

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Волхонов Михаил Станиславович

Должность: Ректор

Дата подписания: 14.02.2025 17:12:26

Уникальный программный ключ:

40a6db1879d6a9ee29ec8e0ffb2f95e4614a0998

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА

Кафедра агрохимии, биологии и защиты растений

ЭКОЛОГИЯ

ПРАКТИКУМ

*Для контактной и самостоятельной работы студентов,
обучающихся по направлению подготовки 35.03.05 Садоводство,
очной и заочной форм обучения*

КАРАВАЕВО
Костромская ГСХА
2024

УДК 581.5, 581.55

ББК 20.1

Э 40

Составитель: канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры агрохимии,
биологии и защиты растений Костромской ГСХА
И.Б. Кузнецова.

Рецензент: д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры земледелия,
растениеводства и селекции Костромской ГСХА
С.А. Бородий.

*Рекомендовано методической комиссией факультета
агробизнеса в качестве практикума для контактной и
самостоятельной работы студентов, обучающихся по
направлению подготовки 35.03.05 Садоводство, очной и заочной
форм обучения*

Э 40 **Экология :** практикум / сост. И.Б. Кузнецова. — Караваево :
Костромская ГСХА, 2024. — 63 с. ; 20 см. — 50 экз. — Текст :
непосредственный.

Практикум предназначен для аудиторной и самостоятельной работы
студентов направления подготовки 35.03.05 Садоводство очной и заочной
форм обучения, содержит рекомендации по организации изучения
дисциплины.

УДК 581.5, 581.55
ББК 20.1

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Раздел 1. Взаимодействие организмов и окружающей среды.....	5
Тема 1. Экологические факторы и их классификация	5
Тема 2. Закономерности воздействия природных факторов на организмы.....	10
Тема 3. Взаимоотношения организмов в экосистемах.....	14
Тема 4. Структура биоценоза (4 ч)	17
Тема 5. Типы природных экосистем суши	22
Тема 6. Биогеофизические круговороты веществ (4 ч).....	27
Тема 7. Происхождение жизни на Земле, эволюция биосфера	36
Раздел 2. Антропогенное воздействие на биосферу	37
Тема 8. Особенности агробиоценозов..	37
Тема 9. Нормирование качества окружающей среды	40
Тема 10. Оптимизация потребления растительной продукции с нитратами.....	47
Тема 11. Оценка загрязнения агроэкосистем тяжелыми металлами	49
Тема 12. Оценка загрязнения продуктов питания тяжелыми металлами	54
Тема 13. Экологическая экспертиза продукции (4 ч).	59
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.	61

ВВЕДЕНИЕ

Экология (от древнегреческого οἶκος — обиталище, жилище, дом, имущество и λόγος — понятие, учение, наука) — это наука о взаимодействиях живых организмов и их сообществ между собой и с окружающей средой. Термин впервые предложил немецкий биолог Эрнст Геккель в 1866 году в книге «Общая морфология организмов» («Generelle Morphologie der Organismen»).

Наш общий дом — планета Земля нуждается в бережном отношении, заботе. Наука экология позволяет познакомиться с закономерностями действия природных факторов, взаимоотношениями живых организмов с окружающей средой, круговоротом веществ и энергии, особенностями природных ресурсов и возможностями их рационального использования, накопившимися в результате антропогенного воздействия проблемами и путями их решения.

Полученные в ходе изучения дисциплины «Экология» знания необходимы студентам для правильного понимания законов природы и успешной профессиональной деятельности.

РАЗДЕЛ 1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОРГАНИЗМОВ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Тема 1. Экологические факторы и их классификация

Цель занятия: получить представление об экологических факторах, их классификации.

Задание 1. Изучить классификацию экологических факторов.

Задание 2. Разместить приведенные примеры экологических факторов в таблице 1, придумать по 5-6 своих примеров каждого типа факторов.

Теоретические сведения

Экологическим фактором является только изменяющийся элемент окружающей среды, вызывающий у организмов при своих повторных изменениях ответные приспособительные эколого-физиологические реакции, наследственно закрепляющиеся в процессе эволюции. *Экологические факторы* — это внешние и внутренние силы, определяющие направление и скорость процессов, происходящих в организмах и экосистемах.

Экологические факторы по происхождению бывают абиотические, биотические и антропогенные.

Абиотические факторы — компоненты неживой природы, прямо или косвенно воздействующие на организм. Их делят на следующие группы:

- *климатические факторы* (свет, температура, влажность, ветер, атмосферное давление и др.);
- *геологические факторы* (землетрясения, извержения вулканов, движение ледников, радиоактивное излучение и др.);
- *орографические факторы*, или факторы рельефа (высота местности над уровнем моря, крутизна местности — угол наклона местности к горизонту, экспозиция местности — положение местности по отношению к сторонам света и др.);
- *эдафические*, или *почвенно-грунтовые*, *факторы* (гранулометрический состав, химический состав, плотность, структура, pH и др.);
- *гидрологические факторы* (течение, соленость, давление и др.).

Иначе абиотические факторы делят на физические и химические.

Биотические факторы — воздействие на организм других живых организмов.

В зависимости от вида воздействующего организма их разделяют на две группы:

- *внутривидовые*, или *гомотипические*, факторы — это влияние на организм особей этого же вида (зайца на зайца, сосны на сосну и т.д.);
- *межвидовые*, или *гетеротипические*, факторы — это влияние на организм особей других видов (волка на зайца, сосны на березу и т.д.).

В зависимости от принадлежности к определенному царству биотические факторы подразделяют на четыре основные группы:

- *фитогенные факторы* — это влияние растений на организм;
- *зоогенные факторы* — влияние животных;
- *микогенные факторы* — влияние грибов;
- *микробогенные факторы* — влияние микроорганизмов (вирусов, бактерий, простейших).

Особое место занимает почва — биокосное тело, сформировавшееся при взаимодействии живой и неживой природы. Она является *биокосным* фактором.

Антропогенные факторы — деятельность человека, приводящая либо к прямому воздействию на живые организмы, либо к изменению среды их обитания (охота, промысел, сведение лесов, загрязнение, эрозия почв и др.).

При этом различают воздействие человека как биологического организма (потребление пищи, дыхание, выделение и т.д.) и его хозяйственную деятельность (сельское хозяйство, промышленность, энергетика, транспорт, бытовая деятельность и т.д.). Факторы, связанные с хозяйственной деятельностью человека, называются *техногенными*.

В зависимости от характера воздействий антропогенные факторы делят на две группы:

- *факторы прямого влияния* — это непосредственное (прямое) воздействие человека на организм (скашивание травы, вырубка леса, отстрел животных, отлов рыбы и т. д.);
- *факторы косвенного влияния* — это опосредованное (косвенное) воздействие на организм (загрязнение окружающей среды, разрушение местообитаний, беспокойство и т.д.).

В зависимости от последствий воздействия антропогенные факторы делят на следующие группы:

- *положительные факторы* — факторы, которые улучшают жизнь организмов или увеличивают их численность (разведение и охрана животных, посадка и подкормка растений, охрана окружающей среды и т. д.);
- *отрицательные факторы* — факторы, которые ухудшают жизнь организмов или снижают их численность (вырубка деревьев, отстрел животных, разрушение местообитаний и т.д.).

Экологические факторы могут оказывать на организм *прямое* действие и *косвенное*. Косвенное воздействие осуществляется через другие экологические факторы. Например, высокая температура может вызвать ожог (прямое действие), а может привести к обезвоживанию организма (косвенное воздействие).

Разные экологические факторы обладают различной изменчивостью в пространстве и во времени. Одни из них *относительно постоянны* (например, сила тяготения, солнечная радиация, соленость океана), другие *очень изменчивы* (например, температура и влажность воздуха, сила ветра). По характеру изменения во времени экологические факторы подразделяют на три группы.

Регулярно-периодические факторы — это факторы, меняющие свою силу в зависимости от времени суток, сезона года, ритма приливов и отливов (освещенность, температура, длина светового дня и т.д.).

Нерегулярные (непериодические) факторы — это факторы, не имеющие четко выраженной периодичности (наводнение, ураган, землетрясение, извержение вулкана, нападение хищника и т.д.).

Направленные факторы — это факторы, действующие на протяжении длительного промежутка времени в одном направлении (похолодание или потепление климата, зарастание водоема, эрозия почвы и т.д.).

По характеру ответной реакции организма на воздействие экологического фактора различают следующие группы экологических факторов.

Раздражители — факторы, вызывающие биохимические и физиологические изменения (адаптации).

Модификаторы — факторы, вызывающие морфологические и анатомические изменения (адаптации).

Ограничители — факторы, обуславливающие невозможность существования организма в данных условиях и ограничивающие ареал его распространения.

Сигнализаторы — факторы, информирующие об изменении других факторов.

Разместите приведенные примеры экологических факторов в таблице 1, придумайте по 5-6 своих примеров каждого типа факторов.

Экологические факторы: пение птиц, шум автострады, повышенная влажность воздуха, фитофтора, пасущееся стадо, роса, промышленные стоки, ветер, эпидемия гриппа, солнечный свет, постройка городов, термическая обработка продуктов питания, мобильные телефоны, океанические приливы и отливы.

Таблица 1. Экологические факторы по происхождению

Абиотические	Биотические	Антропогенные

Контрольные вопросы

1. Что такое экологические факторы?
2. Что такое абиотические факторы, какие они бывают?
3. Что такое биотические факторы, какие они бывают?
4. Что такое антропогенные факторы, какие они бывают?

Тема 2. Закономерности воздействия природных факторов на организмы

Цель занятия: выявить особенности воздействия экологических факторов на организмы.

Задание 1. Изучить закономерности воздействия экологических факторов на организм

Задание 2. Заполнить таблицу 2, распределив перечисленные организмы по их экологической валентности, и добавить свои примеры (3-5).

Теоретические сведения

Особенности воздействия экологических факторов на организм

Экологические факторы окружающей среды оказывают разнообразные воздействия на живые организмы. Однако как в характере их воздействия, так и в ответных реакциях организмов можно выявить общие закономерности. К числу таких закономерностей относится реакция организмов на интенсивность воздействия фактора, степень его благоприятности.

Как недостаточное, так и избыточное воздействие фактора отрицательно сказывается на жизнедеятельности организма. Наименьшее допустимое значение интенсивности фактора, его нижняя предельная величина, ниже которой следует гибель организма, называется пессимумом, или нижним пределом выносливости. Наибольшее значение интенсивности фактора, выше которого также следует гибель, называется максимумом, или верхним пределом выносливости. Заключенный между двумя этими значениями диапазон изменчивости представляет собой предел выносливости (валентности) (рис.1).

Благоприятная сила воздействия фактора называется зоной благоприятной жизнедеятельности, внутри которой имеется оптимум интенсивности фактора для определенного вида. Интенсивность воздействия фактора меньшая или большая зоны благоприятной жизнедеятельности и ограниченная пределами выносливости называется зоной угнетения. При такой интенсивности воздействия фактора организм еще может существовать, но находится в состоянии угнетения.

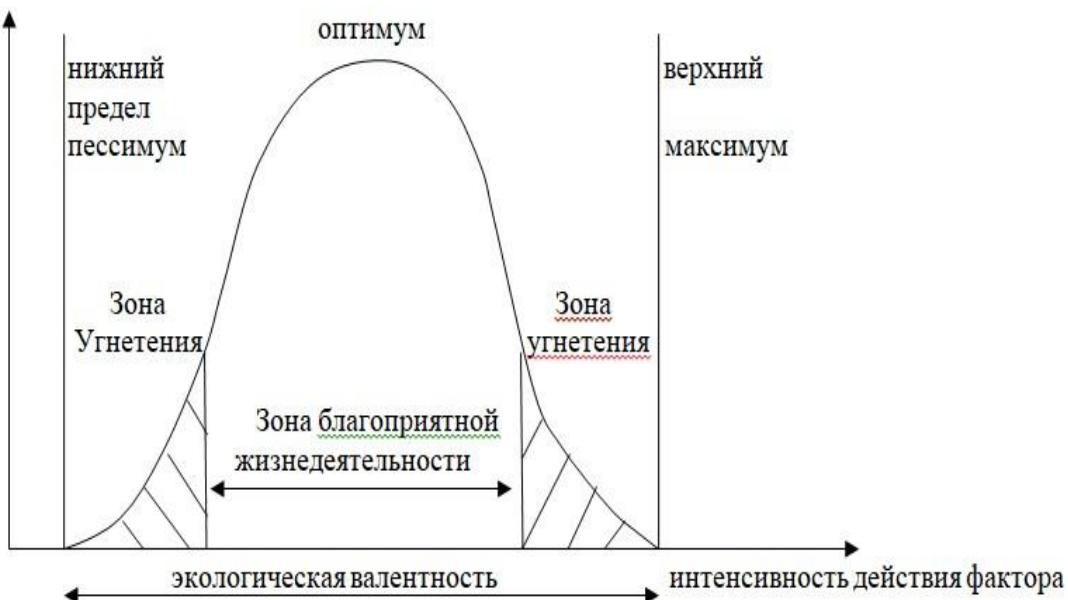


Рис. 1. Воздействие экологического фактора на организм

Величина амплитуды воздействия фактора, ограниченная пределами выносливости, служит критерием пластичности организма или вида по отношению к данному фактору и называется экологической валентностью или толерантностью. Организмы, обладающие большой экологической валентностью, или способные к существованию при большой амплитуде колебания экологических факторов, называются *эврибионтными*. А организмы с низкой экологической валентностью, приспособленные существовать в среде с узким диапазоном колебания факторов, называются *стенобионтными*.

