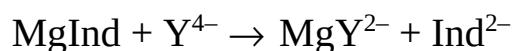
аммиачный буферный раствор с pH = 10,
индикатор эриохром черный Т,
комплексон III, $\approx 0,01$ М раствор,

Сущность метода.

Метод основан на титровании анализируемой воды раствором двуназатриевой соли этилендиаминтетрауксусной кислоты (комплексона III, трилона Б) известной концентрации при $pH = 10$ в присутствии индикатора эриохрома черного Т:



В водной среде этилендиаминтетраацетат натрия образует при $pH = 10$ комплексные соединения сначала с ионами кальция, затем с ионами магния. Когда в анализируемую пробу вносят индикатор эриохром черный Т, он образует с ионами магния вишнево-красное комплексное соединение. В точке эквивалентности, когда все свободные ионы кальция и магния уже связаны с комплексом III, последний взаимодействует с комплексом магния с индикатором, вытесняя свободный индикатор, который окрашивает раствор в синий цвет:



Ход анализа.

В три конические колбы емкостью 250 – 300 мл цилиндром приливают по 50 мл исследуемой воды, добавляют мерным цилиндром по 10 мл аммиачного буфера и индикатор эриохром черный Т (один шпатель). Содержание каждой колбы титруют стандартным раствором комплексона III до перехода окраски от вишнево-красной до синей (переходная окраска фиолетовая).

Находят среднее арифметическое трех параллельных титрований и записывают в тетрадь.

Общую жесткость воды рассчитывают по формуле

$$Ж = \frac{V_K C_K \cdot 2 \cdot 1000}{V_{\text{воды}}},$$

где Ж – жесткость воды (общая), мэкв/л;

V_K – средний объем израсходованного комплексона III, ммоль/л;

$V_{\text{воды}}$ – средний объем анализируемой воды, мл;

2 – коэффициент перехода от молярной концентрации (моль/л) к нормальной концентрации (мэкв/л);

C_K – точная концентрация комплексона III, моль/л.

Некарбонатную (постоянную) жесткость определяют как разницу между общей жесткостью и карбонатной (временной).

Контрольные вопросы

1. Что определяет качество воды?
2. Как влияет загрязнение нефтью и нефтепродуктами на качество воды?
3. Каковы источники поступления загрязнений химических веществ техногенного происхождения в водные экосистемы?
4. Каково влияние загрязненной воды на здоровье человека?
5. В чем состоят особенности отбора проб воды?
6. Как влияет жесткая вода на питание паровых котлов?
7. Содержанием каких солей обусловлены временная и постоянная жесткости воды?
8. Каковы методы определения временной и общей жесткостей воды?

Лабораторная работа 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОДЫ

Первичную (визуальную) оценку качества воды проводят, исследуя ее органолептические характеристики. Эти характеристики определяются с помощью органов зрения (мутность, цветность) и обоняния (запах). Неудовлетворительные органолептические характеристики косвенно свидетельствуют о загрязнении воды. На правильность полученных результатов анализов влияет способ отбора проб воды и условия ее хранения.

1. Прозрачность

Вариант 1

Измерение прозрачности с помощью шрифта проводят в лабораторных условиях. Для измерения используют стеклянный цилиндр с внутренним диаметром 2,5 см и высотой около 50 см. В качестве стандартного шрифта применяют шрифт ГОСТа 3551-46 с высотой букв 3,5 мм. Проба воды рассматривается при рассеянном дневном свете. Мерой прозрачности служит высота столба воды (см), при котором можно наблюдать на белой бумаге шрифт.

Вариант 2

1. Заполните колбу на две трети части водой.
2. Определите мутность воды, рассматривая колбу сверху на темном фоне при достаточном боковом освещении. Выберите нужное:

Вид прозрачности воды
Прозрачная
Слабомутная
Мутная
Очень мутная

2. Цветность

Вариант 1

Цветность воды (кажущаяся) определяется в нефилтрованной пробе воды путем сравнения цвета анализируемой воды со стандартной окраской имитационной шкалы.

Приготовление имитационной шкалы.

Готовят два раствора.

Раствор 1: в мерной колбе с объемом 1 л растворяют в дистиллированной воде 0,0875 г $K_2Cr_2O_7$ и 2 г $CoSO_4 \cdot 7H_2O$, добавляют 1 мл конц. H_2SO_4 хч и доливают колбу дистиллированной водой до метки.

Раствор 2: 1 мл конц. H_2SO_4 хч разбавляют дистиллированной водой и доводят объем до 1 л. Смешивая растворы 1 и 2 в нижеуказанных соотношениях, получают имитационную шкалу цветности (табл. 1).

Таблица 1

Имитационная шкала цветности

Раствор 1	0	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
Раствор 2	100	99	98	97	96	95	94	92	90	88	86	84
Градусы	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80

Определение цветности с помощью шкалы стандартов.

В чистый сухой цилиндр отмеривают 100 мл исследуемой воды и просматривая его сверху, сравнивают окраску воды с окраской стандартных растворов, налитых в такие же цилиндры. При совпадении окрасок цветность определяется градусом данного стандарта шкалы.

Вариант 2

1. Заполните колбу на две трети части водой.
2. Определите цветность воды, рассматривая колбу сверху на белом фоне при достаточном освещении (дневном, искусственном).

Подчеркните наиболее подходящий оттенок либо заполните свободную строку:

Виды цветности воды
Слабо-желтоватая
Светло-желтоватая
Желтая
Интенсивно желтая
Коричневая
Красно-коричневая
Другая (укажите, какая)

3. Запах воды

Запах воды определяется и характеризуется по виду (табл. 2) и интенсивности в баллах (табл. 3).

Таблица 2

Виды запаха

Сокращение	Классификация запаха	Примеры и возможные источники происхождения запаха
A	Ароматный или пряный	Камфара, гвоздика, лимон
A _c	Огуречный	Synara
B	Бальзамический или цветочный	Герань, ирис, ваниль
B _g	Гераниевый	Asteronella
B _n	Настурциевый	Aphanizomanon
B _s	Сладковатый	Coclosphaerium
B _v	Фиалковый	Mallomonas
C	Химический	Промышленные сточные воды или химическая обработка
Cc	Хлорный	Свободный хлор
Ch	Углеводородный	Стоки нефтеочистительных заводов
Cm	Лекарственный	Фенол и йодоформ

Окончание табл. 2

Сокращение	Классификация запаха	Примеры и возможные источники происхождения запаха
Cs	Сернистый	Сернистый сероводород
D	Неприятный или очень неприятный	—
Df	Рыбный	Uroglenopsis, Dinobryon
Dp	Навозный	Anabaena
Ds	Гнилостный	Застоявшиеся сточные воды
E	Землистый	Сырая земля
Ep	Торфяной, травянистый	Торф
M	Затхлый	Преющая солома
Mm	Плесневелый	Сырой подвал
V	Овощной	Корни овощей

4. Определение интенсивности запаха воды

Для определения используют 250 мл пробы, помещенной в коническую колбу при 20 °С, которую закрывают пробкой, несколько раз сильно взбалтывают, затем открывают и тотчас же органолептически определяют характер запаха и его интенсивность. Такое же определение выполняют при 60 °С, подогревая колбу на водяной бане, накрытую часовым стеклом и воронкой (табл. 3).

Таблица 3

Интенсивность и характер проявления запаха

Интенсивность, балл	Характеристика	Проявление запаха
0	Никакого запаха	Отсутствие ощутимого запаха
1	Очень слабый	Запах, не замечаемый потребителем, но ощутимый специалистом
2	Слабый	Запах, обнаруживаемый потребителем, если обратить внимание на это
3	Заметный	Запах легко обнаруживаемый; может быть причиной того, что вода непригодна для питья
4	Отчетливый	Запах, обращающий на себя внимание; может заставить воздержаться от питья
5	Очень сильный	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной для питья

Контрольные вопросы

1. Что означает понятие «органолептические свойства воды»?
2. Как определить прозрачность воды? Виды прозрачности.
3. Каковы методы определения цветности? Виды цветности.
4. Как запах характеризует органолептические свойства воды?

Лабораторная работа 7

ИОНИЗИРУЮЩИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

1. Радиоактивность и виды ионизирующих излучений

Радиоактивность – это способность ядер некоторых химических элементов самопроизвольно распадаться с образованием ядер новых химических элементов и испусканием ионизирующего излучения.

В настоящее время известно 106 химических элементов. Каждый элемент может иметь несколько изотопов, которые содержат в ядре одинаковое количество протонов, но различное число нейтронов и одинаковое число электронов в атомной оболочке. Изотопы занимают одно и то же место в периодической системе элементов. Различают стабильные (устойчивые) и нестабильные (радиоактивные) изотопы. Химические элементы, занимающие в периодической системе места с 1-го по 83-е, имеют как стабильные, так и радиоактивные изотопы; например, водород состоит из трех изотопов: двух стабильных (^1H протий, ^2H дейтерий) и одного радиоактивного (^3H тритий). Самым тяжелым элементом, имеющим стабильный изотоп, является висмут (Bi , $z = 83$). Элементы, стоящие в периодической системе после висмута, стабильных изотопов не имеют, например, уран состоит из трех радиоактивных изотопов ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U .

Скорость распада радиоактивного изотопа характеризуется периодом полураспада ($T_{1/2}$) – это время, за которое распадается половина радиоактивного вещества. Период полураспада не зависит от количества вещества и всегда постоянен (период полураспада радона ^{222}Rn 3,8 сут, урана ^{235}U ... $7 \cdot 10^8$ лет, ^{238}U – $4,5 \cdot 10^9$ лет).

Радиоактивный распад имеет статистическую природу; атомные ядра превращаются независимо друг от друга; каждый радионуклид имеет характерную для него вероятность распада. Для отдельного

атома нестабильного нуклида нельзя предсказать момент его превращения. Вероятность распада обусловлена свойствами данного вида ядер, т.е. она не зависит от химического и физического состояний радионуклида.

Ионизирующими называют такие излучения, которые, проходя через среду, вызывают ее ионизацию. Помимо ионизации излучения могут вызывать возбуждение молекул среды. Энергию ионизирующего излучения измеряют во внесистемных единицах электронвольтах (эВ), $1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$. Ультрафиолетовое излучение и видимый свет не относят к ионизирующим.

По своей природе *ионизирующее излучение* бывает фотонным и корпускулярным. Фотонное излучение включает γ -излучение и рентгеновское излучение.

γ -излучение – это фотонное излучение, возникающее при изменении энергетического состояния атомных ядер или при аннигиляции частиц (например, электрона и позитрона). Оно обладает высокой проникающей способностью (средний пробег фотонов в воздухе составляет около ста метров, а в биологической ткани – до 10 – 15 см), представляет основную опасность как источник внешнего облучения.

Рентгеновское излучение – это фотонное излучение, состоящее из тормозного или характеристического излучения. Под тормозным понимают излучение, возникающее при уменьшении кинетической энергии заряженных частиц, а под характеристическим – возникающее при изменении энергетического состояния электронов атома.

