

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение. Экология как теоретическая основа рационального природопользования (предмет и задачи).
2. Аутэкология (экология особи).
3. Экология популяций (демэкология).
4. Синэкология (экология сообществ).
5. Глобальная экология (учение о биосфере).
6. Экологические проблемы Республики Беларусь.
7. Охрана природных ресурсов.

Тема 1. Экология как теоретическая основа рационального природопользования

- 1. Экологический кризис и его черты.**
- 2. Экологические законы Б. Коммонера.**
- 3. Экология как наука. Предмет и задачи экологии. Уровни организации живых систем и разделы экологии их изучающие.**
- 4. Методы экологических исследований.**

Возрастание значения экологии в современном мире

Взаимодействие человека и природы, общества и среды его обитания в результате бурного роста промышленного производства во всем мире достигло предельных, критических форм и размеров. Актуальным стал вопрос об угрозе самому существованию человечества вследствие истощения природных ресурсов и опасного для жизни человека загрязнения среды его обитания.

Интенсивно потребляя природные ресурсы человечество в прогрессирующей форме улучшало условия развития своей цивилизации, однако, в значительной мере изменило естественные основы собственной жизнедеятельности. Самые мощные преобразования биосферы отмечены в конце XIX века, и в особенности в XX столетии, когда стало развиваться индустриальное производство.

С одной стороны, они принесли значительные блага, но с другой стороны увеличились объемы отходов хозяйственной деятельности, загрязняющих и отравляющих окружающую среду. Современное производство, взяв от природы 100 единиц вещества, использует 3–4, а 97 единиц выбрасывает в природу в виде загрязняющих веществ и других отходов. В расчете на каждого жителя индустриально развитых стран ежегодно из природы извлекается около 30 т вещества, из которых лишь 1–1,5 % принимает форму потребляемого продукта, а остальное составляют отходы, обладающие нередко весьма вредоносными свойствами для природы в целом.

В итоге заметно снизилось самоочищение биосферы, изменяется климат, нарушается баланс кислорода, разрушается озоновый слой, усиливается загрязнение Мирового океана, атмосферы и почвы, исчезают виды растений и животных.

Ухудшение состояния окружающей среды отрицательно влияет на здоровье людей, на производительность их труда и творческую активность. Появляется большое число врожденных пороков развития, наследственных заболеваний, возрастает генетически обусловленная предрасположенность к тяжелым и хроническим болезням, что ведет к их генетическому вырождению. Так, из опубликованных американским Национальным институтом рака данных о смертности от различных видов рака следует, что не менее 60 % случаев раковых заболеваний из 500 тыс. в год вызывается различными канцерогенными факторами окружающей среды.

Вопрос 1.

В 60–70-е годы XX века сформировалось понятие глобального экологического кризиса.

Экологический кризис – это критическое состояние окружающей среды, вызванное деятельностью человечества и характеризующееся несоответствием развития производительных сил и производственных отношений в человеческом обществе ресурсно-экологическим возможностям биосферы.

Основные черты экологического кризиса:

- истощение запасов природных ресурсов;
- загрязнение окружающей среды;
- деградация и опустынивание почв;
- сокращение видового разнообразия организмов;
- демографический взрыв.

Экологический кризис – обратимое критическое состояние окружающей среды, угрожающее существованию человека и отражающее несоответствие развития производительных сил и производственных отношений.

Истощение запасов природных ресурсов – важный аспект экологической проблемы человечества. Он состоит из двух компонентов:

- сырьевого, причинами которого являются высокие темпы потребления минеральных ресурсов, некомплексный характер их добычи и переработки, ориентация на экстенсивное природоэксплуатирующее производство, слабое использование отходов производства и вторичного сырья. Так, ежегодно из земных недр безвозвратно извлекается свыше 100 млрд. т полезных ископаемых, выплавляется 800 млн. т различных металлов.

- разрушение естественных экосистем на огромных территориях суши.

Геохимическое загрязнение биоты и окружающей среды, создаваемое в основном пятью отраслями промышленности (теплоэнергетикой, черной и цветной металлургией, нефтедобычей, нефтехимией, производством строительных материалов) состоит из насыщения живого сверхтоксичными тяжелыми металлами (ртутью, свинцом, кадмием, мышьяком и др.) и загрязнения атмосферы, гидросферы и литосферы, глобальными последствиями которых являются:

- глобальное потепление, вызванное парниковым эффектом атмосферы;
- увеличение размеров озоновых дыр;
- кислотные осадки;
- загрязнение воздуха, поверхностных и подземных вод;
- нарушение экологии гидросферы;
- нарушение глобальных функций почвы;
- обезлесение;
- опустынивание;
- сокращение биологического разнообразия.

Одним из наиболее угрожающих параметров экологического кризиса является экспоненциальный рост народонаселения Земли, который американский биолог Пол Эрлих назвал «демографическим взрывом». Его начало приходится на 1950-е годы, он продолжается вплоть до настоящего времени.

До XVII в. население Земли увеличивалось медленно. Так, в I в. н. э. оно составляло примерно 150 миллионов. К XVII в. достигло численности в 500 миллионов человек. Затем наблюдаются резкие темпы роста. Так, с 1992 года численность населения мира ежедневно увеличивалась на 254 тыс. человек, менее 13 тыс. из них – это доля промышленно развитых стран, остальные 241 – развивающихся стран. Из них 60 % приходилось на Азию, 20 % – Африку, 10 % – Латинскую Америку.

Итак, последние несколько десятилетий принесли человечеству небывалое прогрессивное изменение его производительных сил, но и столь же небывалое обострение экологических проблем.

Однако их можно решить, если каждый человек будет экологически мыслить и действовать, грамотно пользоваться природными ресурсами на основании понимания основных законов развития экосистем.

Вопрос 2.

Известный американский эколог Барри Коммонер в 1974 году сформулировал четыре закона экологии, которыми необходимо руководствоваться человеку в его отношениях с природой.

1. Все связано со всем. Вселенная в целом предстает как единый живой организм. То же можно сказать и о системах более низких иерархических уровней, таких как планета, биосфера, экосистема, многоклеточное существо и т.п. Любые попытки внести изменения в отлаженный организм природы, чреваты необратимыми последствиями. Действия человека должны быть направлены не на покорение природы и преобразование ее в своих интересах, а на адаптацию к ней.