Оптимум действия фактора не обязательно совпадает со средним значением фактора в пределах выносливости. Он может быть смешен как в сторону пессимума, так и в сторону максимума. Так, у теневыносливых растений оптимум освещенности находится ближе к нижнему пределу выносливости, а у светолюбивых растений — ближе к верхнему.

Законы аутэкологии

Аутэкология — раздел экологии, изучающий влияние факторов окружающей среды на отдельные организмы (растения, животные, грибы, бактерии). Задача аутэкологии — выявление физиологических,

морфологических и других приспособлений (адаптаций) видов к различным экологическим условиям: режиму увлажнения, высоким и низким температурам, засолению почвы и т.д.

1. Закон оптимума: к любому экологическому фактору каждый организм имеет определенные пределы распространения (пределы толерантности). Как правило, в центре ряда значений фактора, ограниченного пределами толерантности, лежит область наиболее благоприятных условий жизни организма, при которых формируется самая большая биомасса. У границ толерантности расположены зоны угнетения, в которых организмы становятся наиболее уязвимыми к действию неблагоприятных экологических факторов, включая и человека (точки пессимума).

2. Закон экологической индивидуальности организмов и видов: любой вид по каждому экологическому фактору распределен по-своему, кривые распределений разных видов перекрываются, но их оптимумы различаются. По этой причине при изменении условий среды в пространстве (например, от сухой вершины холма к влажному логу) или во времени (при пересыхании озера, при усилении выпаса, при застарении скал) состав экосистем изменяется постепенно.

3. Закон лимитирующих (ограничивающих) факторов: наиболее важным для распределения вида является тот фактор, значения которого находятся в минимуме или максимуме. Например, в степной зоне лимитирующим фактором развития растений является увлажнение (значение находится в минимуме) или засоление почвы (значение находится в максимуме), в лесной — ее обеспеченность питательными элементами (значения находятся в минимуме).

Каждый организм и его вид занимают определенное место в природе и находятся в сложных и, как правило, гармоничных взаимоотношениях с условиями обитания. Все закрепляющиеся в ходе эволюции особенности растительного организма представляют те или иные адаптации (приспособления).

Адаптация — это специальные свойства, способные обеспечить выживание и размножение организма в конкретных условиях среды. Все изменения признаков организма вызываются воздействием окружающей среды и в большинстве случаев имеют адаптивный (приспособительный) характер, т.е. оказываются полезными для обитания организма в данных условиях. Приспособление к одним условиям перестает быть таковым в других условиях, на других уровнях, поэтому приспособления относительны.

Распределите перечисленные организмы по их экологической валентности и заполнить таблицу 2, добавить свои примеры (3-5).

Организмы: финиковая пальма, авокадо, береза, волк, кедр, белый медведь, сосна, колибри, синица, яблоня, рысь, банан, лимон, осина, кокосовая пальма, пингвин, инжир, авокадо, вишня.

Таблица 2. Организмы по их экологической валентности

Эврибионтные	Стенобионтные

Контрольные вопросы

1. Что такое нижний и верхний пределы выносливости?
2. Что такое зона благоприятной жизнедеятельности?
3. Что такое зоны угнетения?
4. Что такое экологическая валентность?
5. Каковы законы аутэкологии?

Тема 3. Взаимоотношения организмов в экосистемах

Цель занятия: ознакомиться с биоценотическими взаимоотношениями организмов.

Задание 1. Изучить взаимоотношения организмов в биоценозе.

Задание 2. Приведите примеры различных биоценотических отношений и заполните таблицу 3.

Теоретические сведения

В естественных природных условиях популяции существуют не по отдельности, а образуют сообщества. Сообщество — это совокупность популяций разных видов, совместно существующая в пространстве и времени, взаимодействующих друг с другом и со средой. Сообщество образует особую живую систему со своим собственным составом, структурой, функциями и развитием. Биоценоз является элементарной единицей, примером такого сообщества.

Между популяциями в биоценозе могут складываться самые разнообразные взаимоотношения: нейтральное (0 0), положительные (+ +), отрицательные (− −), а также нейтральные для одного и положительные (0+) или отрицательные для другого (0−), положительные для одного и отрицательные для другого (+ −). Рассмотрим основные типы взаимоотношений между популяциями в биоценозе:

Хищничество (+ −) — отношения, при которых один организм (хищник) питается другим (жертвой), обычно приводя последнего к гибели в течение короткого времени. В основе хищничества лежат пищевые связи. При хищничестве один вид (популяция) живет за счет другого, нанося ему ущерб. Однако у вида-жертвы исторически выработались защитные свойства — анатомо-морфологические, физиологические, биохимические и поведенческие особенности (различные выросты тела, ядовитые железы и т.д.). Сформировался и механизм регуляции численности хищников и жертв, благодаря которому постоянно улучшается состав популяций и хищников, и

жертвы. Так, известно, что в первую очередь жертвами хищников становятся слабые, больные, плохо приспособленные к условиям существования животные. А среди хищников наиболее успешно выживают и размножаются наиболее сильные, здоровые, приспособленные к воздействию экологических факторов особи. Иногда, чаще в экстремальных условиях, у животных встречается канибализм — питание особями своего вида. Такая форма хищничества встречается при перенаселении, ограниченности территории и пищи.

Паразитизм (+ -) — это такая форма отношений, когда один организм паразит живет и питается за счет другого (хозяина) длительное время, постепенно приводя его к гибели или сильно истощая. При паразитизме один вид (паразит) живет за счет другого (хозяина) поселяясь внутри или на поверхности его тела. Такие односторонне выгодные отношения характерны для низших и мелких растений и животных (бактерий, грибов, вирусов, простейших, червей, некоторых отрядов насекомых).

Симбиоз — формы сосуществования или сожительства особей разных видов, которые в той или иной степени выгодны одному или обоим видам:

Мутуализм (+ +) — взаимовыгодное, часто необходимое сосуществование особей разных видов. Например, лишайники — симбиоз водоросли и гриба; муравьи и тли — муравьи очищают колонии тлей, питаясь их сахаристыми выделениями, защищают тлей и переносят их на новые растения, способствуя расселению и размножению этих вредных для растений видов.

Комменсализм (+ 0) — использование одним видом (комменсалом), нахлебником пищевых запасов другого, не приносящие вреда последнему. Этот тип взаимоотношений выгоден одному и безразличен другому виду. Например, мелкие организмы, поселяясь вблизи крупных питаются остатками их пищи (белый медведь и песец).

Антибиоз (- 0) — это такие взаимоотношения видов, когда продукты жизнедеятельности одних организмов, выделяемые иногда даже в очень

незначительных количествах, вызывают гибель или угнетение организмов другого вида. Наиболее известны случаи антибиоза у микроорганизмов (грибов, бактерий, актиномицетов), обусловленные выделением антибиотиков — веществ, обладающих высокой физиологической активностью по отношению к определенным организмам. Растения также способны выделять вещества, обладающие антимикробными свойствами — фитонциды, а также токсины, отпугивающие и др. вещества, защищающие их от повреждений насекомыми, клещами и др. организмами.

Конкуренция (—) — это соперничество популяций в борьбе за пищу, местообитание и другие жизненно важные условия, при этом конкурирующие виды (популяции) воздействуют друг на друга отрицательно. Чем более похожи виды образом жизни, питанием, поведением, тем сильнее между ними конкуренция, принимающая характер прямой вражды.

Таблица 3. Биоценотические взаимоотношения

Тип взаимоотношений	Примеры
Хищничество	
Паразитизм	
Симбиоз	
Антибиоз	
Конкуренция	

Контрольные вопросы

1. Что такое экологическое сообщество?
2. Каковы важнейшие формы взаимоотношений между организмами в биоценозе?
3. Назовите нейтральные, положительные и отрицательные взаимоотношения.

Тема 4. Структура биоценоза (4 ч)

Цель занятия: ознакомиться со структурами биоценозов.

Задание 1. Изучите различные структуры биоценозов.

Задание 2. Зарисуйте пространственную структуру биоценоза.

Задание 3. Приведите примеры различных вариантов структурных единиц биоценоза: консорций, синузий и парцелл (по 4-5).

Задание 4. Составьте пищевые цепи различных биоценозов, заполните таблицу 4.

Теоретические сведения

Структура биоценоза бывает *пространственная*, *видовая* и *трофическая*.

Пространственная структура проявляется в закономерном размещении разных видов относительно друг друга в пространстве. Пространственная структура биоценоза определяется ее растительной компонентой — фитоценозом.

Растения располагаются в пространстве не хаотично, а так, чтобы не мешать друг другу. Их распределение по вертикали носит ярусный характер. *Ярусность* — это вертикальное расслоение биоценозов на разновысокие, структурные части.

Наиболее ярко ярусность выражена в лесных фитоценозах. Так, в лесу можно наблюдать пять-шесть ярусов: I — деревья верхнего яруса, II — подлесок, III — кустарники, IV — кустарнички, V — травянистый покров, VI — мох (рис. 2).

Горизонтальное распределение организмов мозаично. Так, в горизонтальном направлении организмы размещаются микрогруппами, микроценозами.

Такое мозаичное размещение обусловлено неоднородностью микрорельефа, жизнедеятельностью животных, средообразующим влиянием растений и их биологическим особенностями (рис. 3).

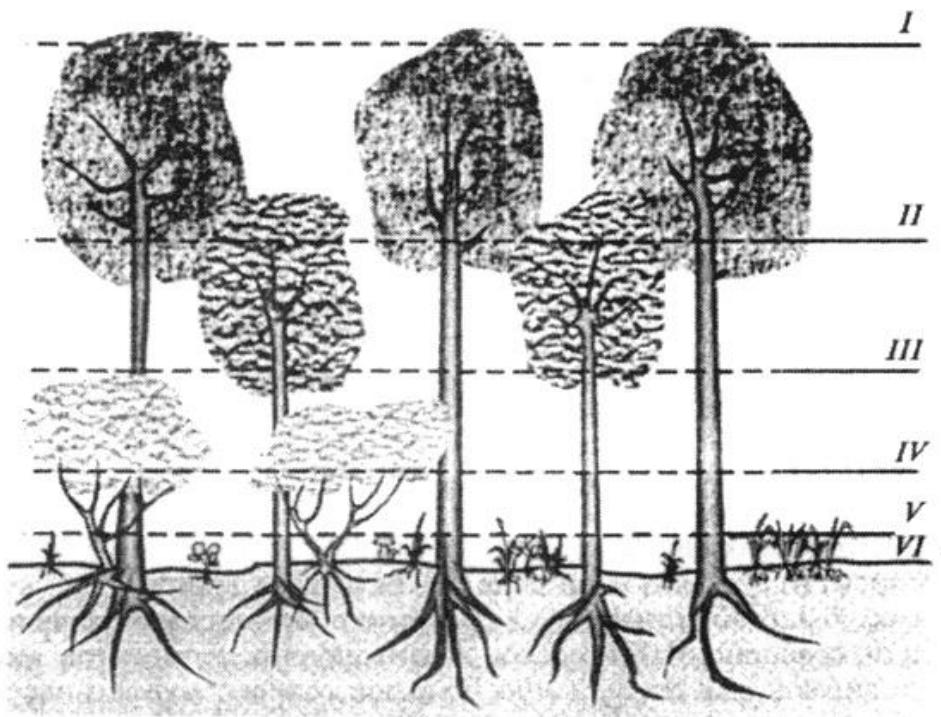


Рис. 2. Ярусность фитоценоза

Ярусность и мозаичность расположения организмов в биогеоценозе способствуют увеличению количества организмов на единицу пространства, ослаблению конкуренции, более полному использованию условий среды: солнечной радиации, почвы и т.д.