Корпускулярное излучение – это ионизирующее излучение, состоящее из частиц с массой, отличной от нуля. Оно бывает следующих видов:

- *β -излучение*, состоящее из электронов или позитронов, испускается при ядерных превращениях. Бета-частицы обладают малым пробегом (несколько метров в воздухе и несколько сантиметров в биологической ткани), бета-излучатели опасны при проникновении в легкие и желудочно-кишечный тракт как внутренние облучатели;

- *α -излучение*, состоящее из частиц, имеющих строение, аналогичное ядру атома гелия, т.е. из двух протонов и двух нейтронов, альфа-частицы обладают очень малым пробегом (не более нескольких сантиметров в воздухе и не более 0,1 мм в биологической ткани).

Альфа-излучатели опасны при проникновении внутрь организма как источники внутреннего облучения;

- *протонное излучение*, состоящее из протонов;
- *нейтронное излучение*, состоящее из нейтронов.

2. Единицы измерения ионизирующих излучений

Активность источника радиационного излучения характеризуется числом ядерных превращений в единицу времени и выражается в беккерелях (Бк): 1 Бк = 1 распад в секунду (внесистемная единица Кюри – Кц = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк).

Поле, создаваемое источником ионизирующего излучения, имеет следующие характеристики:

1. Экспозиционная доза рентгеновского и гамма-излучения D_0 определяется по ионизации воздуха. Она представляет собой отношение суммарного заряда dQ всех ионов одного знака, созданных в воздухе, когда все электроны и позитроны, освобожденные фотонами в элементарном объеме воздуха массой dm , полностью остановились, к массе воздуха в указанном объеме:

$$D_0 = dQ/dm,$$

единица измерения – кулон на килограмм, Кл/кг. Используется и внесистемная единица измерения – рентген, R ($1 R = 2,25 \cdot 10^{-4}$ Кл/кг).

2. Мощность экспозиционной дозы P_0 – приращение экспозиционной дозы в единицу времени:

$$P_0 = Dd_0/dt,$$

единица измерения – Ампер на килограмм, А/кг. Внесистемная единица R/c ($1 A/kg = 3,88 R/c$).

Поглощение энергии излучения объектами неживой природы характеризуется следующими параметрами:

1. Поглощенная доза излучения D – это энергия ионизирующего излучения dE , поглощенная облучаемым веществом и рассчитанная на единицу его массы:

$$D = dE/dm,$$

единица измерения поглощенной дозы – грей, Гр. Внесистемная единица рад, $1 Gr = 100 рад = 1 Дж/кг$.

2. Мощность поглощенной дозы P – приращение поглощенной дозы излучения dD в единицу времени:

$$P = dD/dt.$$

При характеристике поглощения облучения биологическими объектами используют следующие понятия:

1. Эквивалентная доза H – основная дозиметрическая величина в области радиационной безопасности, введенная для оценки возможного ущерба здоровью человека от хронического воздействия ионизирующего излучения произвольного состава.

Эквивалентная доза равна произведению поглощенной дозы на средний коэффициент качества k , учитывающий биологическую эффективность разных видов ионизирующих излучений. Измеряется в зивертах, Зв, внесистемная единица – бэр, $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бэр}$.

2. Мощность эквивалентной дозы – приращение эквивалентной дозы в единицу времени. Единица мощности эквивалентной дозы – Зиверт в секунду, Зв/с, $1 \text{ Зв/с} = 100 \text{ бэр/с}$.

3. Эффективная эквивалентная доза (ЭЭД) H_e – сумма произведений эквивалентной дозы, полученной каждым органом H_T , на соответствующий весовой коэффициент W_T , учитывающий различную чувствительность органов к излучению. ЭЭД обеспечивает сравнимость и приведение неравномерного облучения тела к такой же оценке его последствий, как и при равномерном облучении:

$$H_e = \sum_{i=1}^T H_T W_T.$$

Эта величина измеряется в зивертах, Зв. Например, доза облучения легких 1 мЗв соответствует ЭЭД $= 0,12 \text{ мЗв}$, т.е. показывает, что при равномерном облучении всего тела дозой $0,12 \text{ мЗв}$ вероятность риска от облучения такая же, что и при облучении дозой 1 мЗв только легких.

3. Естественные и антропогенные источники ионизирующих излучений

Во всех естественных биотопах всегда наблюдается определенный естественный уровень радиации, даже при отсутствии каких-либо технических источников.

Земная поверхность служит источником многих видов излучения, так как она содержит различные природные радиоактивные эле-

менты: уран, торий, радий, актиний и т.д. Кроме того, в почве и воде встречаются два радиоактивных изотопа ^{40}K и ^{14}C , которые активно внедряются в живой организм. В результате распада природного урана в атмосферу выделяется промежуточный продукт распада – радиоактивный инертный газ радон ^{222}Rn и ^{219}Rn .

Вся биосфера подвергается также воздействию излучений, происходящих из космоса. В состав космического излучения входят протоны (более 90 %), α -частицы (7 %), ядра тяжелых элементов (1 %). Подавляющая его часть имеет галактическое происхождение, лишь небольшая часть связана с активностью Солнца. Частицы, составляющие галактическое излучение, имеют огромные энергии и, следовательно, обладают большой проникающей способностью. Мощность поглощенной дозы, создаваемая этими частицами, невелика; в космосе она не превышает 0,2 Гр/год, после прохождения через атмосферу снижается до $3 \cdot 10^{-4}$ Гр/год. Космическое излучение вызывает различные радиационно-химические процессы в верхних слоях атмосферы. По мере приближения к поверхности Земли его роль становится пренебрежительно малой вследствие уменьшения интенсивности излучения.

Антропогенное изменение радиационной обстановки в биосфере связано в основном с ядерными испытаниями, местами захоронения ядерных отходов и объектами ядерной энергетики. В результате антропогенных процессов в биосфере усилились потоки естественных и искусственных радионуклидов, увеличился естественный фон ионизирующих излучений, возросло число зон повышенного радиационного воздействия.

4. Уровни облучения человека в различных условиях

Человек в нормальных условиях подвергается облучению от малоинтенсивных естественных и техногенных фоновых источников излучения, которые воздействуют извне и изнутри.

На открытой местности на уровне моря и для средних широт среднегодовая ЭЭД, обусловленная внешним космическим излучением, составляет около 0,37 мЗв. ЭЭД от внешних бета- и гамма-источников облучения, содержащихся в земной коре, достигает 0,3 мЗв.

Среднегодовая ЭЭД от внутренних бета-, гамма- и альфа-источников облучения естественного происхождения, находящихся в теле человека (в основном радионуклид калий-40, присутствующий в мышечной ткани) и поступающих в организм с воздухом, водой и пищей, равна 0,4 мЗв.

Наиболее значительным источником облучения является радон-222, относящийся к инертным газам и представляющий собой короткоживущий продукт распада урана-238. Основную часть ЭЭД от радона, равной 1,3 мЗв, человек получает, находясь в закрытом, непроветриваемом помещении. Радон проникает в здания из грунта или выделяется строительными материалами минерального происхождения, содержащими незначительные количества урана-238 (гранит, кирпич и т.д.), и в результате улучшившейся изоляции помещений накапливается в них.

Таким образом, средняя эффективная эквивалентная доза, которую человек получает ежегодно от естественных источников излучения различных видов, составляет примерно 2,4 мЗв (рис. 1). Значения естественного радиационного фона (мощность эквивалентной дозы) колеблются в зависимости от местности в пределах 0,05 – 0,2 мкЗв/ч. В аномальных местах, где близко к поверхности подходят гранитные массивы или грунты, содержащие повышенные концентрации естественных радионуклидов, вблизи домов, облицованных гранитом, фон достигает 0,4 мкЗв/ч и более высоких уровней.

Радиационный уровень, соответствующий естественному фону 0,1 – 0,2 мкЗв/ч, признано считать нормальным, уровень 0,2 – 0,6 мкЗв/ч считается допустимым, а уровень свыше 0,6 – 1,2 мкЗв/ч с учетом коэффициента экранирования считается повышенным.

Пребывание в помещении приводит к ослаблению уровня внешнего облучения. Коэффициент экранирования для каменных домов равен 10, а для деревянных – 2. С другой стороны, здания увеличивают дозы облучения за счет радионуклидов, находящихся в строительных материалах, из которых они построены. Например, в кирпичных и панельных домах мощность дозы в 2 – 3 раза больше, чем в деревянных.

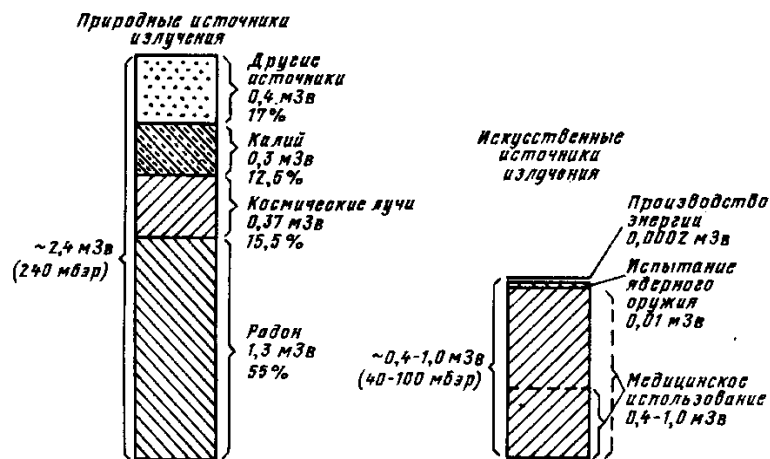


Рис. 1. Средние значения эффективных эквивалентных доз облучения, получаемых ежегодно отдельными лицами от природных источников излучения в районах с нормальным фоном и от искусственных источников излучения (по данным Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ))

Внешний радиационный фон может быть увеличен в результате научно-технической деятельности человека.

В процессе жизни (во время отдыха, перелетов на самолетах, при медицинских обследованиях) отдельные лица подвергаются или могут подвергаться дополнительному облучению. Значения ЭЭД для различных видов возможного облучения приведены в таблице и на рис. 1.

Эффективные эквивалентные дозы облучения от различных источников излучения

Вид облучения	ЭЭД
Просмотр кинофильма по цветному телевизору на расстоянии 2 м от экрана	0,01 мкЗв
Полет в течение 1 ч на самолете, летящем со скоростью ниже звука	4 – 7 мкЗв
Полет в течение 1 ч на сверхзвуковом самолете	10 – 30 мкЗв
Флюорография	0,1 – 0,5 мЗв

Вклад в годовую эффективную эквивалентную дозу облучения радиоактивных выпадений в результате ядерных испытаний не превышает 1 %, от атомной энергетики – менее 0,1 % от естественного фонового облучения.

Таким образом, за всю жизнь (70 лет) человек может без большого риска набрать радиацию в 35 бэр.

5. Воздействие ионизирующих излучений на живые организмы

Все воздействия ионизирующей радиации на живые организмы можно разбить на две группы: соматические и зародышевые (генетические). Воздействия первой группы затрагивают физиологию особи, подвергшейся облучению, и вызывают различные нарушения, начиная от значительного снижения средней возможности выжить и кончая мгновенной гибелью. Воздействия второй группы влияют на гаметогенез. Многие исследования показали, что клетки в мейозе обладают повышенной чувствительностью к ионизирующей радиации. Это, в частности, объясняет мутагенное воздействие радиации.