Этот закон является узловым положением в природопользовании и свидетельствует, что даже небольшие изменения человеком в одной экосистеме могут привести к большим отрицательным последствиям в других экосистемах. Например, вырубка лесов и последующее уменьшение свободного кислорода, а также выбросы в атмосферу оксида азота и фреона привели к истощению озонового слоя в атмосфере, что, в свою очередь, увеличило интенсивность ультрафиолетового излучения, достигающего земли и губительно действующего на живые организмы.

2. Все должно куда-то деваться. В природе продукты жизнедеятельности одних организмов служат «сырьем» для других. Так, для любого органического вещества, вырабатываемого организмами, в природе существует фермент, способный это вещество разложить. В природе ни одно органическое вещество не будет синтезировано, если нет средств для его разложения.

Однако, человек создал (и продолжает создавать) химические соедине-

ния, которые, попадая в природную среду, не разлагаются, накапливаются и загрязняют ее. В нормально функционирующей экосистеме идет развитие по безотходному замкнутому кругу, но если в этот круг вклинивается вещество, по своей природе не участвующее в метаболизме, то оно будет накапливаться и выведет из строя всю экосистему.

3. Природа «знает» лучше. Этот закон призывает к осторожности во взаимоотношениях с природой. Недаром сам Б. Коммонер через два года дополнил формулировку этого закона: «Природа знает лучше, что делать, а люди должны решать, как сделать это как можно лучше».

За многие миллионы лет существования биосферы полностью сформировались связи и механизмы ее функционирования. Человечество же прошло гораздо более короткий путь развития, чем биосфера Земли. Необдуманное, безответственное вмешательство людей в природу может привести (и приводит) к уничтожению отдельных связей между звеньями экосистем и к невозможности возврата экосистем в первоначальное состояние. Человек, желая управлять природой, нарушает ход естественных процессов.

4. Ничто не дается даром (за все надо платить). Природные ресурсы не бесконечны. Человек в процессе своей деятельности потребляет ресурсы, загрязняя и оставляя в природной среде отходы. Объемы отходов будут расти до тех пор, пока существование человечества не окажется под угрозой и люди не осознают необходимость устранения негативных последствий своей деятельности. Действительно, неразумная эксплуатация природных ресурсов и природных благ грозит расплатой, что придет рано или поздно.

Даже на современном этапе развития науки и техники человечество, по-прежнему зависит от природы, потребляет энергетические, минерально-сырьевые, биологические, водные и другие природные ресурсы. Поэтому законы экологии Барри Коммонера, так же, как и все другие экологические законы, отражающие общие закономерности функционирования и развития биологических систем, следует помнить и учитывать в своей повседневной деятельности.

Вопрос 3.

Экология как наука. Предмет и задачи экологии. Уровни организации живых систем и разделы экологии их изучающие.

Термин «экология» впервые был введен в 1866 году немецким ученым Э. Геккелем в его книге «Всеобщая морфология организмов». Он состоит из двух латинских слов: «oikos» – дом, местообитание, жилище, и «logos» – наука. В дословном переводе – это наука об организмах у себя дома.

Э. Геккель рассматривал *экологию* как науку, изучающую взаимодействие организмов со средой их обитания. В этот период организм считался самым сложным уровнем организации жизни. Однако, в ходе развития экологии выяснилось, что жизнь существует и в виде надорганизменных уровней организации (популяция, биоценоз (сообщество), биогеоценоз (экосистема), биосфера). В этой связи представление об экологии как науке в настоящее время существенно расширились.

Современное определение экологии следующее: это биологическая наука, изучающая формирование, структуру и функционирование биологических систем всех уровней от организма до биосферы и их взаимодействие с окружающей средой.

Цель изучения экологии заключается в формировании экологического мышления для экологически сообразных действий.

Для достижения цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить законы и закономерности взаимодействия организмов со средой обитания;

2. Изучить формирование, структуру и функционирование надорганизменных биологических систем;

3. Изучить законы и закономерности взаимодействия надорганизменных биологических систем с окружающей средой.

Чтобы ответить на вопрос, что является предметом экологии, необходимо рассмотреть уровни организации живой материи. С точки зрения современной биологии, жизнь на планете Земля представлена следующими уровнями организации живой материи: ген – клетка – ткань – орган – организм – популяция – биоценоз (сообщество) – биогеоценоз (экосистема) – биом – биосфера. Исходя из этого, предметом экологии являются биологические системы от организма до биосферы. Объектами изучения экологии являются связи и взаимодействия между живыми организмами.

В экологии объективно выделяются подразделения, изучающие органический мир на уровне особи (организма), популяции, вида, биоценоза, биогеоценоза (экосистемы) и биосферы. В связи с этим уже можно чётко выделить разделы экологии: аутэкологию (экология особей), демэкологию (экология популяций), синэкологию (экология сообществ), глобальную экологию.

Задачей **аутэкологии** (от греч. autos – сам) является установление пределов существования особи (организма), изучение реакций организмов на воздействия факторов среды.

Демэкология (от греч. demos – народ) изучает естественные группировки особей одного вида, т.е. популяции – элементарные надорганизменные макросистемы. Важнейшей задачей её является выяснение условий, при которых формируются популяции, а также изучение внутрипопуляционных группировок и их взаимоотношений, организации (структуры), динамики численности популяций.

Синэкология (от греч. syn – вместе), или экология сообществ (биоценология), изучает ассоциации популяций разных видов растений, животных и микроорганизмов, образующих биоценозы, пути формирования и развития последних, структуру и динамику, взаимодействие их с физико-химическими факторами среды, энергетiku, продуктивность и другие особенности.

Глобальная экология изучает биосферу и глобальные проблемы в ней протекающие.

Вопрос 4.

Методы экологических исследований

Многообразие и сложность взаимосвязей живых систем разных уровней организации со средой обитания обуславливают разнообразие методов экологических исследований.

1. Метод системного подхода – это главный методический принцип в экологии, так как природная среда является совокупностью взаимосвязанных между собой биологических систем различного уровня (организм, популяция, экосистема, биосфера). Он предполагает изучение элементов системы, сильных и слабых взаимодействий ними.