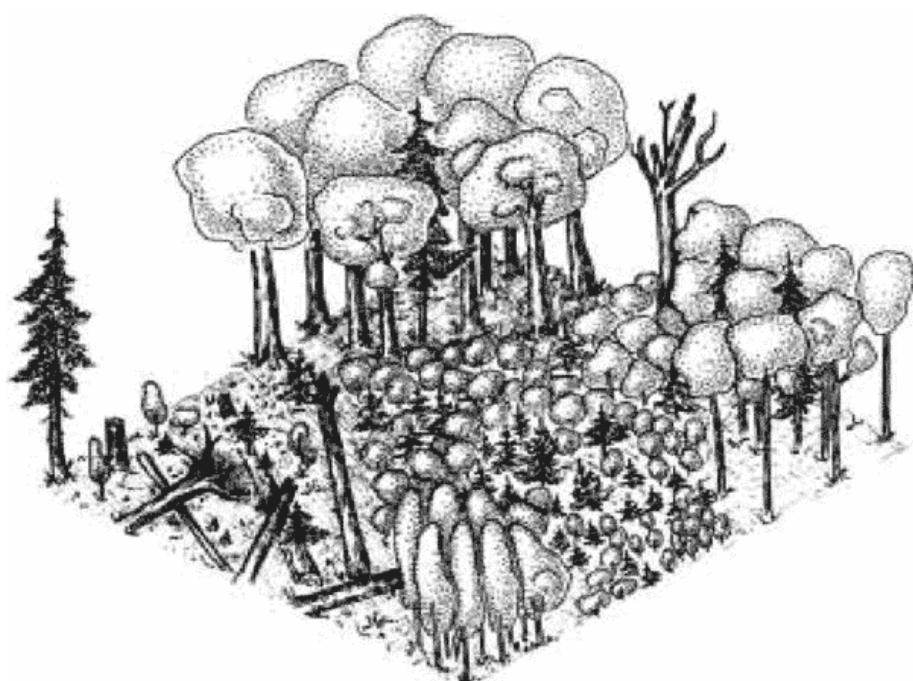


Рис. 3. Мозаичное распределение организмов фитоценоза

Структурными единицами биоценозов являются: консорции, синузии и парцеллы (рис. 4).

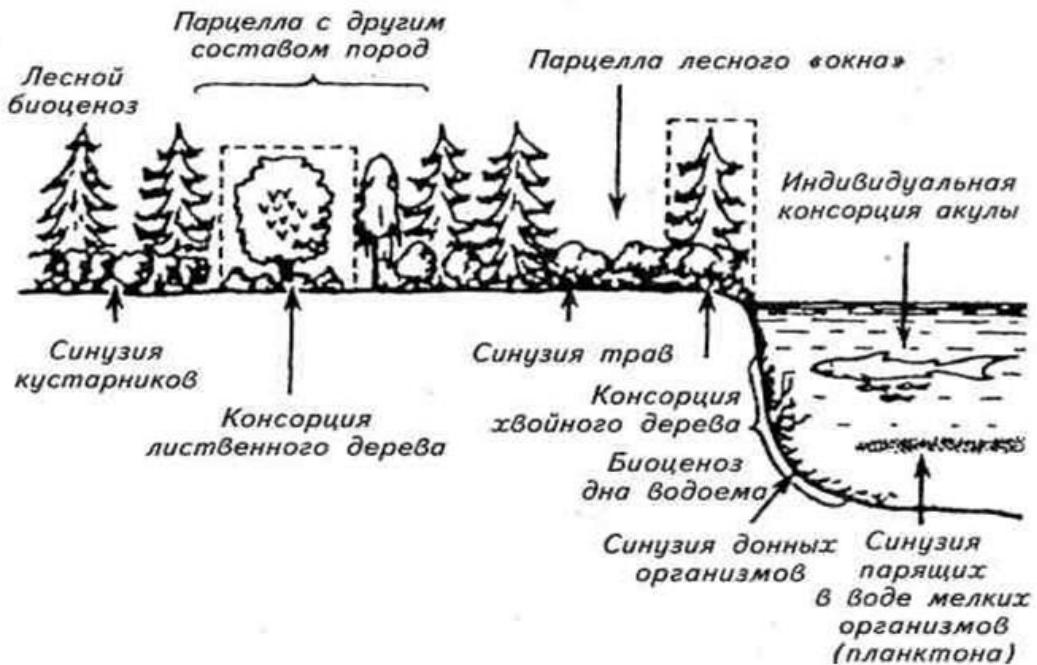


Рис. 4. Структурные единицы биоценоза

Консорция — структурная единица биоценоза, представляющая собой совокупность разнородных организмов, трофически и топически тесно связанных между собой и зависящих от центрального вида — растения или, реже, животного (эдификатора). **Эдификаторы** — это виды, которые своей жизнедеятельностью создают среду для всего сообщества и без которых существование других видов невозможно.

Синузии — участки биоценоза, характеризующиеся определенным видовым составом и эколого-биологическим единством входящих в них видов. Например, синузия кустарников, синузия трав.

Парцеллы отличаются от синузий комплексностью, составом и структурностью. **Парцелла** — это участок биогеоценоза, отличающийся от других частей системы по своей структуре и функциям, специфике связей и материально-энергетического обмена. Например, парцелла лесной полянки, среди хвойного леса парцелла лиственных пород.

Видовая структура биоценоза определяется видовым составом организмов и численностью популяций. В биоценозе каждая группа организмов выполняет в своей экологической нише определенные функции. Экологические группы организмов, занимающие в разных биоценозах сходные экологические ниши, могут иметь разный видовой состав. Так, на увлажненных территориях преобладают гигрофиты, в условиях достаточного увлажнения — мезофиты, а в условиях недостаточного увлажнения — склерофиты и суккуленты.

Трофическая структура биоценоза основана на пищевых цепях всех представленных в сообществе видов. *Пищевая (трофическая) цепь* — ряд взаимоотношений между группами организмов (растений, животных, микроорганизмов), при котором происходит перенос вещества и энергии путем поедания одних особей другими. Первым звеном пищевых цепей являются автотрофы (продуценты) — растения, фитопланктон и сине-зеленые бактерии, то есть организмы способные к фотосинтезу. Второе звено — это гетеротрофы, консументы 1-го порядка, представлено фитофагами — различными растительноядными организмами (растительноядные насекомые, животные, птицы). Следующие звенья — это гетеротрофы, консументы 2-5 порядков, представлены зоофагами — хищниками (хищными насекомыми, птицами, животными). Замыкают пищевые цепи редуценты или деструкторы перерабатывающие останки животных и растений, превращающие органические остатки в неорганические вещества (некоторые насекомые, бактерии и грибы).

Составьте пищевые цепи для различных биоценозов из перечисленных организмов, добавив недостающие звенья и заполните таблицу 4: высшие растения (овсяница, мята, сосна, береза, рябина, осина) навозные жуки, совы, чайки, мыши полевки, фитопланктон, лисы, мухоловки, водоросли, растительноядные рыбы (красноперка), волки, хищные рыбы (щука), микрживотные (зоопланктон), беспозвоночные (личинки и взрослые насекомые), трясогузки, ястребы, зайцы, грибы, бактерии.

Таблица 4. Пищевые цепи различных биоценозов

Тип биоценоза	Автотрофы, продуценты	Гетеротрофы, консументы		Редуценты, деструкторы
		фитофаги	зоофаги	
Озеро				
Луг				
Лес				
Поле				

Контрольные вопросы

1. Что такое биоценоз?
2. Какова пространственная структура биоценоза?
3. Каковы структурные единицы биоценозов?
4. Каково строение пищевой цепи?

Тема 5. Типы природных экосистем суши

Цель занятия: ознакомиться с различными типами наземных экосистем.

Задание 1. Изучите особенности наземных экосистем.

Задание 2. Охарактеризуйте различные типы экосистем, заполнив таблицу 5.

Теоретические сведения

Экосистемы — исторически сложившиеся в биосфере на той или иной территории или акватории открытые, но целостные и устойчивые системы живых и неживых компонентов (биотоп и биоценоз). В основе классификации наземных экосистем лежит тип естественной растительности, который зависит от двух абиотических факторов — температуры и количества осадков. Климат в разных районах земного шара неодинаков. Годовая сумма осадков меняется от 0 до 2500 мм и более. В связи с неравномерностью выпадения осадков различают влажные — гумидные (до 2000 мм/год) и засушливые (менее 250 мм/год) — аридные зоны; умеренные зоны расположены там, где выпадает промежуточное количество осадков (250–750 мм/год). При этом они выпадают равномерно в течение года или их основная доля приходится на определенный период — влажный сезон. Среднегодовая температура также варьирует от отрицательных значений до +38° С. Температура может быть практически постоянной в течение всего года (у экватора) или меняться по сезонам.

1. Тундры (в северном полушарии к северу от тайги). *Климат* очень холодный с полярным днем и полярной ночью, среднегодовая температура ниже 0° С. За несколько недель короткого лета земля оттаивает не более чем на один метр в глубину. Осадков менее 200-300 мм в год. *Растительность*: господствуют медленно растущие лишайники, мхи, травы (злаки и осоки), стелющиеся или карликовые кустарнички и кустарники (брусника, морошка, багульник, карликовая береза).

Животный мир: крупные травоядные копытные — северный олень (Евразия) и карибу (Северная Америка), мелкие роющие млекопитающие (лемминги), хищники (песец, горностай, ласка), птицы — полярная сова, ржанка, пуночка. *Почвы* тундровые — бедные с малой мощностью над слоем вечной мерзлоты. Очень ранимые экосистемы из-за медленного их восстановления.

2. Бореальные хвойные леса (тайга) (северные районы Евразии и Северной Америки). *Климат*: долгая и холодная зима, много осадков выпадает в виде снега. *Растительность*: господствуют вечнозеленые хвойные леса (ель, пихта, сибирская кедровая сосна, сосна обыкновенная, лиственница) с мощной лесной подстилкой. *Животный мир*: крупные травоядные копытные (лось), мелкие растительноядные млекопитающие (барсук, белка, бурундук), хищники (медведь, рысь, росомаха, соболь, лисица, волк, норка), обилен гнус. Характерно множество болот и озер. *Почвы* подзолистые, дерново-подзолистые, мерзлотно-таежные — маломощные и бедные.

3. Листопадные леса умеренной зоны (широколиственные леса) (Западная Европа, Восточная Азия, восток США). *Климат* сезонный с зимними температурами ниже 0° С, осадков 750–1500 мм в год. *Растительность*: господствуют широколиственные листопадные породы деревьев (дуб, бук, клен, липа, ясень, граб), кустарниковый подлесок, мощная лесная подстилка. *Животный мир*: млекопитающие (лоси, медведи, рыси, лисицы, волки, белки, землеройки), птицы (дятлы, дрозды, совы, соколы). Биота адаптирована к сезонному климату: спячка, миграции, состояние покоя в зимние месяцы. *Почвы* бурье и серые лесные. В этих районах человеческая цивилизация получила наибольшее развитие, поэтому большая часть широколиственных лесов заменена культурными сообществами.

4. Степи умеренной зоны (в Евразии) и их аналоги: *прерии* (в Северной Америки), *пампасы* (в Южной Америки), *туссоки* (в Новой Зеландии). *Климат* сезонный, лето от умеренного теплого до жаркого, зимние

температуры ниже 0° С, осадков 250–750 мм в год. *Растительность*: господствуют дерновинные злаки высотой до 2 м и выше в некоторых прериях Северной Америки или до 50 см, например, в степях России, с отдельными деревьями и кустарниками на влажных участках. *Животный мир*: крупные растительноядные млекопитающие — бизоны, вилорогие антилопы (Северная Америка), сайгаки, а ранее дикие лошади — тарпан (Евразия), кенгуру (Австралия), жирафы, зебры, белые носороги, антилопы (Африка); мелкие роющие млекопитающие (суслики, сурки, полевки, кролики), хищники (волки, койоты, львы, леопарды, гепарды, гиены), разнообразные птицы. *Почвы*: черноземы (самые плодородные почвы в мире) и каштановые. Большая часть степей в настоящее время используется под пашню, пастбища, сенокосы и т.д.