В последовательности событий, следующих за облучением биологического материала, можно выделить четыре этапа. Физический этап характеризуется фактическим поглощением энергии излучения тканью. Продолжительность физического этапа 10^{-13} с; в течение этого времени энергия передается атомам ткани.

Основная радиохимическая реакция происходит на втором этапе, занимающем $10^{-11} \dots 10^{-9}$ с. За счет энергии излучения в тканях живых организмов образуются ионы и радикалы, обладающие значительной окислительно-восстановительной активностью. В биологических системах это в основном радикалы и ионы, возникающие из молекул воды: H^+ , OH^- , $HO_2^{\cdot}$. На третьем этапе, который длится от 10^{-6} с до нескольких секунд, они взаимодействуют друг с другом и с другими молекулами, находящимися в растворе. Этот процесс можно представить как цепь химических реакций, во время которых повреждаются важные для организма молекулы (белки, нуклеиновые кислоты и т.д.) и образуются биологически вредные продукты реакций.

Последний (четвертый) этап занимает от нескольких секунд до нескольких поколений. В этот период активно развивается биологическое повреждение. У человека этот этап связан с ослаблением иммунной системы организма, возникновением лучевой болезни, раковых заболеваний, нарушениями генетического материала, передающимися по наследству.

Таким образом, ясно, что предотвратить биохимическое повреждение возможно лишь в течение очень короткого времени. С помо-

щью различных лекарств и видоизменения физиологического состояния (например кислородного голодания) у некоторых млекопитающих добились повышенной толерантности к излучениям. Однако нередко сами эти лекарства и состояния приводят к повреждениям, и в любом случае используемое средство должно присутствовать в организме в момент облучения. Последующее лечение (в настоящее время) не помогает при радиационном повреждении, если не считать поддерживающей терапии.

6. Чувствительность живых организмов к радиации

Сильные дозы радиации вызывают гибель облученных особей. Кривая зависимости числа погибших особей от доз радиации для популяции, подвергшейся экспериментальному облучению, имеет сигмовидную форму (рис. 2). Именно по этому графику определяется ЛД₅₀ – теоретическая доза в радах или бэрах, которая вызывает гибель 50 % особей рассматриваемой популяции через определенный промежуток времени.

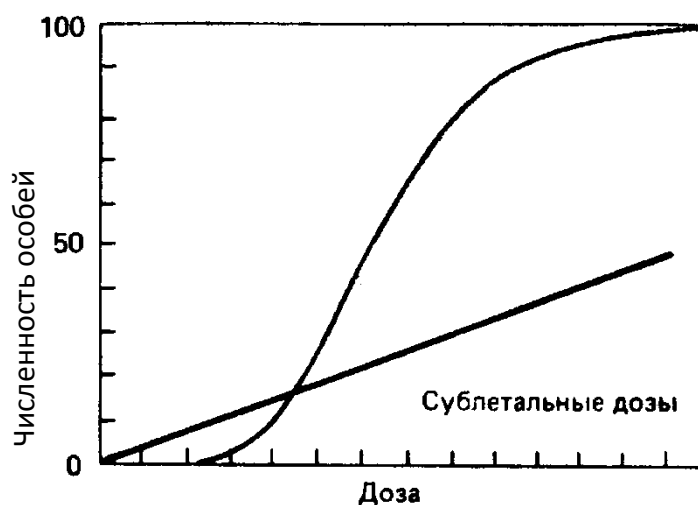


Рис. 2. Кривые зависимости доза – воздействие

Изучение зависимости числа погибших особей от полученной дозы радиации показывает, что существует порог, ниже которого особи кажутся не пострадавшими. Дозы ниже этого порога называются сублетальными (см. рис. 2), однако их нельзя считать безвредными.

Сублетальные дозы оказывают очень значительные соматические и генетические воздействия. В этом смысле в радиобиологии

принято различать воздействия сильного, но кратковременного облучения и воздействия длительного или даже постоянного облучения слабыми дозами. Последний случай является предметом изучения экологов, поскольку со слабым облучением связана чаще всего опасность радиоактивного заражения окружающей среды.

Облучение сублетальными дозами ионизирующей радиации имеет такие последствия:

- 1) ослабляет облученный организм, уменьшает его жизнедеятельность (замедление роста, снижение иммунитета организма);
- 2) влияет на демоэкологические характеристики популяции (снижает долголетие и прирост популяции);
- 3) различными способами поражает гены;
- 4) частично оказывает кумулятивное действие, вызывая необратимые эффекты.

Экспериментальное облучение многочисленных видов растений и животных организмов обнаружило большие вариации значений ЛД₅₀ и огромные колебания чувствительности организмов к облучению. Часовая доза радиации, смертельная для 50 % организмов, составляет 400 бэр для человека, 1000 – 2000 – для рыб и птиц, 1000 – 150 тыс. – для растений и 100 тыс. бэр – для насекомых.

Чувствительность организмов к облучению тем больше, чем выше их организация. Следовательно, наиболее подвержен воздействию радиации человек.

Воздействие радиации на человека зависит от многих факторов: от дозы и ее мощности, т.е. одна и та же доза, но растянутая во времени, оказывает меньшее повреждающее действие, чем единовременная мощная доза; возраста (наиболее подвержены воздействию радиации люди в возрасте до 25 лет); чувствительности к радиации различных органов человеческого тела (наибольшей восприимчивостью обладают кроветворные органы, эпителий кишечника, кожи и сперматогенный эпителий, менее чувствительны мышечная и костная ткани) и т.д.

7. Экологические последствия радиационного загрязнения окружающей среды

Экологическое значение изотопов различно. Радиоактивные вещества с коротким периодом полураспада (менее двух суток) не представляют большой опасности для биотопов (за исключением взры-

вов), так как сохраняют высокий уровень радиации непродолжительное время. С другой стороны, вещества с очень длинным периодом полураспада (уран-238) также не очень опасны, поскольку они в единицу времени испускают очень слабое излучение.

Таким образом, наиболее опасными радиоактивными элементами являются те, у которых период полураспада изменяется от нескольких недель до нескольких лет. Этого времени достаточно для того, чтобы упомянутые элементы смогли проникнуть в различные организмы и накопиться в пищевых цепях.

Следует отметить, что при одинаковом уровне загрязнения экосистемы радиоактивными веществами более опасными для биоценоза считаются изотопы элементов, которые являются основными слагаемыми живого вещества (С-14, Р-326, Са-45, J-131 и т.д.). Менее опасны редко встречающиеся радиоактивные вещества, которые слабо или совсем не поглощаются живыми организмами (например инертный газ радон).

Большую опасность представляют изотопы, по своим химическим свойствам похожие на элементы, активно поглощаемые живыми организмами. Например, стронций-90 (похож на кальций) и цезий-137 (похож на калий) являются наиболее опасными изотопами, которые могут отравить окружающую среду, попав в нее в виде отходов атомной промышленности или при выпадении радиоактивных осадков, последовавших за ядерным взрывом в атмосфере. Стронций из-за сходства с кальцием легко проникает в костную ткань позвоночных, тогда как цезий накапливается в мускулах, замещая калий. Так как периоды полураспада этих элементов соответственно равны 28 и 33 годам, они остаются в зараженном организме и могут накапливаться в количествах, способных причинить ущерб здоровью.

Поскольку не существует каких-либо биологических или химических способов ускорить процесс радиоактивного распада, борьба с радиационным загрязнением должна носить предупредительный характер.

8. Задания

1. Определить мощность полевой эквивалентной дозы гамма-излучения с помощью дозиметра АНРИ-01-02. Порядок работы с прибором изучить по инструкции. Трижды провести измерения в помещении и на улице (в каждой точке замеры проводят как минимум три раза) и вычислить в обоих случаях среднее арифметическое зна-

чение. Исходя из полученных данных, рассчитать, какую дозу получит человек за всю жизнь (за 70 лет, в бэрах), соответствует ли она допустимым нормам.

2. Согласно инструкции к дозиметру измерить загрязненность поверхностей бета-излучающими радионуклидами образцов химических солей, содержащих K^+ , выданных преподавателем. Рассчитать процентное содержание калия в них. Построить график зависимости плотности потока бета-частиц от процентного содержания калия. Объяснить полученные результаты.

9. Порядок работы прибора

1. Измерение мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения.

Плотно закройте заднюю крышку прибора.

Переведите переключатель режима работы прибора МД в крайнее левое положение.

Включите прибор, нажав кнопку «пуск/стоп». При этом на цифровом табло должны появиться точки после каждого разряда: 0.0.0.0.

Через несколько секунд измерение закончится, что будет сопровождаться звуковым сигналом, а на цифровом табло фиксируется число с одной запятой, например 0,012.

Это показание прибора будет соответствовать мощности экспозиционной дозы гамма-излучения, измеренной в миллирентгенах в час (мР/ч). В пересчете на мощность полевой эквивалентной дозы гамма-излучения 0,12 мкЗв/ч.

Для снижения погрешности измерения снятие показаний прибора необходимо произвести в 3 – 5-кратной повторности. Для этого, не выключая прибор, нажмите кнопку «пуск/стоп».

Все снятые показания записывают в тетрадь. Для получения конечного результата находят среднее арифметическое значение снятых показаний.

Исходя из полученного значения сделать расчет мощности полевой эквивалентной дозы гамма-излучения, которую может получить человек в среднем за 70 лет жизни. Сравнить это значение с допустимой величиной, приведенной в теоретической части, и сделать вывод.

2. Измерение плотности потока бетта-излучения с загрязненной поверхности.

Плотно закройте заднюю крышку прибора.

Переведите переключатель режима работы прибора МД в крайнее левое положение.

Положите прибор плоскостью задней крышки к исследуемой поверхности (на стол без исследуемых солей) и нажмите кнопку «пуск/стоп». Выполнить измерения и записать показания прибора в тетрадь ($\phi_{\text{ф}}$ – фоновое значение).

Откройте заднюю крышку прибора.

Выполните измерение с открытой задней крышкой аналогично предыдущему. Запишите показания прибора ($\phi_{\text{ф}} + \phi_{\text{с}}$) – значение плотности потока бетта-излучения соли в сумме с фоновым значением.

Для снижения погрешности измерения снятие показаний прибора необходимо произвести в 3 – 5-кратной повторности. Для этого, не выключая прибор, нажмите кнопку «пуск/стоп».

Для получения конечного результата находят среднее арифметическое значение снятых показаний (фоновое значения и соли).

Закройте заднюю крышку прибора, выключите прибор.

Величину плотности потока бетта-излучения с поверхности вычислите по формуле

$$\phi_{\text{с}} = K_{\text{с}} ((\phi_{\text{ф}} + \phi_{\text{с}}) - (\phi_{\text{ф}})), \text{ 1/см}^2\text{мин},$$

где $K_{\text{с}}$ – коэффициент счета прибора = 1.

По полученным данным построить график зависимости плотности потока бетта-излучения от процентного содержания калия в исследуемых солях. На основании построенного графика сделать вывод.