Методы изучения биологических систем различного уровня могут быть полевыми и лабораторными.

2. Полевые методы позволяют установить результат влияния на организм или популяцию определённого комплекса факторов в конкретных условиях.

3. Лабораторные методы изучают влияние комплекса факторов моделированной в лабораторных условиях среды на естественные или моделированные биологические системы.

4. Метод наблюдения основан на сборе информации по природному объекту без вмешательства человека. Однако наблюдения не могут дать вполне точного ответа, например, на вопрос, какой же из факторов среды определяет характер жизнедеятельности особи, вида, популяции или сообщества. На этот вопрос можно ответить только с помощью эксперимента, задачей которого является выяснение причин наблюдаемых в природе отношений.

5. Метод эксперимента – это исследование, при котором изучаемые объекты ставятся в условия, при которых можно изучить действие определённого фактора (или факторов) на систему. В связи с этим экологический эксперимент, как правило, носит аналитический характер. Экспериментальные методы позволяют проанализировать влияние на развитие организма отдельных факторов в искусственно созданных условиях и таким образом изучить всё разнообразие экологических механизмов, обуславливающих его нормальную жизнедеятельность.

Необходимость системного анализа и сложный характер взаимодействий в биосистемах вызывают потребность в использовании моделей для их адекватного описания.

6. Метод моделирования – это исследование сложных объектов, явлений и процессов путем их упрощенного имитирования.

Основной задачей биологического моделирования является экспериментальная проверка гипотез относительно структуры и функции биологических систем. Сущность этого метода заключается в том, что вместе с оригиналом, т.е. с какой-то реальной системой, изучается его искусственно созданное подобие – модель. В сравнении с оригиналом модель обычно упрощена, но свойства их сходны.

В зависимости от особенностей оригинала и задач исследования применяются самые разнообразные модели.

Реальные (натурные, аналоговые) модели отражают самые существенные черты оригинала. Например, аквариум может служить моделью естественного водоёма. Однако создание реальных моделей сопряжено с большими техническими трудностями, так как пока ещё не удаётся достичь точного воспроизведения оригинала.

Знаковая модель представляет собой условное отображение оригинала с помощью математических выражений.

Наибольшее распространение в современных экологических исследованиях получили концептуальные и математические модели и их многочисленные разновидности. Разновидности *концептуальных моделей* характеризуются подробным описанием системы (научный текст, схема системы, таблицы, графики и т.д.). *Математические модели* являются более эффективным методом изучения экологических систем, особенно при определении количественных показателей. Математические символы, например, позволяют кратко описать сложные экологические системы, а уравнения дают возможность формально определить взаимодействия различных их компонентов.

Экология, как комплексная дисциплина, тесно связана с другими естественными и общественными науками (рисунок 1). Экологическая трактовка необходима при решении определенных задач в области ботаники, зоологии, физиологии, морфологии, систематики, биогеографии, эволюционного учения, генетики, биотехнологии, поскольку любые биологические исследования в той или иной степени изучают жизнь растений и животных в природных условиях.

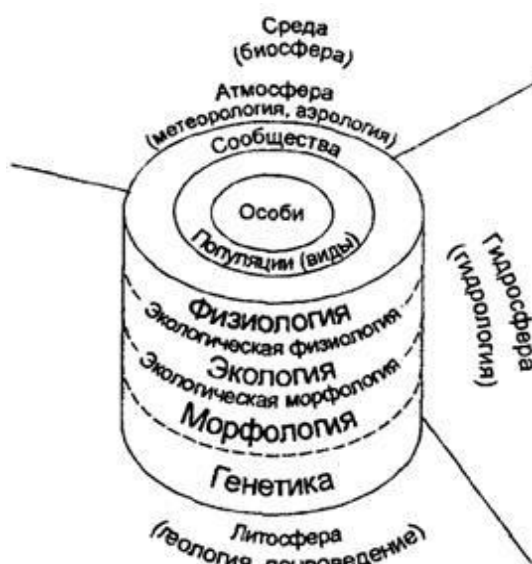


Рисунок 1 – Положение экологии среди других биологических наук (по А. С. Степановских, 2003)

Экология развивается на природоведческих условиях, включает новейшие достижения точных наук – математики, физики, химии, обогащая их, в свою очередь, представлениями о единстве, взаимосвязи живого и неживого. Экология тесно соприкасается с ландшафтоведением – отраслью физической

географии, объектами исследования которой являются сложные природные и природноантропогенные образования. Взаимосвязь между физической географией и экологией нашла отражение в становлении геоэкологии (ландшафтной экологии, или экологии ландшафтов). Экология связана и с природопользованием, служит научной основой рационального использования и охраны природных ресурсов. Современная экология анализирует природные условия (факторы) существования живых организмов, включая человека, и их изменения под влиянием разнообразных преобразующих или разрушающих антропогенных воздействий.

Тема 2. Аутэкология (экология особи)

- 1. Понятие о среде обитания, условиях существования и об экологическом факторе. Классификация экологических факторов.**
- 2. Основные законы аутэкологии.**
- 3. Экологическая пластичность организмов.**

Вопрос 1.

Понятие о среде обитания, условиях существования и об экологическом факторе. Классификация экологических факторов.

Основой всех видов жизнедеятельности является процесс обмена веществом, энергией и информацией, который идет между любой живой системой и окружающей ее средой обитания. Абсолютно изолированное саморазвитие невозможно.

Среда обитания – это совокупность природных тел и явлений, с которыми организм находится в прямых или косвенных взаимоотношениях. Среда складывается из огромного множества элементов самой разной природы. Среди них: физические тела и явления, химические вещества, различные организмы и в том числе человек.

На Земле существует огромное разнообразие условий сред жизни, что обеспечивает разнообразие экологических ниш и их «заселение». Однако, не смотря это разнообразие, различают четыре качественно различные среды жизни, обладающие специфическим набором экологических факторов, и требующих специфического набора адаптаций: наземно-воздушная (суша); водная; почва; другие организмы.

Элементы среды могут быть необходимыми, безразличными или отрицательными (вредными) для организма.

Совокупность необходимых экологических факторов, без которых невозможно существование организма и с которыми он находится в неразрывном единстве, называют **условиями существования**. Отсутствие хотя бы одного из этих факторов приводит к гибели организма.