5. Чапараль — заросли субтропической жестколистной кустарниковой растительности (большей частью высотой 1,5—2,0 м) главным образом из вечнозелёных склерофильных видов (буквально — заросли кустарникового дуба) (Средиземноморье, южный берег Австралии, в Калифорнии, Мексике и Грузии). *Климат* мягкий умеренный (средиземноморский — дождливая зима и засушливое лето), осадков 500-700 мм. *Растительность*: деревья и кустарники с жесткими вечнозелеными листьями (лавр, дуб, мирт, олеандр, можжевельник, дикая фисташка). *Почвы* коричневые и серо-коричневые.

6. Тропический грасленд и саванны (Центральная и Восточная Африка, Южная Америка, Австралия, значительная часть Южной Индии). *Климат* сухой и жаркий большую часть года, температура высокая круглый год, осадков 250–750 мм в год, распределяются неравномерно по сезонам (влажный и сухой сезоны).

Растительность: травянистая растительность (злаковые) с редкими листопадными деревьями (баобабы, акации, пальмы). *Животный мир*: крупные растительноядные млекопитающие (антилопы, зебры, жирафы, носороги, слоны), хищники (львы, леопарды, гепарды), птицы (африканский страус, грифы). Много кровососущих насекомых, например, муха цеце.

Почвы красные ферраллитные, красно-бурые и коричнево-красные. На распаханных землях выращивают злаковые, хлопчатник, арахис, сахарный тростник.

7. Пустыни травянистая и кустарниковая (некоторые районы Африки (например, Сахара), Ближнего Востока и Центральной Азии, Большой Бассейн и юго-запад США, север Мексики и др.). *Климат* очень сухой, с жарким днем и холодными ночами, осадков менее 200–250 мм в год. *Растительность*: ксерофитные травы и редкостойный кустарник, кактусы, множество эфемеров, быстро развивающихся после непродолжительных дождей. Корневые системы у растений обширные, поверхностные, перехватывающие влагу редких осадков или стержневые корни, проникающие в землю до уровня грунтовых вод (30 м и глубже). *Животный мир*: разнообразные грызуны (тушканчики, суслики), копытные (куланы, джейран, вилорогая антилопа), хищники (волк, койот, корсак). Из птиц саджа, рябки, жаворонки. Много пресмыкающихся, насекомых и паукообразных. *Почвы* светло-бурые, сероземы. Экосистемы хрупкие, легко нарушаются в результате перевыпаса, ветровой и водной эрозии.

8. Полувечнозеленые сезонные листопадные тропические леса (тропическая часть Азии, Центральная Америка). *Климат* со сменой сухого (4–6 месяцев) и влажного сезонов, среднегодовое количество осадков 800–1300 мм в год. *Растительность*: господствуют леса. Доминируют деревья верхнего яруса, сбрасывающие листья в сухой сезон. Нижний ярус образуют в основном вечнозеленые деревья и кустарники. Много лиан и эпифитов. *Животный мир*: практически так же богат, как в вечнозеленых тропических дождевых лесах. Характерны слоны, жирафы, буйволы. *Почвы* красные ферраллитные.

9. Вечнозеленые тропические дождевые леса (север Южной Америки, Центральная Америка, западная и центральная части экваториальной Африки, Юго-Восточная Азия, прибрежные районы северо-запада Австралии, острова Индийского и Тихого океанов).

Климат без смены сезонов в связи с близостью к экватору, среднегодовая температура выше 17°C (обычно 28° C), среднегодовое количество осадков превышает 2000–2500 мм в год. *Растительность*: Деревья разной высоты образуют густой полог из многих ярусов (выделяют до 10–12 ярусов). Кустарники отсутствуют, травяной покров беден. На стволах и ветвях деревьев развиваются растения-эпифиты, корни которых не достигают почвы, и деревянистые лианы, укореняющиеся в почве и взбирающиеся по деревьям до их вершин. Видовое разнообразие растений огромно. *Животный мир* по видовому составу очень богат: млекопитающие (обезьяны, ленивцы, ягуары), птицы (попугаи, колибри, туканы). Встречаются многочисленные пресмыкающиеся, земноводные, насекомые с яркой окраской. *Почвы* красно-желтые ферраллитные — маломощные и бедные органическим веществом и минеральными элементами питания растений. Большая часть питательных веществ закреплена в биомассе растительности. При сведении тропических лесов под пашню почвы теряют плодородие за 2–3 года.

Таблица 5. Характеристика различных типов экосистем

Тип экосистемы	Место нахождения	Наличие сезонности	Основные представители		Тип почвы
			животных	растений	

Контрольные вопросы

1. Что такое экосистема?
2. Какие факторы определяют тип экосистем?
3. Какие типы экосистем вы знаете, чем они различаются?

Тема 6. Биогеофизические круговороты веществ (4 ч)

Цель занятия: получить представление о биогеофизических круговоротах веществ в биосфере.

Задание 1. Изучите особенности круговоротов веществ в биосфере.

Задание 2. Составьте краткие схемы круговоротов каждого из изучаемых веществ.

Теоретические сведения

Выделяют большой биосферный круговорот и малый биогеоценотический. Большой биосферный круговорот представляет собой непрерывный планетарный процесс циклического, неравномерного во времени и в пространстве перераспределения вещества, энергии и информации в биосфере. Малый биогеоценотический круговорот происходит внутри биогеоценоза. Биологический или биотический круговорот сформировался с возникновением на планете живого вещества.

1. Круговорот воды

В биосфере вода, непрерывно переходя из одного состояния в другое, совершает малый и большой круговороты. Вода находится в постоянном движении. Испаряясь с поверхности водоемов, почвы, растений, вода накапливается в атмосфере и, рано или поздно, выпадает в виде осадков, пополняя запасы в океанах, реках, озерах и т.п.

Таким образом, количество воды на Земле не изменяется, она только меняет свои формы — это и есть круговорот воды в природе. Из всех выпадающих осадков 80% попадает непосредственно в океан, 20%, — на сушу. Большинство используемых человеком источников воды пополняется именно за счет этого вида осадков. Вода, выпавшая на сушу собирается в ручейки и реки, попадает в озера и водохранилища — так называемые открытые (или поверхностные) источники водозабора или просачиваясь через почву и подпочвенные слои, пополняет запасы грунтовых вод. Поверхностные и грунтовые воды и составляют два основных источника водоснабжения.

После выпадения часть осадков сразу испаряется и поступает обратно в атмосферу, другая — вновь возвращается в океан речным и подземным стоком, завершая тем самым большой круговорот. Малый круговорот воды происходит при включении её в метаболизм живых организмов, составляющих биоценоз. Вода — важнейший компонент всего живого. Грунтовые воды, проникая сквозь ткани растения в процессе транспирации, привносят минеральные соли, необходимые для жизнедеятельности самих растений. Важное свойство круговорота воды заключается в том, что он, взаимодействуя с литосферой, атмосферой и живым веществом, связывает воедино все части гидросферы: океан, реки, почвенную влагу, подземные воды и атмосферную влагу (рис. 5).



Рис. 5. Круговорот воды

Наиболее замедленной частью круговорота воды является деятельность полярных ледников, что отражают медленное движение и скорейшее таяние ледниковых масс. Наибольшей активностью обмена после атмосферной влаги отличаются речные воды, которые сменяются в среднем каждые 11 дней. Чрезвычайно быстрая возобновляемость основных источников пресных вод и опреснение вод в процессе круговорота являются отражением глобального процесса динамики вод на земном шаре.

2. Круговорот углерода

Углерод в биосфере часто представлен наиболее подвижной формой — углекислым газом. Источником первичной углекислоты биосферы является вулканическая деятельность, связанная с вековой дегазацией мантии и нижних горизонтов земной коры.

Миграция углекислого газа в биосфере Земли протекает двумя путями. Первый путь заключается в поглощении его в процессе фотосинтеза с образованием органических веществ и в последующем захоронении их в литосфере в виде торфа, угля, горных сланцев, рассеянной органики, осадочных горных пород. Так, в далекие геологические эпохи сотни миллионов лет назад значительная часть фотосинтезируемого органического вещества не использовалась ни консументами, ни редуцентами, а накапливалась и постепенно погребалась под различными минеральными осадками.

Находясь в породах миллионы лет, этот детрит под действием высоких температур и давления (процесс метаморфизации) превращался в нефть, природный газ и уголь, во что именно — зависело от исходного материала, продолжительности и условий пребывания в породах. Теперь мы в огромных количествах добываем это ископаемое топливо для обеспечения потребностей в энергии, а сжигая его, в определенном смысле завершаем круговорот углерода (рис. 6).

По второму пути миграция углерода осуществляется созданием карбонатной системы в различных водоемах, где CO_2 переходит в H_2CO_3 , $\text{HCO}_3\text{-1}$, $\text{CO}_3\text{-2}$. Затем с помощью растворенного в воде кальция (реже магния) происходит осаждение карбонатов CaCO_3 биогенным и abiогенным путями. Возникают мощные толщи известняков.

Наряду с этим большим круговоротом углерода существует еще ряд малых его круговоротов на поверхности суши и в океане.

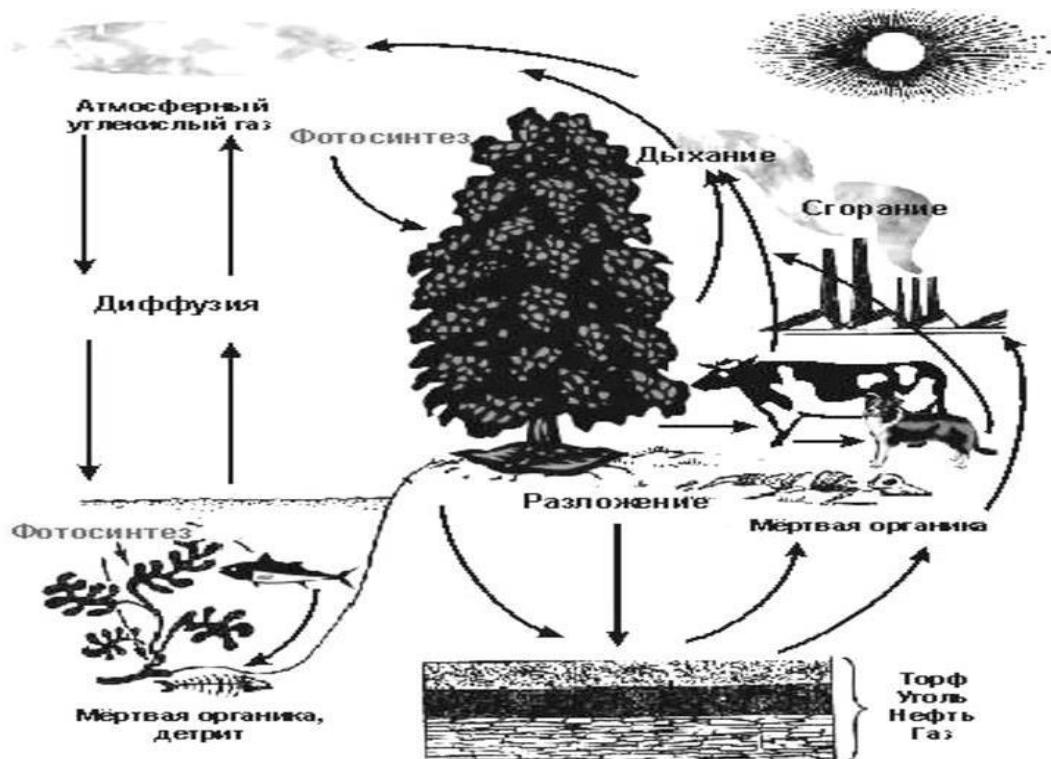


Рис. 6. Круговорот углерода

В пределах суши, где имеется растительность, углекислый газ атмосферы поглощается в процессе фотосинтеза в дневное время. В ночное время часть его выделяется растениями во внешнюю среду. С гибелю растений и животных на поверхности происходит окисление органических веществ с образованием CO₂. Особое место в современном круговороте веществ занимает массовое сжигание органических веществ и постепенное возрастание содержания углекислого газа в атмосфере, связанное с ростом промышленного производства и транспорта.

3. Круговорот кислорода

Кислород — наиболее активный газ. В пределах биосфера происходит быстрый обмен кислорода среды с живыми организмами или их остатками после гибели.

В составе земной атмосферы кислород занимает второе место после азота. Господствующей формой нахождения кислорода в атмосфере является молекула O₂. Круговорот кислорода в биосфере весьма сложен, поскольку он

вступает во множество химических соединений минерального и органического миров.