Контрольные вопросы

1. Что такое радиоактивность и ионизирующее излучение?
2. Как подразделяют ионизирующие излучения по природе образования?
3. Какие излучения относятся к фотонным и корпускулярным?
4. Что означает понятие период полураспада?
5. В чем различие между эффективной и эквивалентной дозами излучений?
6. Каковы естественные и антропогенные источники ионизирующих излучений?

7. Как подразделяют уровни облучения человека в различных условиях?

8. На какие группы можно подразделить воздействия ионизирующей радиации на живые организмы?

9. Что означают понятия: летальная доза, сублетальная доза и ЛД₅₀?

10. Какое воздействие на окружающую среду оказывает радиационное загрязнение?

11. Какие изотопы, поглощаемые из окружающей среды, представляют наибольшую опасность для живых организмов?

Лабораторная работа 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕАКЦИИ ПОЧВЕННОГО РАСТВОРА

1. Общие теоретические сведения

Почва – это поверхностный слой земной коры, который образуется и развивается в результате взаимодействия растений, животных, микроорганизмов, горных пород и является самостоятельной экосистемой.

Почва характеризуется разнообразием биохимических и геохимических процессов. В почве содержатся химические элементы, характерные для геологического развития данного района. Под влиянием жизнедеятельности животных и растительных организмов эти химические элементы энергично перераспределяются. В результате почва представляет собой сложную, многофазную и многокомпонентную систему, содержащую в тех или иных количествах все химические элементы таблицы Д. И. Менделеева (табл. 1).

Таблица 1

Средний состав литосферы и почв (в процентах)

Элементы	Литосфера (А. П. Виноградов, 1962)	Почва (А. П. Виноградов, 1957)
O	47,00	49,00
Si	29,50	33,00
Al	8,05	7,13

Окончание табл. 1

Элементы	Литосфера (А. П. Виноградов, 1962)	Почва (А. П. Виноградов, 1957)
Na	2,50	0,63
Fe	4,65	3,80
Ca	2,96	1,37
Mg	1,87	0,60
K	2,50	1,36
Ti	0,45	0,46
C	0,0023	2,00
P	0,093	0,09
N	0,0019	0,10
Mn	0,10	0,085
S	0,047	0,085
F	0,065	0,02
Cl	0,017	0,01
Ba	0,065	0,05
Sr	0,034	0,03
Cr	0,0083	0,02
V, Zr	0,0017	0,03
Ni, Cu, Li, Zn, Ce, Nb, Co, Y, La, Pb, Th	Содержатся в количестве тысячных долей процента каждый	
Остальные химиче- ские элементы	Содержатся в количестве меньше тысячной доли процента каждый	

Различные химические элементы неодинаково ведут себя при почвообразовании. Так, например, кальций и калий, содержание которых в почвах планеты в целом примерно одинаково, обнаруживают различную подвижность в процессе почвообразования. Большая часть кальция активно участвует в почвообразовании, в то время как калий активного участия в этом процессе не принимает.

В качестве основных элементов питания растения поглощают из почвы азот, калий, кальций, магний, железо, серу, фосфор. При этом установлено, что растения могут нормально развиваться только при достаточном количестве всех элементов питания. Для растений имеет

значение подвижная часть массы химических элементов, которая может быть ими усвоена. Содержание таких подвижных форм элементов, доступных растениям, невелико по сравнению с общим количеством элементов питания, поэтому некоторые элементы вносятся в почву дополнительно в виде удобрений для повышения урожайности культурных растений. Для нормального развития растений необходимо не только достаточное количество элементов питания, но и их определенное соотношение между собой. Повышенная концентрация какого-либо элемента может нарушать развитие растений. Например, повышенная концентрация кальция ведет к заболеванию картофеля паршой, чего можно избежать, внося в почву калий.

В составе почвы можно выделить несколько групп (помимо воды) химических соединений:

- устойчивые частицы исходной почвообразующей породы – различные минералы и обломки пород;
- соединения, возникшие в процессе почвообразования (перегной, гумус и различные неорганические соединения).

Неорганические соединения представлены преимущественно солями (карбонатами, сульфатами, хлоридами, нитратами, фосфатами) кальция, натрия, калия, магния и алюминия. Кроме того, к ним относятся также гидроксиды железа и марганца (отчасти кремния и алюминия) и вторичные силикаты.

К этой же группе относятся химические элементы, не образующие самостоятельных соединений, а находящиеся в почве в своеобразном поглощенном состоянии.

При химическом анализе почв широко применяют различные вытяжки – кислотные, солевые и водные. Вытяжкой из почвы называют сумму соединений, растворимых в растворителе, которым воздействуют на почву. Растворителем могут служить вода, а также растворы щелочей, кислот и солей.

По степени растворимости можно выделить следующие группы химических соединений почвы:

1. *Легкорастворимые соединения.* Сюда относятся хлориды натрия, магния и кальция; бикарбонаты натрия, кальция и магния; карбонаты натрия; сульфаты натрия и магния; нитраты, нитриты и некоторые другие. Соединения этой группы легко растворяются в дистиллированной воде. В табл. 2 приведены данные о растворимости

некоторых распространенных в почве солей. Кроме перечисленных минеральных солей, в воде растворяются некоторые органические соединения (водорастворимая часть гумуса).

2. *Среднерастворимые соединения* плохо растворяются в воде, но хорошо – в слабых растворах кислот. К этой группе относятся карбонаты кальция и магния, сульфаты кальция и частично гидроксиды железа. Эти соединения растворяются в воде в 1000 раз более хуже легкорастворимых соединений. Карбонаты кальция и магния и сульфат кальция хорошо растворяются в соляной кислоте (концентрация 5 – 10 %); большая концентрация кислоты отрицательно сказывается на растворимости сульфата кальция. Гидроксиды железа растворяются в 5 – 10-процентной соляной кислоте с большим трудом, чем карбонаты и сульфаты.

3. Некоторые химические соединения не растворяются ни в воде, ни в слабых кислотах, но хорошо растворяются в щелочах. Примером подобных соединений являются гуминовые кислоты и их соли, аморфный оксид кремния и некоторые другие образования. Эти соединения обычно растворяются 10-процентным раствором соды Na_2CO_3 или однонормальным раствором NaOH (едкого натра).

Таблица 2

Растворимость некоторых химических соединений

Соли	Концентрация, г/л
Легкорастворимые	
NaCl	264,9
MgCl_2	353,0
CaCl_2	427,0
Na_2SO_4	161,0
MgSO_4	262,0
Na_2CO_3	178,0
Среднерастворимые	
CaSO_4	2,0
CaCO_3 (в зависимости от содержания CO_2 в атмосфере)	0,06 – 0,09

В ряде случаев почву разлагают сплавлением небольших навесок с карбонатами, обработкой плавиковой кислотой или мокрым сожжением другими кислотами (смесь соляной и азотной кислот, смесь азотной и серной кислот).

Большинство анализов проводят с образцами почвы в воздушно-сухом состоянии, измельченными в ступке и просеянными через сито с отверстиями 1 мм в диаметре. Для этого образец почвы 500 – 1000 г распределяют тонким слоем на листе бумаги и высушивают на воздухе в чистом и сухом помещении. Крупные кусочки почвы раздавливают руками и удаляют корни, камни и др. Органические остатки удобно извлекать наэлектризованной стеклянной палочкой, к которой они прилипают. Часть образца взвешивают на технических весах для последующего отбора средней пробы. Для некоторых видов анализа нужны образцы почвы, только что взятые в поле без предварительного подсушивания, например при определении нитратов. Среднюю пробу лучше брать квартованием. Просеянную пробу хранят в банках с притертой пробкой, картонных коробках или бумажных пакетах.

Для приготовления водной вытяжки 100 г почвы переносят в широкогорлую склянку вместимостью 750 – 1000 мл, приливают пятикратный объем дистиллированной воды, свободной от углекислого газа. Склянку закрывают пробкой и взбалтывают 5 мин. При исследовании засоленных почв проводят взбалтывание в течение двух часов с последующим отстаиванием в течение суток или только взбалтыванием в течение шести часов. Вытяжку фильтруют через воронку диаметром 15 см с помещенным в нее большим складчатым фильтром. Фильтрат должен быть прозрачным.

Водная вытяжка дает представление о содержании в почве водорастворимых органических и минеральных веществ, состоящих преимущественно из простых солей. Соли, растворимые в воде, могут быть вредны. По степени вредности их располагают в следующем порядке: $\text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{NaHCO}_3 > \text{NaCl} > \text{CaCl}_2 > \text{Na}_2\text{SO}_4 > \text{MgCl}_2 > \text{MgSO}_4$. Содержание Na_2CO_3 (даже 0,005 об. долей %) вызывает гибель растений в засоленной почве. В кислых заболоченных и торфяноболотных почвах вредным для растений является избыточное содержание водорастворимых соединений железа (II), марганца, алюминия. Анализ водных вытяжек при выявлении причины засоления почв дополняют анализом грунтовых вод. В табл. 3 дана классификация почв по содержанию токсичных солей.

Таблица 3

Классификация почв по содержанию токсичных солей

Степень засоления	Тип засоления (массовые доли %)			
	Хлоридный	Сульфатно-хлоридный	Содово-хлоридный и хлоридно-содовый	Содово-сульфатный и сульфатно-содовый
Незасоленные почвы	0,03	0,05	0,1	0,15
Слабозасоленные почвы	0,10 – 0,30	0,05 – 0,12	0,10 – 0,15	0,13 – 0,20
Среднезасоленные почвы	0,10 – 0,30	0,12 – 0,35	0,15 – 0,30	0,25 – 0,35
Очень сильно засоленные почвы	0,60	0,70	0,50	0,60

Важнейшим свойством почвы является плодородие, т.е. способность обеспечивать рост и развитие растений. Это свойство представляет исключительную ценность для жизни человека и других организмов. Почва – составная часть биосферы и энергии в природе, поддерживает газовый состав атмосферы, в ней непрерывно происходят синтез и разрушение органического вещества, круговорот элементов зольного и азотного питания растений, детоксикация поступающих вредных веществ. Основная масса почвы представлена минеральными веществами почвообразующих пород, преобразованных в результате выветривания и почвообразования. Поступающие в почву органические вещества (их источником являются отмершие части растений, остатки животной массы и продуктов их жизнедеятельности, органические удобрения) под воздействием почвенной микрофлоры подвергаются процессам минерализации и гумификации.

Минерализация – окисление органического вещества до конечных продуктов разложения (CO_2 , H_2O) и простых минеральных солей.

Гумификация – совокупность биохимических и физико-химических процессов превращения органических остатков в гумусовые вещества – гумус.

Гумус – специфическое высокомолекулярное органическое вещество кислотной природы, образующееся в результате биохимического разложения растительных и животных остатков, которое накапливается в верхнем слое почвы. Главный источник питания растений.

В гумусе также накапливаются микроэлементы. В процессе эксплуатации почв количество гумуса уменьшается, поэтому необходимо вносить различные удобрения.

К основным свойствам и режимам почв, определяющим почвенное плодородие, относят:

- 1) химический состав, который влияет на питательный режим и реакцию среды;
- 2) физические свойства (пористость, водные свойства);
- 3) тепловые условия, характеризующиеся суммой температур выше 10 °С на глубине 0 – 20 см, длительностью вегетационного периода, глубиной промерзания почв;
- 4) биологические свойства, характеризующиеся уровнем активности микроорганизмов, участвующих в процессах гумификации.