Элементы среды, необходимые или отрицательно действующие на живую систему (организм) называют **экологическими факторами**.

В свою очередь, из огромного разнообразия экологических факторов можно четко выделить три группы:

1) Абиотические факторы – это факторы неживой природы, которые прямо или косвенно влияют на организм. Они подразделяются на следующие подгруппы:

а) *климатические факторы* – это факторы, формирующие климат и влияющие на живые организмы (температура, свет, давление, влажность, скорость ветра и т. д.).

б) *эдафические или почвенные факторы* – это свойства почвы, которые оказывают влияние на живые организмы. Они делятся на *физические* (механический состав, комковатость, капиллярность, скважность, плотность, влагоемкость) и *химические* (кислотность, минеральный состав, содержание гумуса) свойства почвы;

в) *орографические факторы или факторы рельефа* – это влияние характера и специфики рельефа на живые организмы (высота местности над уровнем моря, широта местности по отношению к экватору и т.д.);

г) *гидрофизические факторы* – это влияние воды во всех состояниях (жидкое, твердое, газообразное) и физических характеристик среды (уровень шума, вибрация, гравитация, магнитное, электромагнитное и ионизирующее излучения) на живые организмы.

2) Биотические факторы – это факторы живой природы, т.е. влияние живых организмов друг на друга. Они носят самый разнообразный характер и действуют не только непосредственно, но и косвенно через окружающую неорганическую природу.

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

а) *внутривидовые факторы* – это влияние особей этого же вида на организм (волк на волка, воробей на воробья, одуванчик на одуванчик и т.д.);

б) *межвидовые факторы* – это влияние особей других видов на организм (волк на зайца, одуванчик на подорожник и т.д.).

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

а) *фитогенные факторы* – это влияние растений на живые организмы;

б) *зоогенные факторы* – это влияние животных на живые организмы;

в) *микогенные факторы* – это влияние грибов на живые организмы;

г) *микробогенные факторы* – это влияние микроорганизмов на живые организмы.

3) Антропогенные факторы – это совокупность воздействий деятельности человека на живые системы. В зависимости от характера воздействий они делятся на две группы:

а) *факторы прямого влияния* – это непосредственное воздействие человека на организм (косшение травы, рубка дерева, отстрел животного, лов рыбы, сбор лекарственных трав и т.д.);

б) *факторы косвенного влияния* – это воздействие человека фактом своего существования (человечество в течение года поглощает из атмосферы

644736 млрд л кислорода и выделяет 559640 млрд л углекислого газа) и через хозяйственную деятельность (сельское хозяйство, промышленность, транспорт и т.д.). Так, машина с бензиновым двигателем на пройденные 15 тыс. км потребляет 4350 кг кислорода, выбрасывает – 3250 кг углекислого газа, 530 кг – оксида углерода, 93 кг – углеводов, 27 кг – оксидов азота, тем самым загрязняя окружающую среду.

Все экологические факторы имеют единицы измерения и определенный диапазон действия. В рамках этого диапазона и осуществляется жизнедеятельность организмов и биосистем.

Вопрос 2.

Несмотря на большое разнообразие экологических факторов, в характере их воздействия на организмы и в ответных реакциях живых существ можно выявить ряд общих закономерностей.

Закон минимума Юстуса Либиха (1840 г.)

Для жизни организмов в любой среде обитания необходимо определенное сочетание факторов. Если все условия среды обитания благоприятны, за исключением одного, то именно оно становится решающим для жизни данного организма. Это условие среды ограничивает (лимитирует) развитие организма и называется *лимитирующим фактором*. Принцип лимитирующих факторов справедлив для всех типов живых организмов — растений, животных, микроорганизмов и относится как к абиотическим, так и к биотическим факторам. Например, лимитирующим фактором для развития организмов данного вида может стать конкуренция со стороны другого вида.

В середине XIX в. немецкий химик-органик Юстус Либих первым экспериментально доказал, что рост растения зависит от того элемента питания, который присутствует в относительно минимальном количестве. Он назвал это явление законом минимума.

Либих писал: «Вещество, которое находится в минимуме, управляет урожаем и определяет величину и устойчивость последнего. Недостаток одного вещества может приводить к дефициту других».

При этом имелось в виду лимитирующее воздействие жизненно важных веществ, которые присутствуют в почве в небольших и неустойчивых количествах. В дальнейшем это обобщение стало использоваться значительно шире с учетом других факторов среды (температуры, света, влажности и т. д.).

Закон ограничивающих, или лимитирующих, факторов распространяется не только на ситуацию, когда эти факторы в «минимуме», но и в «максимуме», то есть выходит за верхний предел выносливости организма (экосистемы).

По существу закон Либиха является частным случаем принципа лимитирующих факторов В.Э. Шелфорда.

Закон толерантности В.Э. Шелфорда (1913 г.)

Американский зоолог Виктор Эрнест Шелфорд заметил, что лимитирующим может быть не только недостаток, но и избыток таких факторов, как свет, тепло, вода. Например, гибель урожая из-за дождей, перенасыщение почвы удобрениями и т. п.

Степень благополучия популяции или вида в зависимости от интенсивности действующего на нее фактора представляют в виде так называемой кривой толерантности, имеющей форму колокола с максимумом, соответствующим оптимальному значению данного фактора (рис. 2).

То есть по отношению к любому экологическому фактору организм обладает определенным диапазоном *выносливости*, или *толерантности* (от лат. *tolerantia* — терпение).

Этот диапазон ограничен *критическими точками* — это максимальное и минимальное значения фактора, за пределами которых существование организма уже невозможно, наступает его смерть.

Обычно где-то в средней части диапазона толерантности имеются условия, наиболее благоприятные для жизнедеятельности, роста и размножения. Эти условия называются зоной оптимума экологического фактора или просто оптимумом для организмов данного вида.



Рисунок 2 – Схема действия экологического фактора в зависимости от его интенсивности

Чем значительнее отклонение действия фактора от оптимума, тем больше данный фактор угнетает жизнедеятельность популяции. Этот диапазон называется *зоной угнетения*.

Согласно закону толерантности, лимитирующим фактором процветания популяции (организма) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, а диапазон между ними определяет величину выносливости (предел толерантности), или экологическую валентность организма к данному фактору.