Свободный кислород современной земной атмосферы является побочным продуктом процесса фотосинтеза зеленых растений и его общее количество отражает баланс между продуцированием кислорода и процессами окисления и гниения различных веществ. В истории биосфера Земли наступило такое время, когда количество свободного кислорода достигло определенного уровня и оказалось сбалансированным таким образом, что количество выделяемого кислорода стало равным количеству поглощаемого кислорода (Рис. 7).

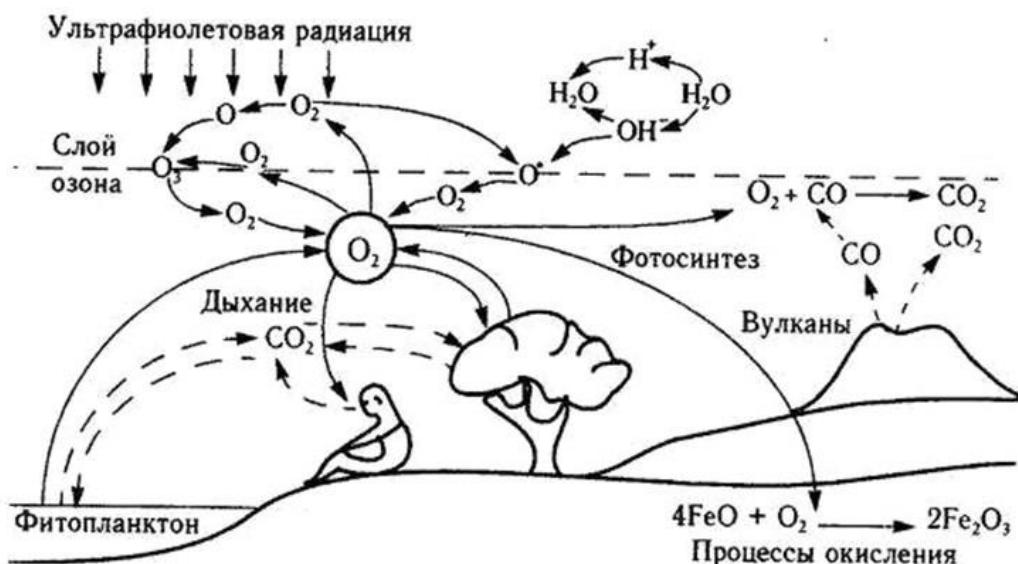
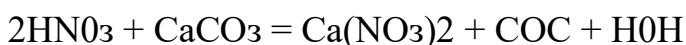


Рис. 7. Круговорот кислорода

4. Круговорот азота

При гниении органических веществ значительная часть содержащегося в них азота превращается в аммиак, который под влиянием живущих в почве нитрифицирующих бактерий окисляется затем в азотную кислоту. Азотная кислота, вступая в реакцию с находящимися в почве карбонатами, например с карбонатом кальция CaCO₃, образует нитраты:



Некоторая же часть азота всегда выделяется при гниении в свободном виде в атмосферу.

Свободный азот выделяется также при горении органических веществ, при сжигании дров, каменного угля, торфа. Кроме того, существуют бактерии, которые при недостаточном доступе воздуха могут отнимать кислород от нитратов, разрушая их с выделением свободного азота. Деятельность этих денитрифицирующих бактерий приводит к тому, что часть азота из доступной для зеленых растений формы (нитраты) переходит в недоступную (свободный азот). Таким образом, далеко не весь азот, входивший в состав погибших растений, возвращается обратно в почву; часть его постепенно выделяется в свободном виде (рис. 8).



Рис. 8. Круговорот азота

Непрерывная убыль минеральных азотных соединений давно должна была бы привести к полному прекращению жизни на Земле, если бы в природе не существовали процессы, возмещающие потери азота. К таким процессам относятся, прежде всего, происходящие в атмосфере электрические разряды, при которых всегда образуется некоторое количество оксидов азота; последние с водой дают азотную кислоту, превращающуюся в почве в нитраты. Другим источником пополнения азотных соединений почвы является жизнедеятельность так называемых азотобактерий, способных

усваивать атмосферный азот. Некоторые из этих бактерий поселяются на корнях растений из семейства бобовых, вызывая образование характерных клубеньков. Усваивая атмосферный азот, клубеньковые бактерии перерабатывают его в азотные соединения, а растения, в свою очередь, превращают последние в белки и другие сложные вещества. Таким образом, в природе совершается непрерывный круговорот азота. Однако ежегодно с урожаем с полей убираются наиболее богатые белками части растений, например зерно. Поэтому в почву необходимо вносить удобрения, возмещающие убыль в ней важнейших элементов питания растений.

5. Круговорот фосфора

Фосфор входит в состав генов и молекул, переносящих энергию внутрь клеток. В различных минералах фосфор содержится в виде неорганического фосфат — иона $(\text{PO}_4)^{3-}$. Фосфаты растворимы в воде, но не летучи. Растения поглощают $(\text{PO}_4)^{3-}$ из водного раствора и включают фосфор в состав различных органических соединений, где он выступает в форме так называемого органического фосфата. По пищевым цепям фосфор переходит от растений ко всем прочим организмам экосистемы. При каждом переходе велика вероятность окисления содержащего фосфор соединения в процессе клеточного дыхания для получения организмом энергии. Когда это происходит, фосфат в составе мочи или ее аналога вновь поступает в окружающую среду, после чего снова может поглощаться растениями и начинать новый цикл (рис. 9).

В отличие, например, от углекислого газа, который, где бы он ни выделялся в атмосферу, свободно переносится в ней воздушными потоками пока снова не усвоится растениями, у фосфора нет газовой фазы и, следовательно, нет "свободного возврата" в атмосферу. Попадая в водоемы, фосфор насыщает, а иногда и перенасыщает экосистемы. Обратного пути, по сути дела, нет. Что-то может вернуться на сушу с помощью рыбоядных птиц, но это очень небольшая часть общего количества, оказывающаяся к тому же вблизи побережья.

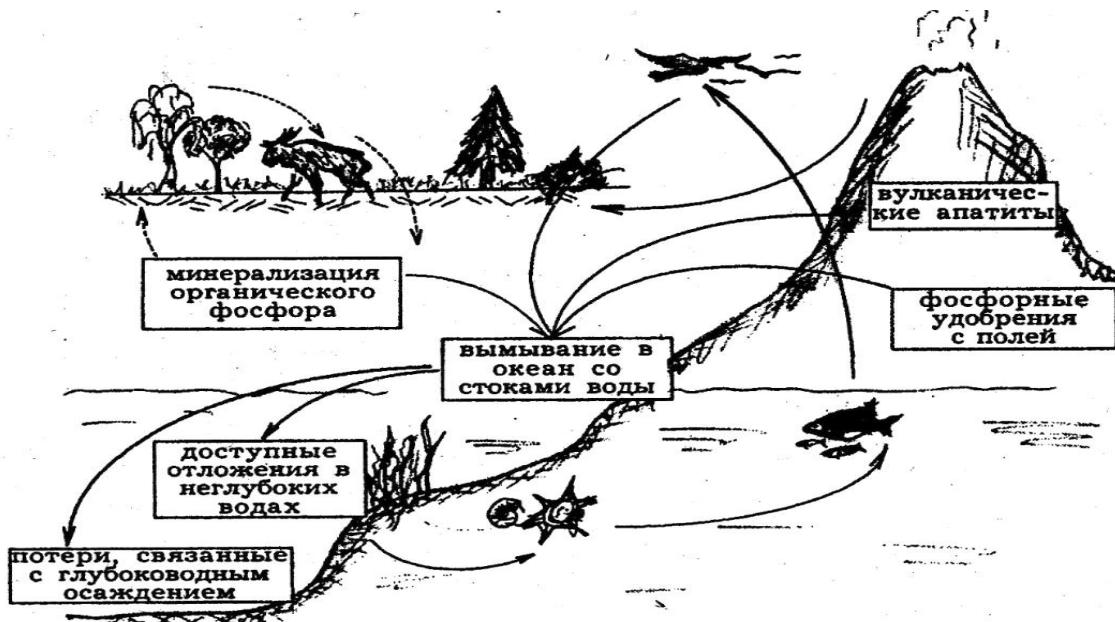


Рис. 9. Круговорот фосфора

Океанические отложения фосфата со временем поднимаются над поверхностью воды в результате геологических процессов, но это происходит в течение миллионов лет.

Следовательно, фосфат и другие минеральные биогены почвы циркулируют в экосистеме лишь в том случае, если содержащие их "отходы" жизнедеятельности откладываются в местах поглощения данного элемента. В естественных экосистемах так в основном и происходит. Когда же в их функционирование вмешивается человек, он нарушает естественный круговорот, перевозя, например, урожай вместе с накопленными из почвы биогенами на большие расстояния к потребителям.

6. Круговорот серы

Сера является важным составным элементом живого вещества. Большая часть ее в живых организмах находится в виде органических соединений. Кроме того, сера входит в состав некоторых биологически активных веществ: витаминов, а также ряда веществ, выступающих в качестве катализаторов окислительно-восстановительных процессов в организме и активизирующих некоторые ферменты.

Сера представляет собой исключительно активный химический элемент биосфера и мигрирует в разных валентных состояниях в зависимости от окислительно-восстановительных условий среды. Среднее содержание серы в земной коре оценивается в 0,047 %. В природе этот элемент образует свыше 420 минералов.

В изверженных породах сера находится преимущественно в виде сульфидных минералов: пирита, пирронита, халькопирита, в осадочных породах содержится в глинах в виде гипсов, в ископаемых углях — в виде примесей серного колчедана и реже в виде сульфатов. Серу в почве находится преимущественно в форме сульфатов; в нефти встречаются ее органические соединения (рис. 10).



Рис. 10. Круговорот серы

В связи с окислением сульфидных минералов в процессе выветривания сера в виде сульфат — иона переносится природными водами в Мировой океан. Серу поглощается морскими организмами, которые богаче ее неорганическими соединениями, чем пресноводные и наземные.

Контрольные вопросы

- Что такое биогеохимический круговорот веществ в биосфере?
- Какие круговороты веществ вы знаете?
- Каково значение изучаемых веществ в жизни организмов?

Тема 7. Происхождение жизни на Земле, эволюция биосфера

Цель занятия: ознакомиться с основными гипотезами возникновения и эволюции жизни на Земле. Научится аргументировано отстаивать свою точку зрения.

Задание 1. Используя лекционный материал и СМИ, получить представление о возникновении жизни на Земле и эволюции биосферы, подготовиться к дискуссии. Во время дискуссии студенты объединяются в небольшие группы в зависимости от принятой ими теории, озвучивают свою точку зрения, приводят аргументы в её защиту и контраргументы опровергающие воззрения оппонентов. Не допускается неуважительное отношение к оппонентам, повышение голоса.

РАЗДЕЛ 2. АНТРОПОГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА БИОСФЕРУ

Тема 8. Особенности агробиоценозов

Цель занятия: ознакомиться с понятием агробиоценоз и его особенностями

Задание 1. Изучить свойства природных и аграрных биогеоценозов.

Задание 2. Изучив особенности природных и аграрных биогеоценозов, заполните таблицу 6.

Теоретические сведения

Агробиогеоценоз — это природный комплекс, преобразованный человеком для посева (посадки) и выращивания культурных, реже диких травянистых растений. Помимо полей, пашен, садов, огородов к агробиоценозам относят также экосистемы закрытого грунта — теплицы, парники, оранжереи, предназначенные для выращивания овощей, цветов и др. травянистых растений.

Центральным звеном агробиоценоза является агрофитоценоз.

Агрофитоценоз — это растительное сообщество, созданное человеком. Помимо высаженных человеком растений компонентами агрофитоценоза являются сорняки, водоросли, грибы, иногда мхи.

Агрофитоценоз со средой своего обитания и составляет агробиогеоценоз. В агробиогеоценозе присутствуют все экологические группы организмов, осуществляющие синтез и распад органического вещества; продуценты, консументы и редуценты. Однако, в отличие от природных биогеоценозов в них изменены и фитоценоз, и зооценоз, и микробоценоз, и неживая природа, в них значительно меньше видовой состав организмов. Антропогенный фактор оказал влияние на физико-химические и биологические свойства биотических и абиотических компонентов биогеоценоза, его структуру и функции. В то же время обще принципы организации аграрных и природных биогеоценозов однотипны.