Вода в почве представляет собой почвенный раствор, который содержит минеральные и органические соединения и участвует в процессах почвообразования, перемещения веществ по профилю, является источником минерального питания растений, оказывает влияние на свойства почвы.

Буферность почвы – способность почвы противостоять резким изменениям активной реакции почвенного раствора (суглинистые, глинистые и более богатые гумусом почвы обладают большей буферностью, чем легкие и малогумусные, а внесение органических удобрений повышает буферные свойства почвы).

2. Порядок выполнения работы

Вариант 1

Определите кислотность почвы с помощью биоиндикаторов по таблице.

Биоиндикаторы кислотности почв

Почва	Биоиндикаторы
Кислые (рН меньше 5,0)	Белоус, щавель малый, хвощ, клюква, вереск, сфагнум, зеленые мхи, голубика
Слабокислые (рН 5,1 – 5,5)	Ромашка непахучая, манжетка, веник ланцетный, лютик едкий, погребок
Нейтральные, близкие к нейтральным (рН 5,5 – 7,0)	Овсяница луговая, борщевик сибирский, тимopheвка луговая, клевер луговой, лисохвост луговой
Щелочные рН > 7,0	Бузина сибирская, горчица, очиток едкий, бересклет бородавчатый, мать-и-мачеха

Вариант 2

Определите кислотность почвы с помощью рН-метра или тест-индикатора:

1) небольшое количество почвы размешать с дистиллированной водой и затем провести определение величины рН при помощи универсального индикатора с точностью до 1;

2) часть почвы взболтать с 2 – 3 частями дистиллированной воды, дать смеси отстояться. К 5 см³ смеси добавить 1 – 2 капли универсального индикатора; полученный цвет сравнить со шкалой.

Примечание. Индикатор можно приготовить самостоятельно, для чего взять 4 части 1-процентного спиртового раствора бромметилового синего, 6 частей насыщенного спиртового раствора метилового красного. Зависимость цвета раствора от рН: рН = 4 – карминово-красный; рН = 5 – киноварно-красный; рН = 6 – желто-оранжевый; рН = 7 – салатно-зеленый; рН = 8 – зеленовато-синий.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные биоиндикаторы кислотности почв?
2. Назовите основные биоиндикаторы кислотности для кислых, слабокислых, нейтральных и щелочных почв.
3. Как определить кислотность почвы с помощью рН-метра или тест-индикатора?

Лабораторная работа 9

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ (CaCO₃) В ПОЧВЕ

Качественное определение: нанести небольшое количество 10-процентной соляной кислоты на почву и пронаблюдать за происходящей реакцией. Для определения содержания CaCO₃ в почве использовать таблицу.

Определение содержания CaCO_3 в почве

Почва	CaCO_3 , %	Звуковые эффекты	Визуальные проявления
Некарбонатная	Меньше 0,5	Нет	Нет
Очень слабокарбонатная	0,5 – 1,0	Едва слышны	Нет
Слабокарбонатная	1,0 – 2,0	Умеренно слышны	Едва видимое слабое вскипание
Умеренно карбонатная	2,0 – 5,0	Отчетливо слышны	Вскипание хорошо заметно
Карбонатная	5,0 – 10,0	Легко слышны	Умеренное вскипание, пузырьки размером 3 мм
Сильнокарбонатная	Больше 10	Легко слышны	Сильное вскипание, пузырьки легко различимы, крупные

Количественное определение (одним из приведенных ниже способов).

Первый способ. В колбе взвесить 25 г почвы, добавить 10 г 10-процентной HCl . По окончании реакции колбу взвесить. Потеря веса относится к CO_2 . Для вычисления CaCO_3 полученную величину следует умножить на $25/11 \approx 2,27$. Результат выразить в процентах к весу почвы.

Второй способ. 20 – 25 г почвы и пробирку с 10 см³ 10-процентной HCl поместить в плотно закрытую склянку, присоединенную к объемомеру газа. Реакцию вызвать путем взбалтывания. Количество CaCO_3 вычисляют по объему вытесненного CO_2 (по формуле газового состояния, стандартной кривой).

Контрольные вопросы

1. Какими методами можно определить содержание карбоната кальция (CaCO_3) в почве?
2. Каковы визуальные проявления и звуковые эффекты определения содержания $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ в почве?
3. Каковы количественные методы определения содержания карбоната кальция в почве?

Лабораторная работа 10

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

Один из способов определения плодородия почв – использование биоиндикаторов плодородия (см. таблицу).

Биоиндикаторы луга и леса

Плодородие	Биоиндикаторы	
	Луг	Лес
Очень высокое	Чина луговая, костер безостый, таволга, осока лисья	Малина, крапива, иван-чай, таволга, копытень, кислица
Среднее (умеренное)	Овсяница луговая, лисохвост луговой, купальница, вероника длиннолистная	Майник двулистный, медуница, грушанка, гравилат речной
Низкое	Кошачья лапка, белоус, ситник	Сфагновые мхи, черника, брусника, наземные лишайники

Контрольные вопросы

1. Какова функциональная роль почвы в экосистемах?
2. Каковы основные причины деградации земельных ресурсов?
3. К каким последствиям приводит загрязнение почв?
4. Как качественно определить содержание карбоната кальция в почве?
5. Как количественно определить содержание карбоната кальция в почве?
6. Каковы основные биоиндикаторы луга и леса?
7. Как определить кислотность почвы?
8. Каков средний состав литосферы и почв?
9. Какие элементы питания растений можно назвать основными?
10. Как приготовить водную вытяжку?
11. Что определяет почвенное плодородие?
12. Каковы визуальные проявления и звуковые эффекты определения содержания $\text{Ca}(\text{CO}_3)$ в почве?

ЗАДАЧИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Задача 1. Два цеха направляют сточные воды в общий коллектор. Первый сток ($20 \text{ м}^3/\text{мин}$) содержит хлорид кальция с массовой концентрацией $0,733 \text{ г/л}$, а второй сток ($10 \text{ м}^3/\text{мин}$) – сульфат калия с концентрацией $1,185 \text{ г/л}$. Определите, будет ли (да, нет) при 25°C происходить засорение коллектора осадком.

Задача 2. Промышленные стоки некоторого предприятия содержат серебро (в виде ионов Ag^+). Перед их сбросом проводится осаждение AgCl при 25°C и концентрации ионов Cl , равной $0,001 \text{ моль/л}$ (предельно допустимое содержание ионов Cl в пресной воде). Какая масса (г) серебра рассеивается в окружающую среду за год работы этого предприятия, если дебит сброса 1000 л/сут ? Эффективен ли данный способ очистки?

Задача 3. В каком объемном соотношении необходимо смешать кислотные стоки, содержащие $4,9 \text{ кг/м}^3$ серной кислоты, и щелочные стоки объемом 56 кг/м^3 для их взаимной нейтрализации?

Задача 4. Предприятие сбрасывает азотнокислые стоки в количестве $150 \text{ м}^3/\text{сут}$, содержащие $6,3 \text{ кг/м}^3$ азотной кислоты. Какое количество извести необходимо для нейтрализации кислотных стоков? Товарный продукт содержит 50% CaO .

Задача 5. Сточные воды содержат $7,4 \text{ кг/м}^3$ Ca(OH)_2 , объем стоков составляет 20 м^3 . Какой объем соляной кислоты, концентрация которой равна 7 г/л , требуется для их полной нейтрализации?

Задача 6. Сточные воды, содержащие хлорид железа (III), обрабатывают $0,1 \text{ н}$ раствором NaOH . Объем щелочи равен 50 м^3 . Вычислить, сколько килограммов гидроксида железа перейдет в осадок.

Задача 7. Сточные воды одного из цехов содержат $12,6 \text{ кг/м}^3$ хлорида марганца. Объем стоков равен 200 м^3 . Для осаждения марганца используется 1 н раствор щелочи. Определить объем раствора щелочи, необходимый для осаждения марганца.

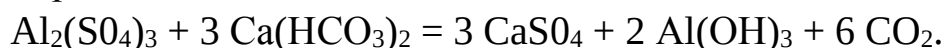
Задача 8. Сточные воды травильного цеха содержат $4,9 \text{ г/л}$ серной кислоты и $7,6 \text{ г/л}$ сульфата железа (II). Определить необходимое для нейтрализации кислоты и осаждения железа количество извести (CaO), учитывая, что в товарном продукте содержится 50% оксида кальция. Обработке подвергается 400 м^3 сточных вод.

Задача 9. При анализе сточной воды к пробе объемом 100,0 мл³ добавили 25,00 мл 0,02 М BaCl₂ (K = 0,9816) при нагревании. Избыток хлорида бария оттитровали в присутствии аммонийного буфера, содержащего комплексопат магния и эриохром черный Т, затратив 17,00 мл 0,02 М ЭДТА (K = 1,018). Вычислить концентрацию ионов SO₄²⁻ (г/л).

Задача 10. На химкомбинате в резервуар с питьевой водой высыпалось из плохо упакованного пакета 3,5 кг гидроксида бария, полностью перешедшего в раствор. Специалисты СЭС предложили очистить питьевую воду с помощью серной кислоты. Какую массу серной кислоты необходимо взять, если имеется 60-процентный раствор?

Задача 11. С целью обнаружения фенола в промышленных сточных водах используют его способность образовывать окрашенные комплексные соединения с некоторыми неорганическими веществами. Назовите эти вещества. Приведите примеры производств, сбрасывающих в воду отходы, содержащие фенол. Как его можно обезвредить?

Задача 12. При очистке воды проводят коагуляцию коллоидных примесей добавлением к воде сульфата алюминия. Образующийся хлопьевидный гидроксид алюминия вызывает осаждение коллоидных частиц. Объясните образование гидроксида алюминия в результате реакции, происходящей в жесткой воде:



Задача 13. Общая жесткость волжской воды равна 6,52 ммоль/л, а временная – 3,32 ммоль/л. Какую массу Ca(OH)₂ и MgCO₃ надо взять, чтобы устранить жесткость 5 л воды?

Задача 14. Общие требования к составу и свойствам водных объектов хозяйственно-питьевого водопользования (ГОСТ 17.1.1.01-77) включают в себя следующие показатели качества, такие как:

- а) реакция среды не должна выходить за пределы pH 6,5 – 8,5;
- б) минеральный состав (в том числе хлоридов не более 350 мг/л, сульфатов не более 500 мг/л по сухому остатку);
- в) содержание взвешенных веществ, плавающих примесей и ряд других.

Освобождение воды от придающих ей мутность и окраску грубодисперсных и коллоидных примесей, физико-химические свойства которых не позволяют их удалить методом безреагентного отстаивания или фильтрования, проводят методом коагуляции. Примеси, содержащиеся в воде, коагулируют добавлением к ней минеральных солей, дающих при диссоциации катионы с большим положительным зарядом (так называемые коагулянты). Процесс, который известен под названием «коагулирование воды», состоит из трех стадий: образования разбавленных золь (коллоидных растворов) труднорастворимых соединений катионов; взаимодействия этих золь с коллоидными и взвешенными частицами самой воды; процесса хлопьеобразования и удаления из воды образовавшихся агрегатов. В качестве коагулянтов применяют в основном соли алюминия и железа. Сульфат алюминия – один из наиболее часто используемых коагулянтов, так как добывается в природе в виде глинозема сернокислого неочищенного. Однако использование его имеет ряд недостатков: наличие нерастворимых примесей и обогащение воды сульфат-ионами, которые не удаляются из нее даже при кипячении.