Вопрос 3.

Экологическая пластичность организмов

Пределы выносливости, или толерантности, между критическими точками называют *экологической валентностью*, или *пластичностью* организма

по отношению к конкретному фактору.

Широкую экологическую валентность вида по отношению к абиотическим факторам среды обозначают добавлением к названию фактора приставки «эври-» (от греч. *eury*s – широкий).

Эврибионтными называются организмы с широкими пределами выносливости, которые способны приспосабливаться к разной экологической обстановке (рис. 3). Эврибионтность обычно способствует широкому распространению видов. Например, лисица относится к эврибионтным организмам, так как она обитает от лесотундры до степи, питаясь и животной, и растительной пищей.

Неспособность переносить значительные колебания факторов, или низкая экологическая валентность, обозначается приставкой «стено-» (от греч. *stenos* – узкий). Виды, для существования которых необходимы строго определенные экологические условия, называются **стенобионтными**. Например, бегемот и буйвол – животные только районов высокой влажности и температуры. Таковы почти все растения влажных тропических лесов.

Стенобионтность и эврибионтность характеризуют различные типы приспособления организмов к выживанию. Виды, длительно развивавшиеся в относительно стабильных условиях, утрачивают экологическую пластичность и вырабатывают черты стенобионтности, в то время как виды, существовавшие при значительных колебаниях факторов среды, приобретают повышенную экологическую пластичность и становятся эврибионтными, то есть видами с широким диапазоном толерантности (рисунок 3).



Рисунок 3 – Экологическая пластичность видов (по Ю. Одуму, 1975 г.)

Предел толерантности организма изменяется на разных стадиях онтогенеза. Часто молодые организмы являются более уязвимыми и требовательными к условиям среды, чем взрослые особи. Наиболее критическим, с точки зрения воздействия разных факторов, является период размножения.

Тема 3. Экология популяций (демэкология)

1. Понятие о популяции, ее функции и размеры.
2. Полиморфизм популяций. Возрастная и половая структура популяций.
3. Экологическая ниша популяции.
4. Межвидовые связи. Типы биотических отношений.

Вопрос 1.

Понятие о популяции, ее функции и размеры

Особи любого биологического вида практически всегда существуют какими-либо организованными совокупностями, представляющими собой единое функциональное целое – популяцию (в переводе с латинского слова *populous* народ, население).

Популяция – это совокупность особей одного вида, занимающие определенное природное, свободно скрещивающиеся друг с другом и способная из поколения в поколение поддерживать свое существование. Примерами популяции являются березы в роще среди полей, стадо овец, поле пшеницы и др.

Популяция является динамической саморегулирующейся системой, выполняющая следующие функции:

1. *Самовоспроизводство* – это способность популяции неограниченно долго поддерживать свое существование в данном местообитании.

2. Популяции, обитающие в различных участках видового ареала (общей области распространения вида), не живут изолированно, а *взаимодействуют с популяциями других видов*, образуя вместе с ними биотические сообщества.

3. Под *саморегуляцией плотности заселения природного пространства* понимается способность популяции к самовосстановлению числа ее особей до своей обычной величины, определяемой условиями и ресурсами ее экологической ниши. Эта способность обеспечивается системой механизмов, которые как бы автоматически срабатывают, когда плотность популяции достигает или слишком высоких или слишком низких значений.

Регуляторные механизмы могут иметь характер *поведенческих, химических, физиологических* реакций организмов на изменение их плотности.

Поведенческие реакции основаны на проявлении поедания себе подобных (свиньи, мыши, кролики, рыси, коты), утрате материнских инстинктов (стадные или стайные животные).

Химические реакции наблюдаются при накоплении в среде обитания популяции продуктов своей жизнедеятельности, которые со временем отравляют её (характерно для растений, бактерий, вирусов, грибов).

Физиологические реакции основаны на нарушении физиологических процессов с участием половых гормонов. Когда численность популяции достигает верхних пределов, появляются бесплодные особи или особей с отклонениями на физиологическом уровне, приводящие к их скорой гибели.

Каждая популяция имеет свои размеры, которые зависят от массы тела взрослого организма: чем больше масса, тем больше ему нужно природное

пространство и тем меньше популяция имеет размеры. Размер популяции устанавливают по численности и плотности популяции.

Численность популяции — это общее количество особей на данной территории или в данном объеме природного пространства (количество зайцев в лесу, одуванчиков на лугу, карпа в пруду).

Плотность популяции определяется количеством особей (либо биомассы) на единицу площади или в единице объема, занимаемого популяцией. Например, 150 растений сосны на 1 га или 0,5 г циклопов в 1 м³ воды, 100 дождевых червей в 1 м³ почвы, характеризует плотность популяции этих видов.

Численность и плотность популяции постоянно изменяются, но их колебания ограничиваются нижним и верхним пределами плотности.

Нижний предел плотности — это минимальное количество особей, необходимых для формирования группы, способной обеспечить воспроизводство и дальнейшее существование популяции. Снижение плотности ниже предела показывает на недонаселение природного пространства, ослаблению защитных реакций популяции, уменьшению ее плодовитости. Такая популяция обречена на вымирание.

Верхний предел плотности указывает на перенаселенность территории популяцией и называется «плотностью насыщения». Верхний предел плотности зависит от количества корма в пределах биотопа, площади занимаемой территории и интенсивности экологических факторов. Показатель является непостоянной величиной для разных популяций в пределах вида. Если плотность достигает верхнего предела, то наблюдается гибель из-за нехватки корма, возникновения всплесков эпидемий, что может привести к исчезновению популяции.

Оптимальная плотность характеризует более оптимальные условия для популяции, при которых отсутствует межвидовая конкуренция и популяция создаёт самую высокую продукцию.

Динамика численности и плотности определяется рождаемостью, смертностью, выживаемостью и скоростью роста популяции.

Рождаемость — это способность популяции к увеличению численности. Это количество особей появившихся (родившихся) в популяции за некоторый (изучаемый) промежуток времени. Различают максимальную и экологическую рождаемость. **Максимальная рождаемость** — это теоретический максимум скорости появления новых особей, т.е. количество новых особей появившихся в идеальных условиях среды (реализуется, когда отсутствуют лимитирующие экологические факторы и размножение сдерживается только физиологическими). **Экологическая рождаемость** проявляется увеличением численности в фактических (реальных) условиях среды.