Скорость инфильтрации воды в почвенную толщу в аграрных биогеоценозах намного ниже, чем в природных. Просачивание воды в почву зависит от поверхностного стока.

Чем меньше воды стекает с поверхности земли, тем больше впитывается в почву. В естественных биогеоценозах уменьшению стока способствует обильная растительность. Кроме того, в почвах аграрных биогеоценозах содержится меньше органических каллоидов, обладающих водоудерживающей способностью. В то же время наличие обильного растительного покрова в природных биогеоценозах способствует большему испарению влаги и более низкой температуре, чем в аграрных биогеоценозах.

Источником энергии для работы природных экосистем является только солнечная энергия, фиксируемая при фотосинтезе. Аграрные экосистемы функционируют за счет солнечной энергии и при высоких энергетических субсидиях, особенно при интенсивной системе растениеводства.

В естественных экосистемах степень замкнутости циклов минеральных элементов высокая, практически все элементы циркулируют по замкнутому кругу, а в искусственных — низкая, вынос элементов из агроэкосистемы с урожаем очень значителен.

В природе возможность оттока веществ из экосистемных связей низкая, в аграрных биогеоценозах выносится до 50% вносимых удобрений, теряется гумус и минеральные удобрения вследствие эрозии, вымываются пестициды.

В аграрных биогеоценозах, в отличие от природных, механизмы саморегуляции, самовоспроизведения и самосохранения подавлены. Их длительное существование возможно только, при постоянном участии человека. Как только воздействие человека на агробиогеоценозы прекращается, они «дичают» и через некоторое время превращаются в природные биогеоценозы

Таблица 6. Сравнительная характеристика природных и аграрных биогеоценозов

Экосистемные свойства	Природные БГЦ	Аграрные БГЦ
Скорость инфильтрации		
Величина стока		
Растительный покров		
Опад и другие остатки		
Потери почвенной влаги на испарение		
Почвенные каллоиды		
Температура почвы		
Генетическое разнообразие		
Источники энергии		
Степень замкнутости циклов минеральных элементов		
Возможность оттока веществ из экосистемных связей		
Способность к самосохранению и самовоспроизведению		

Контрольные вопросы

1. Что такое агробиогеоценоз?
2. Что является центральным звеном агробиоценоза?
3. В чем основные отличия природных экосистем от агробиогеоценозов?

Тема 9. Нормирование качества окружающей среды

Цель занятия: ознакомиться с показателями загрязнения окружающей среды.

Задание 1. Изучить санитарно-гигиенические, производственно-хозяйственные и комплексные показатели загрязнения окружающей среды.

Задание 2. Ознакомиться с основными гигиеническим нормативами содержания химических веществ в почве.

Задание 3. Получив исходные данные от преподавателя, рассчитайте показатель степени загрязнения почвы.

Теоретические сведения

Загрязнением называется содержание в почве каких-либо веществ в количестве, превышающем фоновое, т.е. характерное для ее природного химического состава. Для оценки степени загрязнения используют различные показатели: санитарно-гигиенические, производственно-хозяйственные и комплексные.

К **санитарно-гигиеническим показателям** относятся ПДК и ПДУ.

Предельно допустимая концентрация вредных веществ (ПДК) — это максимальная концентрация вещества в почве, воздухе или водной среде, которая при периодическом воздействии или на протяжении всей жизни человека не оказывает на него вредного влияния включая отдаленные последствия.

Величина ПДК обосновывается клиническими санитарно-гигиеническими исследованиями, носит законодательный характер и действует на территории всего государства.

В настоящее время в РФ действует более 1900 ПДК вредных веществ для водоемов, более 500 для атмосферного воздуха, и более 130 для почвы.

Для вредных веществ в атмосфере устанавливают два норматива:

I норматив — ПДК максимально разовый, II норматив — ПДК среднесуточная.

ПДК м.р. (максимально разовый) — это такая концентрация вредных веществ в воздухе, которая не должна вызывать при вдыхании его в течение 30 мин рефлекторных реакций в организме человека.

ПДК с.р. (среднесуточная) — это такая концентрация вредных веществ в воздухе, которая не должна оказывать прямого или косвенного вредного воздействия на человека при неопределенном долгом времени.

При наличии двух или более примесей возможно проявление эффекта суммации, который учитывает совместное воздействие примесей на человека и ОС в целом.

Качество окружающей среды должно соответствовать установленным нормативам

Предельно допустимый уровень воздействия (ПДУ) — это уровень, который не представляет опасности для здоровья человека, состояния животных, растений и их генетического фонда. (ПДУ шума, вибрации, радиации).

Производственно-хозяйственные показатели — это ПДВ и ПДС.

Предельно допустимый выброс веществ (ПДВ) или **предельно допустимый сброс веществ (ПДС)** — это предельное количество загрязняющего вредного вещества разрешенного к выбросу в атмосферу или сбросу в водоем от данного источника, которое не создает приземную концентрацию опасную для людей и живых организмов (не превышая ПДК). ПДВ или ПДС устанавливается для каждого стационарного источника отдельно, т.к. они определяются характером выбросов конкретного предприятия.

Комплексным показателем является ПДН. **Предельно допустимая нагрузка (ПДН)** — предельно допустимая нагрузка на окружающую природную среду, показатель воздействия одного или нескольких загрязняющих веществ, превышение которого может привести к вредному воздействию на окружающую среду.

Основные гигиенические нормативы содержания химических веществ в почве

Для оценки уровня загрязнения почвы используют показатели санитарно-гигиенического нормирования — ПДК — предельно допустимые концентрации вещества в почве, воде, воздухе или продукции, не вызывающие значительных отклонений в здоровье человека. Проводится оценка по четырем основным показателям:

- транслокационному — переход загрязняющего вещества из почвы в растение через корневую систему;
- миграционно-воздушному — переход загрязняющих веществ в воздух;
- миграционно-водному — переход загрязняющих веществ в воду;
- общесанитарному — влияние загрязняющих веществ на способность почвы к самоочистке и ее биологическую активность.

При оценке уровня загрязнения почвы определяют валовое содержание загрязняющего вещества в почве, если оно превышает ПДК, то необходимо определить содержание подвижных форм токсиканта, которые наиболее опасны для экосистем. Если же содержание загрязняющих веществ не превышает ПДК, подвижные формы не определяют. Гигиенические нормативы содержания химических веществ в почве приведены в таблице 7.

При оценке почвы по четырем основным показателям санитарно-гигиенического нормирования загрязнение может иметь четыре уровня:

1. Допустимое — содержание химических веществ выше фонового, но не выше ПДК.
2. Умеренно-опасное — содержание химических веществ в почве выше ПДК при лимитирующем общесанитарном, миграционном водном и миграционном воздушном показателях вредности, но ниже ПДК по транслокационному показателю.

Таблица 7. Гигиенические нормативы содержания химических веществ в почве

Наименование вещества	ПДК, мг/кг почвы	Лимитирующий показатель	Класс опасности
Альфаметилстирол	0,5	Воздушно-миграционный	3
Ацетальдегид	10,0	Воздушно-миграционный	3
Бензапирен	0,02	Общесанитарный	1
Бензин	0,1	Воздушно-миграционный	2
Бензол	0,3	Воздушно-миграционный	1
Изопропилбензол	0,5	Воздушно-миграционный	3
Изопропилбензол + альфаметилстирол	0,5	Воздушно-миграционный	2
Ксиолы (орт-, мета-, пара)	0,3	Транслокационный	3
Отходы флотации угля (далее — ОФУ)	3000	Водно-миграционный и общесанитарный	1
Стирол	0,1	Воздушно-миграционный	3
Толуол	0,3	Транслокационный и воздушно-миграционный	2
Фенантрен	0,01	Фитотоксический	1
Формальдегид	7,0	Воздушно-миграционный	2
Фурфурол	3,0	Общесанитарный	3
Ванадий	150,0	Общесанитарный	3
Ванадий+марганец	100,0+1000,0	Общесанитарный	2
Мышьяк	2,0	Транслокационный	1
Нитраты	130,0	Водно-миграционный	1
Свинец	32,0	Общесанитарный	1
Сера (препараты — Суперсикс, Польсульколь, Сульфарид)	160,0	Общесанитарный	3
Сероводород	0,4	Воздушно-миграционный	4
Суперфосфат (P_2O_5)	200,0	Транслокационный	4
Сурьма	4,5	Воздушно-миграционный	2
Ртуть	2,1	Транслокационный	1
Хлористый калий	360,0	Водно-миграционный	4

3. Высоко опасное загрязнение — содержание химических веществ в почве выше ПДК при лимитирующем транслокационном показателе вредности.

4. Чрезвычайно опасное загрязнение — содержание химических веществ в почве превышает ПДК по всем показателям.

Класс опасности вредных веществ устанавливают в зависимости от норм и показателей, указанных в таблице 8. Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Таблица 8. Класс опасности вредных веществ

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	I	II	III	IV
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	более 10,0
Средняя смертельная доза (ЛД50) при введении в желудок, мг на 1 кг массы тела	менее 15	15-150	151-5000	более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг на 1 кг массы тела	менее 100	100-500	501-2500	более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	менее 500	500-5000	5001-50000	более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	более 300	300-30	29-3	менее 3
Зона острого действия	менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	более 54,0
Зона хронического действия	более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	менее 2,5

Степень загрязнения почвы сразу несколькими элементами рассчитывают по данной формуле: $Z_c = \sum K_c - (n - 1)$,

где Z_c — суммарный показатель загрязнения почвы,

n — число определяемых ингредиентов,

K_c — коэффициент концентрации элемента или вещества, равный отношению загрязняющего вещества в почве к фоновому.

Рассчитав степень загрязнения, по его величине почвы относят к четырем категориям:

$Z_c < 16$ — первая категория загрязнения;

$Z_c = 16 - 32$ — вторая категория загрязнения;

$Z_c = 33 - 128$ — третья категория загрязнения;

$Z_c > 128$ — четвёртая категория загрязнения.

Определение категории почвы по степени загрязнения необходимо для взыскания ущерба с предприятия или организации, виновников данного загрязнения. Так, при загрязнении четвёртой категории ущерб взымается в объеме 100% нормативов стоимости, поскольку при таком уровне загрязнения почва исключается из сельскохозяйственного использования; при загрязнении третьей категории (высоко опасное загрязнение) ущерб определяют около 50% нормативов стоимости, т.к. необходим постоянный контроль за содержанием загрязняющих веществ в почве, воде, воздухе и продукции, а также на проведение мероприятий препятствующих поступлению токсинов из почвы в растения.

Контрольные вопросы

1. Что называют загрязнением?
2. Какие уровни загрязнения вы знаете?
3. Что определяет класс опасности?

Тема 10. Оптимизация потребления растительной продукции с нитратами

Цель занятия: познакомиться с особенностями накопления нитратов в продукции растениеводства.

Задание 1. Изучить факторы, влияющие на накопление нитратов в растениеводческой продукции.

Задание 2. Установить возможное суточное потребление продуктов питания, содержащих нитраты, для человека.

Теоретические сведения

Разные сельскохозяйственные культуры имеют неодинаковую потенциальную способность к накоплению нитратов. Это обусловлено особенностями реакций растений на изменения экологических факторов и их внутренними биологическими свойствами, к которым относятся видовые, сортовые и возрастные различия, физиологическая специализация отдельных органов или тканей растений и доля их участия в процессах поглощения, транспорта в надземные органы.

У одних растений и сортов накопление нитратов связано с интенсивным их поглощением из среды, у других — с низкой скоростью ассимиляции нитрат-ионов. Биологические особенности разных культур являются определяющим фактором к большему или меньшему накоплению нитратов.

В процессе вегетации молодые растения накапливают наибольшее количество нитратов, а по мере приближения к биологической зрелости запас этот активно используется и концентрация его снижается. По этой причине позднеспелые сорта овощных культур отличаются меньшим накоплением нитратов, чем скороспелые. Нитраты активно накапливаются растениями при недостатке света. Способствуют накоплению нитратов также сухость воздуха и почвы.

Нитратов больше содержится в проводящих тканях растений (стебель, кочерыжка, жилки листьев), меньше в пластинах листьев и еще меньше в

плодах и семенах. Знание распределения нитратов в органах овощных культур позволяет снизить попадание значительного количества их в организм человека.

Возможное суточное потребление человеком нитратов, содержащихся в продуктах питания, не должно превышать 3,8 мг на 1 кг веса человека, а по данным ВОЗ — 5 мг/кг, причем в эту величину входят нитраты питьевой воды и воздуха.