1. Какие трудно растворимые соединения алюминия образуют золи, если использовать в качестве коагулянта сульфат алюминия? Напишите уравнения реакций образования этих соединений.

2. Оцените, при каких значениях pH достигается полнота осаждения соединений, указанных вами в п. 1. Ответ обоснуйте.

3. Почему процесс образования труднорастворимых соединений замедляется и происходит неполно?

4. Предложите не менее двух принципиально различных методов, каким образом, не отказываясь от использования для коагуляции воды ионов алюминия, избежать обогащения воды какими-либо анионами. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе предложенных вами методов, и укажите условия.

Задача 15. Оцените качество воды проб № 1340 – р. Амур и № 1341 – ГОСВ (городские очистные сооружения водопровода). Дата и время отбора: проба № 1340 – 19.05.06 г. в 10.00, проба № 1341 – 19.05.06 г. в 11.00. Дата и время доставки: проба № 1340 – в 10.30, проба № 1341 – в 11.30 (см. таблицу).

Пробы воды реки Амур

Показатели	ПДК для питьевой воды (СанПиН 2.1.4.1074-01)	Предел обнаружения	Проба № 1340 р. Амур	Проба № 1341 (после ГОСВ)
Бензол, мг/л	0,01	0,005	Меньше 0,005	0,005
Толуол, мг/л	0,5	0,005	Меньше 0,005	Меньше 0,005
Пестициды (гексахлорбензол), мг/л	0,001	0,00005	Меньше 0,00005	Меньше 0,00005
Фенолы летучие, мг/л	0,001	0,0005	0,0009	Меньше 0,0005
Железо, мг/л	0,3	ОД	2,0	Меньше 0,10
Нитраты, мг/л	45	0,1	1,5	1,4

Задача 16. ПДК хлора в питьевой воде 0,5 мг/л. В источнике А оказалась концентрация хлора 0,9 мг/л, а в источнике Б – 0,2 мг/л. Какую воду пить можно, а какую нельзя?

Задача 17. Вычислите общую, карбонатную и некарбонатную жесткости воды, если на титрование двух ее проб по 100 мл каждая израсходовано: на первую – 8,2 мл 0,05 н раствора трилона Б, на вторую – 2,8 мл 0,1 н HCl.

Задача 18. В 10 л воды содержится 0,41 г $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и 0,91 г MgSO_4 , определите карбонатную, некарбонатную и общую жесткость воды.

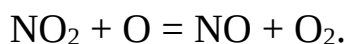
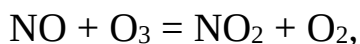
Задача 19. Насколько понизится жесткость воды (кальциевая), если к 3 м³ прибавить 477 г Na_2CO_3 ?

Задача 20. Какую массу негашеной извести следует прибавить к 10 л воды для устранения временной жесткости, равной 5 мэкв/л? Напишите уравнение реакции.

Задача 21. Рассчитайте общую жесткость минеральной воды, содержащей 70 мг/дм³ Ca^{2+} и 36 мг/дм³ Mg^{2+} .

Задача 22. В 1 м³ воды содержится 140 г сульфата магния. Вычислите жесткость этой воды.

Задача 23. Космический корабль выбрасывает в атмосферу 7 т оксидов азота. Одна молекула оксида азота уничтожает десять молекул озона. Взаимодействие идет по реакциям:



Рассчитайте, сколько тонн озона уничтожит такой выброс оксидов азота, если в реакциях участвуют все выброшенное кораблем вещество.

Задача 24. На нефтеперерабатывающем заводе произошёл аварийный сброс нефтепродуктов в количестве 500 кг в ближайшее озеро. Выживут ли рыбы, обитающие в озере, если известно, что примерная масса вода равна 10 000 т, а токсическая концентрация нефтепродуктов для рыб составляет 0,05 мг/л?

Задача 25. Самым дешёвым веществом, снижающим кислотность растворов, является известняк CaCO_3 . Рассчитайте, какое минимальное количество его потребуется для обработки 1000 м³ сточной воды с рН = 4, направляемой на биоочистку, если оптимальное значение рН для деятельности бактерий составляет 6 – 7 единиц.

Задача 26. По имеющимся данным при жарке 1 кг мяса в воздух попадает 190×10^{-6} мг/м³ бенз(а)пирена, 100 г полукопченой колбасы содержит от 120 до 450×10^{-6} мг/м³, окорока – до 3000×10^{-6} мг/м³, а с одной сигаретой человек вдыхает до 80×10^{-6} мг/м³ бенз(а)пирена, который всегда сопутствует копченым и жареным продуктам. Оцените объем кухни в вашем доме. Какая концентрация бенз(а)пирена может быть на кухне при жарке 1 кг мяса? Какие меры следует предпринять, чтобы уменьшить концентрацию? Какие виды кулинарной обработки продуктов более предпочтительны во избежание канцерогенной опасности? Сопоставьте ориентировочно канцерогенную опасность, связанную с поступлением бенз(а)пирена в организм при питании, курении и пребывании на перекрестке с интенсивным движением.

Задача 27. Вашему предприятию требуется определить класс опасности для сухих золошлаковых отходов следующего состава: порообразующие – SiO_2 (63,6 %), Al_2O_3 (18,6 %), MgO (2,1 %), K_2O (1,1 %), Na_2O (0,5 %), ангидрит CaSO_4 (2,2 %), оксиды железа (0,9 %), углерод С (10,9 %); микроэлементы – ванадий (187 мг/кг), кадмий (1,5 мг/кг), кобальт (15 мг/кг), марганец (430 мг/кг), медь (64 мг/кг), мышьяк (51 мг/кг), никель (57 мг/кг), ртуть (0,2 мг/кг), свинец (13 мг/кг), хром (100 мг/кг), цинк (49 мг/кг). Самостоятельно найдите методики и рассчитайте.

Задача 28. Отходы вашего предприятия состоят из компонентов: CuO (28 %), Cr_2O_3 (14 %), CaSO_4 (58 %). Определите класс опасности на основе известных методик.

Задача 29. Предприятие, расположенное в Российской Федерации (см. таблицу), отводит запылённые выбросы через вентиляционную шахту высотой H с диаметром устья D . Объём выбрасываемого воздуха $V = 2000 \text{ м}^3/\text{ч} = 5,55 \text{ м}^3/\text{с}$, предельно-допустимая концентрация пыли в атмосферном воздухе составляет $\text{СПДК} = 0,5 \text{ мг}/\text{м}^3$ (пыль нетоксичная). Очистка воздуха в пылеулавливающих установках составляет менее 75 % ($E = 3$). Фонового загрязнения вокруг предприятий нет. Определите величину предельно допустимого выброса в соответствующую предельно допустимую концентрацию пыли в устье выбросной шахты.

Исходные данные для задания

	Регионы	H	D , м	Очистка, %	V , $\text{м}^3/\text{с}$	СПДК, $\text{мг}/\text{м}^3$	Сф, $\text{мг}/\text{м}^3$
1	Средняя Азия	25	0,5	90	8,28	0,5	0,15
2	Казахстан	26	0,6	91	8,29	0,5	0,15
3	Нижнее Поволжье	27	0,7	92	8,30	0,5	0,15
4	Кавказ	28	0,8	93	8,31	0,5	0,15
5	Молдова	29	0,9	94	8,32	0,5	0,15
6	Украина	30	1,0	95	8,33	0,5	0,15
7	Кавказ	31	1,1	90	8,34	0,5	0,15
8	Урал	25	0,5	91	8,28	0,5	0,15
9	Среднее Поволжье	26	0,6	92	8,29	0,5	0,15
10	Молдова	27	0,7	93	8,30	0,5	0,15

ОБЩИЙ ТЕСТ ПО КУРСУ

1. Что понимают под термином "экология"?

- Степень загрязнённости окружающей среды.
- Науку о динамическом взаимодействии живых организмов друг с другом и окружающей средой.

2. Когда состоялась первая конференция ООН по охране окружающей среды и развитию?

- В 1967 г. в Бонне.
- В 1981 г. в Мадриде.
- В 1972 г. в Стокгольме.
- В 1975 г. в Осло.

3. Основным итогом 1-й конференции ООН по охране окружающей среды и развитию считается:

- констатация существования экологического кризиса;
- принятие стратегии "устойчивого развития" человечества;
- принятие Закона об охране окружающей среды;
- подписание конвенции о предотвращении разрушения озонового слоя Земли.

4. Вторая конференция ООН по окружающей среде и развитию состоялась:

- в 1992 г. в Рио-де-Жанейро;
- в 1993 г. в Лиме;
- в 1982 г. в Буэнос Айресе;
- в 1983 г. в Дрездене.
- в 1987 г. в Мехико;

5. Основным итогом 2-й конференции ООН по охране окружающей среды и развитию считается:

- констатация существования экологического кризиса;
- принятие стратегии "устойчивого развития" человечества;
- принятие Закона об охране окружающей среды;
- подписание конвенции о предотвращении разрушения озонового слоя Земли.

6. "Устойчивое развитие" человеческого общества – это:

- отсутствие прогресса;
- развитие без ущерба для будущих поколений;
- равенство смертности и рождаемости;
- компенсация роста населения за счет увеличения потребления природных ресурсов.

7. Модель "устойчивого развития" человечества предполагает равенство следующих приоритетов:

- экологических, политических, научных;
- экологических, экономических, социальных;
- экономических, военных, корпоративных;
- экономических, военно-политических, информационных.

8. Каков признак "неустойчивости" современной модели развития человечества?

- Деградация свойств окружающей среды.
- Неадекватность экономической системы целям устойчивого развития человечества.

- Несправедливость социальных структур общества.
- Всё перечисленное.

9. Выберите правильный вариант подписей к рисунку:

- обороноспособность, инвестиции, капитал;
- благосостояние, технологии, бизнес;
- экономика, экология, социология;
- ресурсы, политика, наука.

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ
ЧЕЛОВЕЧЕСТВА



10. Воздействуют ли живые организмы на окружающую среду?

- Да.
- Нет.

11. Распространяются ли законы экологии на человеческое общество?

- Да.
- Нет.

12. Экология не является комплексной наукой. Так ли это?

- Да.
- Нет.

13. Основной принцип экологии:

- Надо заботиться о природе.
- Надо заботиться о будущем человечества.
- Природа – наш дом.
- Всё связано со всем.

14. Впервые термин "экология" употребил:

- Ч. Дарвин в 1859 г.;
- Э. Геккель в 1866 г.;
- В. Вернадский в 1928 г.;
- Ж. Ламарк в 1802 г.

15. Особенностью экологии среди других наук является:

- забота о природе;
- учёт моральных принципов общества;
- системный подход;
- обеспокоенность за будущее человечества.

16. Биоценоз и экосистема – тождественные понятия?

- Да.
- Нет.