Смертность — это количество особей погибших в популяции за изучаемое время. Различают минимальную и экологическую смертность. **Минимальная смертность** наблюдается при гибели особей популяции в идеальных условиях (не подвергаются лимитирующим воздействиям). **Экологическая смертность** — это гибель особей популяции в данных (естественных) условиях среды. Величина ее зависит от условий среды и свойств самой популяции.

Для анализа роста численности популяции обычно пользуются данными, отражающие величину смертности. Для этого составляют кривые выживаемости.

Выживаемость – это доля организмов достигших взрослого (зрелого) состояния. Характеризуется количеством выживших особей популяции. Для одних популяций свойственна высокая выживаемость взрослых особей, у других в начале жизни, у третьих она является равномерной на всех стадиях развития.

У всех видов можно наблюдать разные типы выживаемости, определяемые закономерностями отмирания особей в популяции. Показатель варьирует от 0,0001 (икринки рыб) – 95–97% (человек).

Выживаемость важный экологический показатель, определяющий состояние популяции и планирующий ее эксплуатацию. Каждая популяция может быть в трех состояниях:

Состояние роста свидетельствует о превышении рождаемости над смертностью. Для растущих популяций характерны вспышки массового размножения, особенно у мелких животных (саранча, колорадский жук, грызуны, вороны, воробьи). Нередко растущими становятся популяции крупных животных в условиях заповедного режима или интродукции (ондатра в Восточной Европе). В растущей популяции предел эксплуатации человеком достигает 35 %.

Состояние стабильности отмечается, когда темпы рождаемости и смертности близки, сбалансированы. Они могут быть непостоянны, но плотность популяции незначительно отличается от какой-то средней величины. Ареал вида при этом ни увеличивается, ни уменьшается. Независимо от возраста на всех этапах органогенеза гибнет одна и та же доля особей (например, полевки, птицы, многолетние травянистые растения). В стабильной популяции предел эксплуатации человеком достигает 10 %.

Состояние вымирания наблюдаются при превышении смертности над рождаемостью и такая популяция считается сокращающейся. В естественной среде она уменьшается до определенного предела, а затем рождаемость (плодовитость) вновь повышается и популяция становится растущей. Чаще всего, сокращающимися бывают популяции редких, реликтовых, ценных видов, как в экономическом, так и в эстетическом отношении. Такую популяцию эксплуатировать (т.е. изымать особей) нельзя.

Скорость роста характеризует во сколько раз увеличивается число особей в популяции за единицу времени. Величина непостоянная и характеризуется формулой N/t (отношение численности ко времени). Рост популяции во времени зависит от ряда факторов: исходной численности, способности к размножению (скорость роста), наличия или отсутствия лимитирующих рост факторов среды. Различают два типа роста популяции: *экспоненциальный* – в оптимальных условиях среды и *логистический* – при проявлении лимитирующих факторов (рис. 4).

Экспоненциальный рост – увеличение численности особей в популяции идет по J-образной кривой, которая показывает, что в ходе роста популяции ее численность увеличивается с возрастающей скоростью. Столь стремительный рост, конечно, не может продолжаться долго. Рано или поздно свободные ресурсы будут исчерпаны и рост популяции прекратится. Таким ти-

пом роста обладают популяции, у которых очень короткий цикл развития и простая возрастная структура. Популяции довольно чувствительны к изменениям внешних условий, однако они способны почти мгновенно реагировать на улучшение экологических условий и максимально использовать свободные ресурсы.

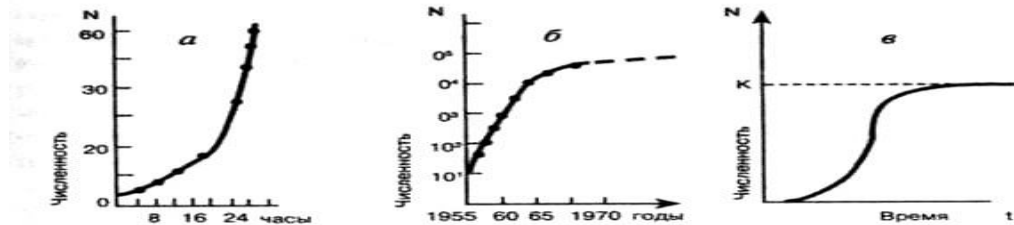


Рисунок 4 – Экспоненциальный (а) и логистический (б и в) типы роста численности популяции в момент времени (по А.М. Гилярову, 1990)

Например, если быстроразмножающиеся организмы (насекомые, микроорганизмы) осваивают какую-либо среду или субстрат, где нет конкурентов.

Такие условия создаются, в частности, при освоении экскрементов крупных животных насекомыми, при размножении организмов в средах богатых питательными веществами, например, в загрязненных органическими и биогенными веществами водоемах и т.д.

Для большинства же популяций скорость роста характеризуется кривой, которая отражает высокую смертность молодых особей или их зачатков (яйца, икринки, споры, семена и т.п.). Кривая напоминает по форме латинскую букву S и носит название *логистической*. При логистическом росте скорость увеличения численности популяции некоторое время нарастает, но вскоре этот процесс начинает замедляться. В конце концов, рост численности практически прекращается.

Такой тип роста характерен для организмов, имеющих продолжительный цикл развития, популяции которых отличаются сложной возрастной структурой. Популяции такого типа более устойчивы к внешним воздействиям, но не имеют возможностей быстро реагировать на улучшение условий жизни.

Вопрос 2.

Полиморфизм популяций. Возрастная и половая структура популяций

Каждая популяция характеризуется своей неоднородностью, которая объясняется наличием в ней различных возрастных групп (возрастная структура), неполовозрелых, активно размножающихся и уже прекративших размножение самцов и самок (половая структура), сезонных фаз, одиночных и стадных фаз и т. д. Такое явление носит название полиморфизма популяции.

Каждая особь имеет определенные размеры, пол, отличительные черты морфологии, особенности поведения, свои пределы выносливости и приспособляемости к изменениям среды. Распределение этих признаков в популяции также характеризует ее структуру.