Пример решения задачи. Требуется определить суточное потребление дыни при содержании в ней нитратов 80 мг/кг сырой массы, если с другими продуктами питания поступает 210 мг нитратов.

Исходные данные. Вес человека — 80 кг. Суточное потребление нитратов не должно превышать 3,8 мг/кг веса.

Решение. 1. Рассчитываем возможное суточное потребление нитратов в расчете на вес человека 80 кг:

$$3,8 \text{ мг} \times 80 \text{ кг} = 304 \text{ мг}$$

2. Определяем суточное потребление нитратов дыни, с учетом количества нитратов с другими продуктами:

$$304 \text{ мг} - 210 \text{ мг} = 94 \text{ мг}$$

3. Находим возможное суточное потребление дыни:

$$94 \text{ мг} \div 80 \text{ мг} = 1,2 \text{ кг.}$$

Определите возможное суточное потребление продукции растениеводства без вреда для здоровья:

1. Какое количество арбуза, содержащего 120 мг нитратов на 1 кг сырой массы, можно съесть в сутки без вреда для организма, не учитывая другие источники их поступления?

2. Картофель содержит 220 мг нитратов на 1 кг сырой массы. Рассчитайте для себя суточное потребление картофеля, если в других продуктах питания количество нитратов составляет 200 мг.

3. В салате содержится нитратов 500 мг, свекле столовой 500 мг, картофеле 100 мг, моркови 100 мг на 1 кг сырой массы. Определите для своего веса в кг суточное потребление названных овощей.

4. Установите суточное потребление овощей (в кг) если в картофеле содержится нитратов 200 мг, кабачке 80 мг, томатах 70 мг на 1 кг сырой массы. При этом с другими продуктами питания в организм поступает 45 мг нитратов.

5. Установите для своего веса суточное потребление фруктов (в кг), если нитратов в яблоках 80 мг, грушах 60 мг, винограде 70 мг на 1 кг сырой массы.

Контрольные вопросы

1. При каких условиях наблюдается повышенное накопление нитратов в растениях?
2. Назовите источники попадания нитратов в экосистемы.
3. Особенности накопления нитратов в овощах.
4. Воздействие избыточного количества нитратов на организм человека.
5. Назовите способы снижения концентрации нитратов в продуктах питания.

Тема 11. Оценка загрязнения агроэкосистем тяжелыми металлами

Цель работы: познакомиться с методикой расчета загрязнения почвы тяжелыми металлами, научиться оценивать результаты расчетов.

Задание 1. Изучить методику расчета загрязнения почвы тяжелыми металлами.

Задание 2. Сделав необходимые расчеты по своему варианту задачи, установить категорию загрязнения пахотной почвы тяжелыми металлами и мероприятия для снижения этой загрязненности. Результаты занести в таблицу 12.

Теоретические сведения

Тяжелые металлы (ТМ) — элементы с атомной массой более 50 единиц, по степени, по степени токсичности действия на окружающую среду подразделяются на 3 класса опасности:

- 1) кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк, титан
- 2) кобальт, никель, молибден, медь, хром
- 3) ванадий, марганец, сурьма

Источники поступления тяжелых металлов делятся на природные (выветривание горных пород и минералов, эрозийные процессы, вулканическая деятельность) и техногенные (добыча и переработка полезных ископаемых, сжигание топлива, движение транспорта, деятельность сельского хозяйства). Тяжелые металлы накапливаются в почве, особенно в верхних гумусовых горизонтах, и медленно удаляются при выщелачивании, потреблении растениями, эрозии и дефляции — выдувании почв.

Период полуудаления или удаления половины от начальной концентрации составляет продолжительное время: для цинка — от 70 до 510 лет, для кадмия — от 13 до 110 лет, для меди — от 310 до 1500 лет и для свинца — от 740 до 5900 лет. В гумусовой части почвы происходит первичная трансформация попавших в нее соединений.

Токсичность тяжелых металлов для живых организмов определяется как свойствами и уровнем концентрации самих элементов, так и их миграционной способностью, а также степенью накопления в органах и тканях.

При загрязнении почвы несколькими элементами оценка опасности производится по формуле:

$$Z_3 = \sum K_C - (n - 1),$$

где K_C — коэффициент концентрации элемента, определяемый отношением его валового содержания в загрязненной почве к фоновому (табл. 9);
 n — количество химических элементов загрязнителей.

Таблица 9. Фоновое содержание валовых форм тяжелых металлов в слое почвы 0-20 см

Почвы	Zn	Cd	Pb	Hg	Cu	Co	Ni
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	28	0,05	6	0,05	8	3	6
Дерново-подзолистые глинистые и суглинистые	45	0,12	15	0,1	15	10	30
Серые лесные	60	0,2	16	0,15	18	12	35
Черноземы	68	0,24	20	0,2	25	15	45
Черноземы типичные и выщелоченные	28,5	0,09	8,9	—	10,5	—	21,6
Лугово-черноземные	35	0,17	10,1	—	12,5	—	22,7

Пример. Требуется установить категорию загрязнения лугово-черноземной почвы тяжелыми металлами и показатели здоровья людей. В выводе представить мелиоративные и организационные мероприятия по снижению загрязнения и определить возможное использование почвы.

Исходные данные. Валовое содержание ТМ в лугово-черноземной почве следующее (мг/кг): свинец- 206, кадмий — 2,95, никель — 100, цинк — 81.

Решение. Рассчитываем по формуле показатель $Z_3 = 41,5$. Используя таблицу 10 устанавливаем, что степень загрязнения высокая, что соответствует увеличению числа хронических заболеваний и нарушению сердечно-сосудистой системы у людей.

Таблица 10. Ориентировочная шкала загрязнения почв тяжелыми металлами

Z_3	Категория загрязнения почв	Показатели здоровья населения в очагах загрязнения
≤ 2	Допустимая	Низкий уровень заболеваемости детей
2,1-8	Низкая	Низкий уровень заболеваемости взрослых
8,1-32	Средняя	Увеличение общего уровня заболеваемости
32,1-64	Высокая	Увеличение числа болеющих детей с хроническими заболеваниями, нарушение функционирования сердечно-сосудистой системы
≥ 64	Очень высокая	Увеличение случаев токсикоза беременности, преждевременных родов, мертворождаемости

Используя данные таблицы 11, видим, что на рассматриваемой почве допускается выращивание кормовых и технических культур, устойчивых к тяжелым металлам. Для снижения уровня загрязнения рекомендуется удаление верхнего (0-2 см) слоя, известкование, внесение удобрений и сорбентов, а также контроль культур на содержание тяжелых металлов.

Таблица 11. Загрязненные почвы тяжелыми металлами и мероприятия на них

Категория загрязнения почв	Возможное использование	Мелиоративные и организационные мероприятия
Допустимая	Под все с/х культуры	Известкование, внесение удобрений
Низкая	Ограничиваются культуры, высокочувствительные к накоплению ТМ. Потребление продукции растениеводства не ограничивается, за исключением использования для производства диетического и детского питания	Известкование, внесение удобрений и сорбентов
Средняя	Возможно выращивание корнеклубневых плодов, кроме свеклы. Исключается производство столовой зелени, овощей и ягодных культур. Вводятся ограничения на сбор ягод, грибов и лекарственных растений	Глубокая (30-40 см) вспашка. Известкование, внесение удобрений и сорбентов. Контроль культур на содержание ТМ
Высокая	Под кормовые и технические культуры, устойчивые к ТМ. Ограничиваются для продовольственных целей культуры, слабочувствительные к ТМ	Удаление верхнего (0-2 см) слоя, известкование, внесение удобрений и сорбентов, а также контроль культур на содержание ТМ
Очень высокая	Изъятие земель из с/х оборота	Консервация земель. Мониторинг токсикантов

Выполнить необходимые расчеты по своему варианту задачи, установить категорию загрязнения почвы тяжелыми металлами, показатели здоровья людей и определить возможное использование этой почвы. Указать мелиоративные и организационные мероприятия по снижению загрязнения тяжелыми металлами (табл. 12).

Таблица 12. Прогнозируемая степень загрязнения почв ТМ

Z_3	Категория загрязнения почв	Показатели здоровья населения в очагах загрязнения	Возможное использование	Мелиоративные и организационные мероприятия

Варианты задач:

1. Почва — чернозем. Валовое содержание ТМ в почве следующее (мг/кг): свинец- 300, кадмий — 0,95, никель — 35, цинк — 11.
2. Почва — дерново-подзолистая песчаная. Валовое содержание ТМ в почве следующее (мг/кг): кадмий — 0,85, никель — 15, цинк — 3.
3. Почва — лугово-черноземная. Валовое содержание ТМ в почве следующее (мг/кг): медь- 10, кадмий — 0,05, никель — 20,6, цинк — 42.
4. Почва — чернозем типичный. Валовое содержание ТМ в почве следующее (мг/кг): свинец- 10, кадмий — 0,02, медь — 3,5, цинк — 20,1.
5. Почва — серая лесная. Валовое содержание ТМ в почве следующее (мг/кг): ртуть — 0,10, свинец — 10,9, кобальт — 26, никель — 40.
6. Почва — дерново-подзолистая глинистая. Валовое содержание ТМ в почве следующее (мг/кг): цинк — 150, кадмий — 12,3, ртуть — 29.
7. Почва — лугово-черноземная. Валовое содержание ТМ в почве следующее (мг/кг): свинец — 170, кадмий — 2,6, никель — 15, цинк — 18.
8. Почва — серая лесная. Валовое содержание ТМ в почве следующее (мг/кг): кобальт — 170, кадмий — 2,3, ртуть — 3,5, цинк — 10.
9. Почва — дерново-подзолистая глинистая. Валовое содержание ТМ в почве следующее (мг/кг): свинец — 250, кадмий — 0,11, никель — 48, цинк — 69.
10. Почва — чернозем типичный. Валовое содержание ТМ в почве следующее (мг/кг): свинец — 170, медь — 3,45, никель — 56.

Контрольные вопросы

1. Каковы пути поступления тяжелых металлов в окружающую природную среду?
2. Каково влияние тяжелых металлов на здоровье человека?
3. Каковы факторы, определяющие токсичность тяжелых металлов?
4. Какова опасность загрязнения почв тяжелыми металлами?
5. Каковы методы снижения загрязненности почвы тяжелыми металлами?

Тема 12. Оценка загрязнения продуктов питания тяжелыми металлами

Цель работы: ознакомиться с причинами накопления и нормированием содержания тяжелых металлов в пищевых продуктах.

Задание 1. Ознакомиться с источниками поступления тяжелых металлов в окружающую природную среду и причинами попадания их в продукты питания.

Задание 2. Используя исходные данные из таблицы 14 и сведения о ПДК в различных продуктах питания (табл. 15), сделайте вывод о возможном количестве потребления того или иного продукта человеком.

Теоретические сведения

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами приводит к накоплению их в продуктах питания, что опасно для здоровья человека. Поэтому продукты питания следует подвергать анализу на содержание вредных веществ, чтобы их качество не вызывало сомнений.

Следует отметить, что тяжелые металлы могут являться причиной заболеваний человека. Среди них сердечно-сосудистые расстройства, тяжелые формы аллергии. Тяжелые металлы обладают эмбриотропным и канцерогенным свойствами. Они являются генетическими ядами, поскольку аккумулируются в организме с отдаленным эффектом действия.

Накопление в почве и воде кадмия, цинка, никеля, молибдена, марганца, магния может представлять опасность для всего живого. Свинец, мышьяк, селен еще более вредоносны. Тяжелые металлы загрязняют не только почву и воду, они имеются и в воздухе и передвигаются с ветром на большие расстояния. Растения поглощают тяжелые металлы из почвы и с пищей поступают в организм человека. Выхлопные газы автомобиля также разносятся воздушными потоками. Около половины содержащегося в них свинца оседает поблизости от шоссе и накапливается в верхнем слое почвы.

Особый интерес для экологических исследований представляют Cd, Pb и Hg, относящиеся к металлам первого класса опасности.

Из-за несовершенства технологий производства минеральных удобрений выбросы тяжелых металлов в окружающую среду превышают проектные величины в 2-3 раза. В то же время при внесении органических удобрений в дозе 50 т/га в почву поступает: свинца — 38, кадмия — 2,3 и никеля — 75 г/га.

Соединения ртути встречаются в фунгицидах (до последнего времени ртуть содержащие соединения использовались для протравливания семян), при производстве бумаги и синтезе пластмасс. Из всего количества ртути, которое человек получает с пищей, примерно половина приходится на продукты животного происхождения и одна треть — на растительную пищу.