17. Биосфера – это:

- всё живое на Земле;
- вся поверхность суши и водоёмы до глубины 100 м;

- область распространения живых организмов на Земле;
- вся поверхность Земли и окружающее космическое пространство.

18. Скопление кальция в земной коре связано с реализацией функции живого вещества:

- газовой;
- концентрационной;
- энергетической;
- окислительно-восстановительной.

19. Согласно принципу эмерджентности экосистема обладает набором свойств, равным сумме свойств, входящих в неё подсистем. Так ли это?

- Да.
- Нет.

20. Благодаря каким особенностям живое вещество выполняет функции регулятора биосферы?

- Заключённой в живом веществе огромной энергии.
- Высокой скорости химических реакций.
- Способности к эволюционным изменениям.
- Всему перечисленному.

21. Продуценты и автотрофы – это одни и те же организмы?

- Да.
- Нет.

22. Консументы существуют за счёт фотосинтеза?

- Да.
- Нет.

23. Какое органическое вещество синтезируется в процессе фотосинтеза?

- Кислород.
- Фосфолипаза.
- Водород.
- Акролеин.
- Глюкоза.

24. КПД фотосинтеза в среднем составляет %:

- около 1;
- около 30;
- около 10;
- около 40.
- около 20;

25. Редуценты – это:

- грибы и бактерии;
- грибы, бактерии и насекомые;
- вирусы и бактерии;
- растения.

26. Редуценты и гетеротрофы это одни и те же организмы?

- Да.
- Нет.

27. Редуценты и сапрофиты это одни и те же организмы?

- Да.
- Нет.

28. Откуда берут энергию консументы?

- Непосредственно из солнечной энергии.
- Вырабатывают сами.
- Из употребляемого в пищу органического вещества.
- Из воды и воздуха.

29. Что такое "биогены"?

- Химические элементы, из которых состоят живые организмы.
- Отрезки молекулы ДНК, несущие наследственную информацию.
- Биологически активные вещества органического происхождения.

30. За счёт какого процесса клетки консументов получают энергию и биогены для жизнедеятельности?

- За счёт фотосинтеза.
- За счёт ядерного деления.
- За счёт клеточного дыхания.
- За счёт термоядерного синтеза.

31. Взаимодействие продуцентов, консументов и редуцентов в рамках экосистемы обеспечивает:

- круговорот вещества;
- круговорот вещества и энергии;
- круговорот энергии;
- круговорот вещества, энергии и информации.

32. Сколько трофических уровней может быть в экосистеме?

- Четыре.
- Двенадцать.
- Девять.
- Пятнадцать.

33. Доминантными в экологических сообществах называются виды:

- редко встречающиеся в биоценозе;
- сохраняющиеся при смене биоценоза;
- высокие растения и крупные животные;
- самые массовые;
- интродуценты.

34. Биомасса каждого последующего трофического уровня в наземной экосистеме составляет от предыдущего в процентах:

- 10;
- 50;
- 30;
- 60.

35. Чем сложнее трофическая сеть, тем экосистема устойчивее к воздействию возмущающих факторов. Так ли это?

- Да.

- Нет.

36. В пищевой цепи "растительный опад – личинка насекомого – лягушка – гадюка" детритофагом является:

- растительный опад;

- лягушка;

- личинка насекомого;

- гадюка.

37. Какой из перечисленных видов взаимодействия организмов относится к пищевым отношениям?

- Комменсализм.

- Конкуренция.

- Паразитизм.

- Мутуализм.

38. Совместное существование организмов двух разных видов, при котором один из партнеров или оба приобретают возможность выигрыша в борьбе за существование, называется:

- паразитизм;

- конкуренция;

- комменсализм;

- симбиоз.

39. Взаимоотношения между двумя видами, когда один вид получает преимущества за счет другого, не нанося ему никакого ущерба, называются:

- паразитизм;

- комменсализм;

- мутуализм;

- аменсализм.

40. Форма антибиоза, при которой один из совместно обитающих видов угнетает другой, не получая от этого ни вреда, ни пользы называется:

- паразитизм;

- комменсализм;

- мутуализм;

- аменсализм.

41. Взаимовыгодные отношения между видами организмов называются:

- паразитизмом;

- мутуализмом;

- хищничеством;

- нейтрализмом.

42. Относится ли конкуренция к пищевым отношениям?

- Да.

- Нет.

43. Как человечество воздействует на круговорот углерода?

- Никакого воздействия не происходит.

- Увеличивается скорость поглощения и уменьшается скорость выделения углекислого газа.

- Увеличивается скорость выделения и уменьшается скорость поглощения углекислого газа.

44. 49,90 % глобальной азотфиксации осуществляется:

- в атмосфере во время грозы;
- почвенными бактериями и сине-зелёными водорослями;
- во время пожаров;
- на заводах по производству азотных удобрений.

45. Атмосферный азот включается в круговорот азота благодаря деятельности:

- нитратных бактерий;
- хемосинтезирующих бактерий;
- азотфиксирующих бактерий;
- денитрифицирующих бактерий.

46. Последовательная смена одного биоценоза другим на определенной территории называется:

- сукцессией;
- биоритмом;
- редукцией;
- гомеостазом.

47. Как ещё называется закон лимитирующего фактора?

- Законом Шелфорда.
- Законом Либиha.
- Законом Маковского.
- Законом Быковского.
- Законом Вернадского.

48. Могут ли тяжелые металлы оказывать положительное действие на живые организмы?

- Да.
- Нет.

49. На организм действуют два фактора. Значение одного лежит в зоне комфорта, другого в зоне стресса. Каково будет общее самочувствие организма?

- Хорошее.
- Среднее.
- Плохое.

50. Совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе, называется:

- биотопом;
- биосферой;
- экологической нишей;
- экосистемой.

51. Сохранение биоразнообразия необходимо:

- для повышения продуктивности сельского хозяйства;
- разработки методов биологической борьбы с вредителями с/х;

- поиска новых лекарственных веществ;
- всего перечисленного.

52. Видовой состав экосистемы в процессе сукцессии:

- непрерывно меняется;
- остаётся неизменным.

53. Чем обусловлен механизм адаптации вида к изменениям окружающей среды?

- Выработкой новых условных рефлексов.
- Стабильностью генофонда и изменением поведения.
- Изменчивостью генофонда и естественным отбором.

54. Большая численность популяции – это фактор:

- облегчающий адаптацию организмов к изменениям окружающей среды;
- затрудняющий адаптацию организмов к изменениям окружающей среды;
- не влияющий на адаптацию организмов к изменениям окружающей среды.

55. Высокая скорость воспроизводства это фактор:

- облегчающий адаптацию организмов к изменениям окружающей среды;
- затрудняющий адаптацию организмов к изменениям окружающей среды;
- не влияющий на адаптацию организмов к изменениям окружающей среды.

56. Чем могут быть обусловлены «вспышки численности» отдельных популяций?

- резким снижением сопротивления среды;
- резким увеличением биотического потенциала.

57. Насекомые способны быстрее адаптироваться к изменениям окружающей среды, чем млекопитающие, потому что:

- имеют меньшие размеры;
- имеют больше врагов;
- имеют быструю смену поколений.

58. Химические вещества, используемые для борьбы с насекомыми называются:

- гербицидами;
- фунгицидами;
- инсектицидами;
- дератицидами.

59. Химические вещества, используемые для борьбы с растениями, называются:

- гербицидами;
- инсектицидами;
- фунгицидами;
- дератицидами.

60. Химические вещества, используемые для борьбы с грызунами, называются:

- гербицидами;
- инсектицидами;
- фунгицидами;
- дератицидами

61. Химические вещества, используемые для борьбы с грибами, называются:

- гербицидами;
- инсектицидами;
- фунгицидами;
- дератицидами.

62. Какое принципиальное отличие хозяйственной деятельности человека от принципов функционирования экосистем?

- Нет круговорота веществ.
- Нестабильна популяция.
- Неустойчивый источник энергии.
- Всё перечисленное.

63. Время экспозиции для максимально разовой ПДК составляет:

- 2 – 3 с;
- 20 – 30 мин;
- 20 – 30 с;
- 2 – 3 ч.

64. Время экспозиции среднесуточной ПДК составляет:

- час;
- сутки;
- месяц;
- год;
- время средней продолжительности жизни.

65. Время экспозиции для ПДК в рабочей зоне составляет:

- время средней продолжительности жизни;
- 41 ч в неделю в течение всего рабочего стажа;
- 36 ч в неделю в течение всей жизни;
- 52 ч в неделю в течение 10 лет работы.

66. Величина какого норматива, как правило, больше?

- ПДК максимально разовая.
- ПДК среднесуточная.
- ПДК среднесуточная для курортов.

67. Какой критерий лежит в основе определения ПДК на промышленной площадке?

- Безвредность для персонала.
- Безвредность для окружающей среды.
- Безвредность для оборудования.
- Эффективность работы приточной вентиляции.
- Эффективность работы вытяжной вентиляции.

68. К какому типу нормативов относится ПДК в рабочей зоне?

- Экологическому.
- Санитарному.
- Административному.
- Технологическому.

69. Пороговый уровень воздействия загрязнителя воздуха на живые организмы зависит:

- от концентрации, экспозиции и индивидуальных особенностей организма;
- концентрации, экспозиции и агрессивности вещества;
- концентрации и экспозиции;
- только концентрации.

70. Как температурная инверсия атмосферы влияет на степень загрязнения воздуха?

- Увеличивает степень загрязнения.
- Уменьшает степень загрязнения.
- Не влияет на степень загрязнения.

71. Как называется слой воздуха, препятствующий рассеянию выбросов в атмосфере?

- Экранирующий слой.
- Отражающий слой.
- Инверсионный слой.
- Антидиссипативный слой.

72. Вторичные загрязнители воздуха образуются:

- в атмосфере;
- источнике выбросов;
- организме человека.

73. Норматив ПДВ загрязняющих веществ для предприятий устанавливается:

- на основе расчёта приземной концентрации на границе жилой зоны;
- основе существующих стандартов на выбросы;

- основе директивных указаний органов экологического контроля;
- основе директивных указаний органов санитарно-эпидемиологического контроля.

74. Чем обусловлен «парниковый эффект»?

- Разрушением озонового слоя атмосферы.
- Непрозрачностью некоторых газов для ИК-излучения.
- Увеличением запыленности атмосферы.
- Способностью некоторых газов отражать УФ-излучения.

75. К парниковым газам относятся:

- азот;
- углекислый газ;
- кислород;
- все перечисленные.

76. Чем определяется "парниковый потенциал" каждого парникового газа?

- Способностью реагировать с озоном.
- Размером молекулы и коэффициентом диффузии.
- Эффективностью поглощения ИК-излучения и временем "жизни" в атмосфере.

77. Считается, что последствиями потепления климата будет:

- подъем уровня мирового океана;
- изменение видового состава экосистем;
- смещение дождевых поясов;
- все перечисленное.

78. Где сильнее ощущается потепление климата?

- В полярных широтах.
- Умеренных широтах.
- На экваторе.

79. Как называется документ, устанавливающий обязательства различных стран по снижению выбросов "парниковых" газов?