Половая структура отражает соотношение численности полов в популяции. Для роста количества особей в популяции большое значение имеет со-

отношение особей по полу. Генетический механизм обеспечивает примерно равное соотношение особей разного пола при рождении. Однако у некоторых видов пол изначально определяется не генетически, а под влиянием экологических факторов. Так, например, у ариземы японской при образовании массы клубней женские соцветия формируются на растениях с крупными мясистыми клубнями, а мужские – на растениях с мелкими. Хорошо прослеживается роль экологических факторов в формировании половой структуры у видов с чередованием половых и партеногенетических поколений. При оптимальной температуре у дафнии (*Daphnia magna*) популяцию образуют партеногенетические самки, а при отклонениях от нее - появляются и самцы.

Возрастной состав популяции характеризует соотношение возрастных групп, которое зависит от особенностей жизненного цикла, существенно различающегося у разных видов (например, птиц и у млекопитающих хищников), и внешних условий.

В жизненном цикле особей обычно выделяют три возрастных периода: *предрепродуктивный, репродуктивный и пострепродуктивный*.

а) *Препрепродуктивный* возраст особей, еще не способных к размножению, наступает с момента до половой зрелости.

б) *Репродуктивный* длится с наступления половой активности и до ее окончания, который и определяет рождаемость.

в) *Пострепродуктивный* возраст особей, уже не способных размножаться, наблюдается от конца половой активности и до смерти.

Для популяции человека по продолжительности три экологических возраста примерно равны, у многих насекомых пострепродуктивный возраст практически отсутствует.

Для растений характерен еще период первичного покоя, который они проходят в стадии покоящихся семян. Каждый из периодов может быть представлен одной (простая структура) или несколькими (сложная структура) возрастными стадиями. Простой возрастной структурой обладают однолетние растения, многие насекомые. Сложная структура характерна для разновозрастных популяций деревьев, для высокоорганизованных животных. Чем сложнее структура, тем выше приспособительные возможности популяции.

Соотношение возрастных групп в структуре популяции характеризуют ее способность к размножению и выживанию, и согласуется с показателями рождаемости и смертности. В растущих популяциях с высокой рождаемостью преобладают молодые, еще не репродуктивные особи, в стабильных – обычно это разновозрастные, полночленные популяции, у которых регулярно определенное число особей переходит из младших возрастных групп в старшие, рождаемость равна убыванию населения. В сокращающихся популяциях основу составляют старые особи, возобновление в них отсутствует или совсем незначительно.

Вопрос 3.

Экологическая ниша популяции

Д. Хатчинсон *экологической нишей* называется весь диапазон условий, при которых живет и воспроизводит себя организм. Экологическая ниша – положение, которое вид занимает в экосистеме, определенное его местообитанием, пищей, партнерами, врагами и т. д. В местообитании встречаются представители множества популяций, экониши которых перекрываются. Например, лес как местообитание дает убежище огромному множеству популяций, среди которых и растения и животные и микроорганизмы. Ниши представителей одних и тех же видов в одном и том же местообитании часто различаются весьма заметно. Они могут также отличаться в онтогенезе. Например, экониши гусеницы и бабочки одного и того же вида не совпадают. С другой стороны, экониши различных видов могут быть близки, что вызывает конкуренцию между видами за ресурсы, например, конкуренция культурных растений и сорняков за свет, влагу, питательные вещества связана с совпадением их экониш.

Выделяют два вида экологических ниш. *Фундаментальная ниша* указывает на то природное пространство, которое потенциально может занимать (определяется только физиологическими особенностями организма), учитывает максимальные пределы толерантности. *Реализованная ниша* – это природное пространство, которое популяция отвоевывает для себя в борьбе с другими видами (вид реально встречается). Реализованная ниша всегда меньше фундаментальной.

Существует **правило обязательности заполнения экологических ниш**, согласно которому, пустующая экологическая ниша всегда бывает естественно заполнена. У совместно живущих видов экологические ниши могут частично перекрываться, но полностью никогда не совпадают, иначе при этом вступает в действие закон конкурентного исключения, и один вид вытесняет другой. Если же по какой-то причине, например, в результате гибели организмов одного вида «освобождается» экологическая ниша, проявляется правило обязательности заполнения экологических ниш.

Вопрос 4.

Межвидовые связи

Особи разных видов существуют в природе не изолированно, обычно вступают между собой в разнообразные связи. Такие прямые и косвенные межвидовые отношения обычно подразделяются на четыре типа: трофические, топические, форические и фабрические.

Трофическая связь (пищевая) возникает тогда, когда один вид питается другим, либо их мертвыми остатками, либо продуктами их жизнедеятельности (корова ест траву на лугу, волк поедает зайца).

Топическая связь характеризует изменение условий обитания одного вида в результате жизнедеятельности другого (ель, затеняя почву, вытесняет светолюбивые виды из-под своей кроны; мхи и лишайники располагаются на коре деревьев).

Форическая связь характеризует участие одного вида в распространении другого (животные, переносящие пыльцу, споры, семена растений).

Фабрическая связь – тип отношений, при которых особи одного вида используют для своих сооружений продукты выделения, мертвые остатки, либо даже живых особей другого вида (птицы строят гнёзда из сухих веточек, шерсти млекопитающих, травы).

Типы биотических отношений

Воздействие одного вида на другой может быть положительным, отрицательным и нейтральным. При этом возможны различные комбинации типов взаимодействия.

При **нейтрализме** популяции взаимодействующих видов не влияют одна на другую (заяц в лесу и дятел, дождевой червь и комар).

Конкуренция – это тип биотических взаимоотношений, при котором популяции в борьбе за пищу, местообитание и другие необходимые для жизни условия воздействуют друг на друга отрицательно. Примером может служить конкуренция культурных растений и сорняков за свет, влагу и питательные вещества, животных за пищевые ресурсы, убежища и территорию.

Конкуренция подразделяется на внутривидовую и межвидовую. *Внутривидовая конкуренция* – это борьба за одни и те же ресурсы, происходящая между особями одного и того же вида. Она свойственна многим птицам и животным (борьба за «свою» территорию (участок обитания) и защита ее от вторжения самцов того же вида). Встречается также и у растений, при загущенном посеве они вытягиваются, что может привести к полеганию.