Предельно допустимые концентрации для приоритетных токсикантов в объектах окружающей природной среды приведены в таблице 13.

Таблица 13. Предельно допустимые концентрации приоритетных токсикантов в объектах окружающей природной среды

Элемент	ПДК				
	в пахотном слое почвы, мг/кг	разовая в воздухе населенных мест, мг/м ³	среднесуточная, мг/ м ³	в воде хозяйствственно-питьевого и культурно-бытового водоснабжения, мг/л	в воде для рыбохозяйственных целей, мг/л
Hg	0,1	0,01	0,0003	0,005	—
Pb	20,0	0,01	0,0003	0,03-0,1	0,03-1,0
Zn	—	0,5	0,05	1,0-50	0,01
Ni	—	0,05	0,01	0,1	—
Cu	0,001	0,1	0,002	0,1-0,5	0,001-0,01
Cd	—	0,2	0,001	0,1	0,005
Co	—	0,5	0,001	1,0	0,01

В сертифицированной лаборатории, определяющей качество продуктов питания, получены следующие данные по содержанию тяжелых металлов (мг) в пересчете на 100 г навески продукта (табл. 14). Охарактеризуйте наличие ТМ с точки зрения допустимости употребления продуктов человеком, используя сведения о ПДК.

Таблица 14. Содержание тяжелых металлов в продуктах питания, мг/100 г продукта

Токсиканты, мг	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pb	0,05	0,02	0,05	0,2	0,01	0,03	0,8	0,03	0,07	0,2
Cd	0,01	0,005	0,01	0,05	0,002	0,001	0,3	0,004	0,01	0,1
As	0,4	0,01	0,06	0,06	0,008	0,01	0,05	0,008	0,005	0,05
Hg	0,1	0,001	0,002	0,04	0,005	0,001	0,05	0,002	0,003	0,05
Cu	0,7	0,8	0,05	6	0,07	0,4	25	0,3	1	5
Zn	3	3	0,2	10	5	0,8	15	5	10	15
Продукты питания	рыба морск	крупа	сахар- песок	шоко- лад	моло- ко	овощи свеж.	чай	мясо	колбаса вареная	почки

Обратите внимание на то, что значения ПДК приведены в пересчете на кг продукта. Превышение значений ПДК даже по одному из элементов является основанием для признания продуктов невозможных для употребления. Почему для различных продуктов питания применяются разные значения ПДК?

Таблица 15. Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов в продовольственном сырье и продуктах, мг/кг

Пищевые продукты	Свинец	Кадмий	Мышьяк	Ртуть	Медь	Цинк
<i>Хлебобулочные и кондитерские изделия</i>						
Зерновые	0,5	0,1	0,2	0,03	10	50
Зернобобовые	0,5	0,1	0,3	0,02	10	50
Крупы	0,5	0,1	0,2	0,03	10	50
Мука, кондитерские изделия	0,5	0,1	0,2	0,02	10	50
Хлеб	0,3	0,05	0,1	0,01	5	25
Бараночные и сухарные изделия	0,5	0,1	0,2	0,02	10	30
Отруби пшеничные	1	0,1	0,2	0,03	20	130
Соль поваренная	2	0,1	1	0,01	3	10
Крахмал	0,5	0,1	0,1	0,02	10	30
Сахар-песок	1	0,05	0,5	0,01	1	3
Пектин	1	0,1	0,5	0,1	10	30
Желатин	2	0,03	1	0,05	15	100
Орехи (ядро)	0,5	0,1	0,3	0,03	20	50
Конфеты	1	0,1	0,5	0,01	15	30
Какао-порошок и шоколад	1	0,5	1	0,1	50	70
Печенье	0,5	0,1	0,3	0,02	10	30

Продолжение таблицы 15

1	2	3	4	5	6	7
<i>Молочные изделия</i>						
Молоко, кисломолочные изделия	0,05	0,03	0,05	0,05	1	5
Молоко консервированное	0,3	0,1	0,15	0,015	3	15
Молоко сухое	0,05	0,03	0,05	0,005	1	5
Сыры, творог	0,3	0,2	0,2	0,03	4	50
Масло сливочное, жиры животные	0,1	0,03	0,1	0,03	0,5	5
Казеин	0,3	0,2			4	50
<i>Растительные продукты</i>						
Масло растительное	0,1	0,05	0,1	0,05	1	5
Маргарин и кулинарные жиры	0,1	0,05	0,1	0,05	5	10
Овощи свежие	0,5	0,03	0,2	0,02	5	10
Фрукты, ягоды	0,4	0,03	0,2	0,02	10	10
Грибы	0,5	0,1	0,5	0,05		20
Чай	10	1	1	0,1	100	10
Консервы овощные в стеклянной таре	0,5	0,03	0,2	0,02	5	10
Консервы овощные в металлической таре	1	0,05	0,2	0,02	5	10
Консервы фруктово-ягодные и соки в стеклянной таре	0,4	0,03	0,2	0,02	5	10
Консервы фруктовые, ягодные и соки в металлической таре	1	0,05	0,2	0,02	5	10
Овощи сушеные	0,5	0,03	0,2	0,02	5	10
Фрукты и ягоды сушеные	0,4	0,03	0,2	0,02	5	10
Специи и пряности	5	0,2	5			
<i>Мясные продукты</i>						
Мясо и птица (свежие и мороженые)	0,5	0,05	0,1	0,03	5	70
Колбасы вареные	0,5	0,05	0,1	0,03	5	70
Консервы из мяса и птицы в стеклянной, алюминиевой и цельнотянутой жестянной таре	0,5	0,05	0,1	0,03	5	70
Консервы из мяса и птицы в сборной жестянной таре	2	0,1	0,1	0,03	5	70
Почки и продукты их переработки	1	1	1	0,2	20	100
Яйца	0,3	0,01	0,1	0,02	3	50
Яичный порошок	3	0,1	0,5	0,1	15	200

Окончание таблицы 15

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<i>Рыбные продукты</i>						
Рыба свежая и мороженая пресноводная:						
Хищная	1	0,2	1	0,6	10	40
Нехищная	1	0,2	1	0,3	10	40
Рыба свежая и мороженая морская	1	0,2	5	0,4	10	40
Рыба тунцовая свежая	2	0,2	5	0,7	10	40
Рыба консервированная в стеклянной таре: пресноводная	1	0,2	1	0,3	10	40
Морская	1	0,2	5	0,4	10	40

Методы для снижения токсичности тяжелых металлов в продукции:

- 1) известкование кислых почв, которое уменьшает накопление тяжелых металлов в растениях до безопасных концентраций благодаря тому, что они связываются с органическими веществами почвы в труднодоступные для растений соединения;
- 2) регулярное внесение органических удобрений (навоза, торфа, компоста). Чем выше содержание гумуса в почве, тем меньше тяжелых металлов в продукции;
- 3) термическая обработка овощей, при которой концентрация тяжелых металлов снижается в два раза.

Точные данные о концентрации тяжелых металлов в почве и овощной продукции можно получить, обратившись за консультацией на станцию химизации сельского хозяйства и лабораторию санэпидслужбы.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные источники поступления тяжелых металлов в окружающую среду?
2. В каких продуктах накапливается большее количество тяжелых металлов?
3. Какие методы удаления и детоксикации ионов тяжелых металлов вам известны?

Тема 13. Экологическая экспертиза продукции (4 часа)

Цель работы: познакомиться с основными свойствами продукции, определяющими ее качество; нормативно-правовыми актами регламентирующими состав продуктов растениеводства и животноводства.

Индивидуальное творческое задание: каждому студенту проанализировать состав, представленный на этикетках 5 наименований продуктов питания на наличие искусственных добавок, консервантов, красителей. Выбрать экологически чистые и безопасные продукты путем сравнения состава продукта и списка запрещенных добавок. Для правильного выполнения задания следует использовать нормативно-правовые документы, ГОСТы и ТУ на продукты питания, указанные в списке литературы и другие необходимые для характеристики выбранных продуктов.

Пояснение к заданию

Качество — это совокупность свойств и характеристик продукции, которые придают ей способность удовлетворять установленные или предполагаемые потребности. В настоящее время качественная оценка продуктов растениеводства и животноводства должна включать анализ на их безопасность, так как кроме основных органических соединений продукция может содержать включения техногенного происхождения (нитраты, пестициды, радионуклиды). Основой оценки гигиенического качества служит ее биохимический состав, то есть, содержание углеводов, белков, жиров, витаминов, сухого вещества.

В настоящее время основными нормативами, лимитирующими содержание токсикантов в продуктах питания, являются **допустимые остаточные концентрации (ДОК)** загрязняющих веществ. **ДОК (ПДК, МДУ)** — максимальное количество токсиканта в единице массы продукта, которое при ежедневном поступлении в организм неограниченно долгое время не вызывает неблагоприятных последствий у человека. ДОК вещества устанавливают для каждого пищевого продукта отдельно с учетом того, чтобы

суммарное содержание этого вещества во всех продуктах не превышало допустимую суточную дозу (ДСД). Высокотоксичные вещества, стойкие к воздействию факторов внешней среды и высокой температуре не должны содержаться в продуктах питания. Не допускается содержание токсикантов в детском и диетическом питании.

Выполненное задание студент представляет в виде доклада, в котором должен быть проанализирован химический состав представленных продуктов. Особое внимание следует уделить пищевым добавкам, имеющимся в продуктах питания, уточнить наличие запрещенных веществ и их возможное действие на организм человека.

Контрольные вопросы

1. Что такое качество продукции?
2. Каковы принципы нормирования загрязняющих веществ в продуктах питания?
3. Каковы требования, предъявляемые к пищевым добавкам?
5. Какие нормативно-правовые документы, регламентирующие качество растительной и животной продукции, вы знаете?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гальперин, М.В. Общая экология : учебник / М.В. Гальперин. — 2-е издание. — М. : Форум:ИНФРА-М, 2015. — 336 с. : ил.
2. Агроэкология : учебник / В.А. Черников [и др.] ; под ред. В.А. Черникова, А.И. Чекереса. — М. : Колос, 2000. — 474 с. : ил.
3. Герасименко, В.П. Практикум по агроэкологии : учеб. пособие для вузов / В.П. Герасименко. — СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2009. — 432 с.
4. Коробкин, В.И. Экология : учебник для вузов / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. — Ростов н/Д : Феникс, 2001. — 576 с.
5. Анисимов, А.П. Экологическое право России : учебник для вузов / А.П. Анисимов, А.Я. Рыженков. — М : Высшее образование, 2009. — 504 с.
6. Каплин, В.Г. Основы экотоксикологии : учебное пособие для вузов / В. Г. Каплин. — М : КолосС, 2007. — 232 с.
7. Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России : учеб. и справ. пособие / В.Ф. Протасов. — М : Финансы и статистика, 1999 ; 2000. — 672 с.
8. ГОСТ Р 51074-2003 «Продукты пищевые. Информация для потребителя. Общие требования».
9. СанПиН 2.3.2.560-96 «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов».
10. СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».
11. Экологическая экспертиза : учеб. пособие для вузов / Питулько В.М., ред. — М. : Академия, 2004. — 480 с.

Учебно-практическое издание

Экология : практикум / сост. И.Б. Кузнецова. — Караваево : Костромская ГСХА, 2024. — 63 с. ; 20 см. — 50 экз. — Текст непосредственный.

Компьютерная вёрстка Е.В. Рябикова
Корректор Т.В. Кулинич

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования "Костромская государственная сельскохозяйственная академия"
156530, Костромская обл., Костромской район, пос. Караваево, уч. городок, д. 34

Компьютерный набор. Подписано в печать _____. Заказ № 1175.
Формат 60x84/16. Тираж 50 экз. Усл. печ. л. 3,66. Бумага офсетная.
Отпечатано _____.

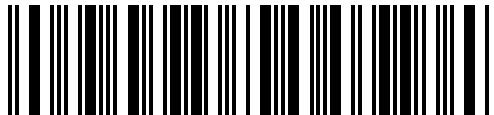
вид издания: первичное (электронная версия)
(редакция от 22.10.2024 № 1175)

Отпечатано с готовых оригинал-макетов в академической типографии
на цифровом дубликаторе. Качество соответствует предоставленным
оригиналам.
(Электронная версия издания - I:\подразделения\рио\издания 2024\1175.pdf)



2024*1175

ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА



2024*1175

(Электронная версия издания - I:\подразделения\рио\издания 2024\1175.pdf)