- Киотский протокол.
- Берлинский протокол.
- Гаагский протокол.
- Венский протокол.
- Монреальский протокол.

80. На сколько процентов должны быть снижены общемировые выбросы парниковых газов к 2012 г по отношению к 1990 г. согласно Киотскому протоколу?

- 5;
- 10;
- 0.
- 7;
- 12;

90. Озоновый слой расположен:

- в нижней стратосфере; - верхней мезосфере;
- нижней тропосфере; - верхней ионосфере.

91. Как образуется озоновый слой?

- Озон вырабатывается бактериями и поднимается с поверхности Земли.
- Озон образуется во время грозы и затем поднимается в нижнюю стратосферу.
- Озон образуется во время извержения вулканов и затем поднимается в нижнюю стратосферу.
- Озон образуется непосредственно в нижней стратосфере из молекулы и атома кислорода.
- Все варианты верны.

92. Значение озонового слоя для биосферы Земли заключается в том, что он:

- задерживает радиоактивные частицы;
- поглощает основную часть УФ-излучения;
- создает защитное магнитное поле;
- препятствует диффузии кислорода в космическое пространство.

93. К озоноразрушающим веществам относится:

- углекислый газ; - метан;
- ароматические углеводороды; - хлорфторуглероды.

94. Где использовались до запрещения озоноразрушающие вещества:

- при пожаротушении;
- в холодильниках и кондиционерах;
- при промывке электронных плат;
- все перечисленное.

95. Озоновые «дыры» чаще появляются:

- весной в приполярных областях;
- летом в средних широтах;
- зимой на экваторе;
- осенью в средних широтах.

ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ

1. Загрязнение атмосферного воздуха токсичными компонентами отработанных газов транспортных двигателей.
2. Воздействие инфраструктуры дорожно-транспортного комплекса на окружающую среду.
3. Отходы предприятий транспортного комплекса и их влияние на окружающую среду.
4. Экологические проблемы, связанные с эксплуатацией автотранспорта.
5. Воздействие транспортного шума на здоровье населения.
6. Физические факторы воздействия на человека и окружающую среду.
7. Загрязнение окружающей среды АЗС г. Владимира.
8. Проблемы загрязнения почв и водотоков нефтепродуктами.
9. Влияние транспортно-дорожного комплекса на экологические системы.
10. Воздействие газовых выбросов автотранспорта на здоровье человека.
11. Защита окружающей среды от загрязнений, связанных с дорожно-транспортным комплексом.
12. Альтернативное топливо для автомобильного транспорта.
13. Современные методы и системы очистки отработавших газов автомобильных двигателей.
14. Основные методы очистки поверхностных и сточных вод от нефтепродуктов.
15. Экологическая политика в регионе по снижению вредного воздействия автотранспорта на окружающую среду.
16. Защита селитебной части города Владимира от вредного воздействия автотранспорта.
17. Контроль загрязнения атмосферного воздуха в городах.
18. Стандартизация в области защиты окружающей среды от загрязнений, связанных с транспортными средствами.
19. Загрязнение окружающей среды предприятиями машиностроения и металлообработки.
20. Тяжелые металлы в окружающей среде и здоровье населения.
21. Шум как негативный экологический фактор.
22. Сочетание действий вредных факторов.
23. Электрический ток как негативный фактор воздействия на человека.

24. Электромагнитное излучение как негативный фактор воздействия на человека и окружающую среду.
25. Новые ресурсосберегающие технологии.
26. Вибрация и акустические колебания, их негативное воздействие на человека и техносферу.
27. Защита атмосферного воздуха от промышленного воздействия.
28. Энергетические загрязнения техносферы.
29. Сбор и утилизация промышленных отходов во Владимирском регионе.
30. Основные методы очистки газоздушных выбросов от котельных и ТЭЦ.
31. Региональная политика в области возмещения ущерба окружающей среде в результате техногенного воздействия.
32. Влияние теплоэнергетического комплекса на состояние окружающей среды Российской Федерации.
33. Характеристика антропогенных изменений в районах промышленного освоения территорий.
34. Методы восстановления нарушенных территорий.
35. Локальные и глобальные проблемы экологии.
36. Экологизация экономики.
37. Воздействие мегаполиса на здоровье населения.
38. Преобразование и сохранение естественной среды обитания человека.
39. Влияние деятельности человека на биосферу. Проблема городских отходов.
40. Изменение климата.
41. Региональный экологический анализ.
42. Экологические проблемы народонаселения.
43. Гармонизация взаимоотношений человека и природы.
44. История «покорения» природы человеком.
45. Проблемы экологии. Возможные пути их решения.
46. Использование материалов экологического аудита для экологического обучения и повышения квалификации персонала.
47. Влияние промышленности и сельского хозяйства на окружающую среду Владимирской области.
48. Экология города, в котором я живу.
49. Проблемы защиты окружающей среды Владимирской области.
50. Виды стихийных бедствий и методы борьбы с ними.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Экология в настоящее время приобретает особое значение как наука, помогающая найти пути выхода из возникающего кризиса, а экологическое образование формирует экологическую культуру и ответственность личности и общества, обеспечивая его выживание и развитие.

Именно экология является теоретической основой для разработки основных направлений по восстановлению нарушенных природных экосистем, снижению антропогенного воздействия на окружающую среду.

Настоящий лабораторный практикум апробирован в различных вариантах на аудиторных занятиях и в полевых исследованиях. Данные работы были подготовлены для студентов различных специальностей и направлений Владимирского государственного университета. Предложенные методики анализа используются для выполнения выпускных квалификационных работ и магистерских диссертаций.

В практикум были включены десять работ, которые рассчитываются на два академических часа занятий и освещают следующие темы и разделы: мониторинг состояния окружающей среды, атмосферного воздуха, анализ природных и сточных вод и почвенного покрова.

Тематика работ охватывает как локальные, так и глобальные проблемы экологии, решением которых необходимо заниматься выпускникам вузов в конкретной профессиональной деятельности.

Для углубленного изучения вопросов экологии студентам необходимо ознакомиться с библиографическим списком, включающим нормативные документы, основную литературу и рекомендательную.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Нормативные документы

1. ГОСТ 17.0.0.01-76 Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения. – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

2. ГОСТ 17.2.1.01-76 Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу. – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

3. ГОСТ 17.2.1.03-84 Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения. – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

4. ГОСТ 17.2.1.04-77 Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Термины и определения. – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

5. ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

6. ГОСТ 17.1.1.02-77 Охрана природы. Гидросфера. Классификация водных объектов. – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

7. ГОСТ 17.1.1.03-86 Охрана природы. Гидросфера. Классификация водопользователей. – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

8. ГОСТ 17.1.1.04-80 Охрана природы. Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования. – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

9. ГОСТ 17.4.1.02-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнений. – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

10. ГОСТ 17.4.2.01-81 Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей санитарного состояния. – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

11. "Водный кодекс Российской Федерации" от 03.06.2006 № 74-ФЗ (принят ГД ФС РФ 12.04.2006) (ред. от 27.12.2009) (с изм. и доп., вступающими в силу с 01.04.2010). – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

12. "Земельный кодекс Российской Федерации" от 25.10.2001 № 136-ФЗ (принят ГД ФС РФ 28.09.2001) (ред. от 22.07.2010). – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

13. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 27.12.2009) "Об охране окружающей среды" (принят ГД ФС РФ 20.12.2001). – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

14. Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 30.12.2008) "Об отходах производства и потребления" (принят ГД ФС РФ 22.05.1998) (с изм. и доп., вступающими в силу с 01.01.2010). – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

15. Федеральный закон от 04.05.1999 № 96-ФЗ (ред. от 27.12.2009) "Об охране атмосферного воздуха" (принят ГД ФС РФ 02.04.1999). – URL: <http://www.mnr.gov.ru> (дата обращения: 11.05.2014).

Список использованной литературы

1. Акимова, Т. А. Экология. Природа – Человек – Техника : учеб. для вузов / Т. А. Акимова, А. П. Кузьмин, В. В. Хаскин. – М. : ЮНИТИ – ДАНА, 2001. – 343 с. – ISBN 5-238-00191-6.

2. Богдановский, Г. А. Химическая экология / Г. А. Богдановский. – М. : Изд-во МГУ, 1994. – 237 с. – ISBN 5-211-01636-10.

3. Горелов, А. А. Экология : учеб. пособие / А. А. Горелов. – М. : Центр, 2000. – 240 с. – ISBN 5-88860-040-7.

4. Экология и экономика природопользования : учеб. для вузов / Э. В. Гирусов [и др.]. – М. : Закон и право : ЮНИТИ, 1998. – 455 с. – ISBN 5-238-00326-5.

5. Луканин, В. Н. Промышленно-транспортная экология : учеб. для вузов / В. Н. Луканин, Ю. В. Трофименко ; под ред. В. Н. Луканина. – М. : Высш. шк., 2001. – 273 с. – ISBN 5-06-003957-9.

6. Химия окружающей среды : практикум / Т. А. Трифонова, [и др.] ; Владим. гос. техн. ун-т. – Владимир, 1996. – 56 с. – ISBN 978-5-8291-0837-3.

Список рекомендуемой литературы

1. Вернадский, В. И. Биосфера и ноосфера / В. И. Вернадский. – М. : Наука, 1989. – 267 с.

2. Коробкин, В. И. Экология : учеб. для студентов вузов / В. И. Коробкин, Л. В. Передельский. – Изд. 12-е, доп. и перераб. – Ростов н/Д : Феникс, 2007. – 602 с. – ISBN 978-5-222-19822-3.

3. Пехов, А. П. Биология с основами экологии : учеб. для студентов вузов / А. П. Пехов. – Изд. 7-е, стер. – СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2007. – ISBN 5-8114-0219-8.

4. Никаноров, А. М. Экология / А. М. Никаноров, Т. М. Хоружая. – М. : ПРИОР, 1999. – 304 с. – ISBN 5-7990-0373-7.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Лабораторная работа 1	
Определение pH кислотных осадков	5
Лабораторная работа 2	
Техногенное загрязнение окружающей среды	14
Лабораторная работа 3	
Определение количества антропогенных загрязнений, попадающих в окружающую среду в результате работы автотранспорта	18
Лабораторная работа 4	
Структура экосистем	33
Лабораторная работа 5	
Определение жесткости воды	50
Лабораторная работа 6	
Определение органолептических свойств воды	57
Лабораторная работа 7	
Ионизирующие излучения и окружающая среда	61
Лабораторная работа 8	
Определение реакции почвенного раствора	74
Лабораторная работа 9	
Определение содержания карбоната кальция (CaCO₃) в почве	81
Лабораторная работа 10	
Определение плодородия почв	83
Задачи для самостоятельной работы	84
Общий тест по курсу	89
Темы рефератов	101
Заключение	103
Библиографический список	104

Учебное издание

ТРИФОНОВА Татьяна Анатольевна
ФЕОКТИСТОВА Ирина Дмитриевна
ЧУГАЙ Наталья Валерьевна

ОБЩАЯ ЭКОЛОГИЯ

Лабораторный практикум

Подписано в печать 11.06.14.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 6,28. Тираж 250 экз.

Заказ

Издательство

Владимирского государственного университета
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.
600000, Владимир, ул. Горького, 87.