Межвидовая конкуренция – борьба между особями разных видов за одни и те же ресурсы, природное пространство. Данный вид конкуренции чрезвычайно широко распространен в природе. Сорняки угнетают культурные растения в результате перехвата почвенной влаги и минеральных питательных веществ, а также в результате затенения и выделения токсических соединений.

Эволюционно взаимоотношения сложились так, что виды со сходными требованиями к среде не могут длительно существовать совместно. Эта закономерность сформулирована русским экологом Г.Ф. Гаузе в виде положения, которое получило название *«правило конкурентного исключения»*. Звучит оно так: два вида со сходными экологическими требованиями не могут длительное время занимать одну и ту же экологическую нишу, они вступают в конкурентные отношения и один из них (не конкурентно способный вид) через какое-то время обязательно будет вытеснен.

Хищничество – такой тип взаимоотношений популяции, при котором представители одного вида поедают (уничтожают) представителей другого, т. е. организмы одной популяции служат пищей для организмов другой.

Паразитизм – взаимоотношения, при которых один вид (паразит), поселяясь внутри или на поверхности тела другого вида (хозяина), долгое время питается за его счет, угнетая. В качестве хозяина обычно выступают растения или животные, в качестве паразита – вирусы, бактерии, грибы.

Аменсализм – тип биотического взаимодействия, при котором один вид

выделяет в окружающую среду вещества, подавляющие, опугивающие или угнетающие другие виды. Примером может служить подавление елью травянистых растений под ее кронами. Такой тип взаимодействия распространен среди насекомых, животных, растений (клоп-черепашка, малиновый слоник, зеленоглазка, бобр, скунс, хорек).

Комменсализм – тип биотических взаимоотношений на базе пищевых связей, при котором один из видов извлекает выгоду от объединения, а для другого связь безразлична. Такой тип взаимоотношений весьма распространен в животном мире (к примеру, песцы, доедающие остатки пищи белых медведей). Проявления комменсализма разнообразны, поэтому в нем выделяют ряд вариантов.

Нахлебничество – потребление остатков пищи хозяина. Это, допустим, взаимоотношения львов и гиен, подбирающих остатки недоеденной пищи, или акул с рыбами-прилипалами.

Сотрапезничество – потребление разных веществ или частей одной и той же пищи. Например, взаимоотношения между различными видами почвенных бактерий-сапрофитов, перерабатывающих разные органические вещества из перегнивших растительных остатков, и высшими растениями, которые потребляют образовавшиеся при этом минеральные соли.

Квартиранство – использование одними видами других (их тел, жилищ) в качестве убежища или жилища. Такой тип взаимоотношений широко распространен у растений. Примером могут служить лианы и эпифиты (орхидеи, лишайники, мхи), поселяющиеся непосредственно на стволах и ветвях деревьев.

Протокооперация – тип биотических взаимоотношений между видами, при котором оба вида от объединения имеют выгоду, но такое объединение не обязательно для них. Например, распространение семян растений животными, уничтожение птицами паразитов, обитающих на теле животного.

Мутуализм или симбиоз – обоюдовыгодное сожительство двух видов, причем оно для них является обязательным (один вид не живет без другого). Например, клубеньковые азотфиксирующие бактерии, симбиоз дерева и гриба, микориза – почвенные грибки на корнях растений, совместное проживание муравья и тли (230 л сока выдаивает один муравейник).

Аллелопатия – это способность растений выделять в окружающую среду вещества, отпугивающие, подавляющие или стимулирующие развитие других. Аллелопатией обладают древесные и травянистые дикие виды, а также культурные растения. Среди древесных пород выделяются ель, каштан, орех, сосна и др., из травянистых форм – галенсога многоцветковая, пырей ползучий и др. Аллелопатическая активность присуща и культурным растениям. К ним можно отнести группу эфирно-масличных культур, из овощных культур – чеснок, лук, укроп, петрушку, пастернак, томаты, баклажаны, тыкву, редис, репу, свеклу и др.; из полевых – рапс, овес, ячмень, лен-долгунец и т. д.; из плодовых – яблоню, грушу, малину, смородину, виноград; из декоративных цветочных – петунию, лилию, вербену, настурцию, тагетис и т. д.

Тема 4. Синэкология (экология сообществ)

1. Понятие о биоценозе. Структура биоценоза.
2. Понятие о биогеоценозе (экосистема). Агробиогеоценоз.
3. Цепи и циклы питания.
4. Продуктивность и энергетика экосистем. Динамика экосистем.

Вопрос 1.

Понятие о биоценозе. Структура биоценоза.

Живые организмы встречаются на Земле не в любых случайных сочетаниях, как независимые особи, а в определенной взаимозависимости. Они образуют в природе закономерные комплексы. Впервые на возможность выделения таких комплексов обратил внимание немецкий биолог Карл Август Мёбиус. В конце 70-х годов XIX века он изучал скопления устриц (*Ostrea edulis*) в их местообитаниях – так называемых устричных банках. Измеряя и исследуя различные факторы среды, Мёбиус пришел к выводу, что для каждой такой устричной банки они строго специфичны. Мало того, вместе с устрицами здесь встречались и такие разнообразные животные как морские звезды, иглокожие, мшанки, черви, асцидии, губки и другие. Ученый сделал вывод, что все эти животные не случайно живут совместно, в одном местообитании. Они нуждаются в тех же условиях, что и многочисленные устрицы. Таким образом, такие группировки появляются благодаря сходным требованиям к факторам окружающей среды.

Комплексы живых организмов, постоянно встречающихся вместе в различных пунктах одного и того же водного бассейна при наличии одинаковых условий существования, Мёбиус назвал биоценозами. Термин биоценоз был впервые введен им в научную литературу в 1877 г.

Биоценоз (от греч. *bios* – жизнь и *koinos* – совместно, вместе, сообща) – это исторически сложившиеся группировки растений, животных, грибов и микроорганизмов, взаимодействующих между собой и населяющие относительно однородное жизненное пространство (участок суши или водоема).

В пределах биоценоза различают фитоценоз – устойчивое сообщество растительных организмов, зооценоз – совокупность взаимосвязанных видов животных и микробиоценоз – сообщество микроорганизмов.

Видовая структура биоценоза характеризует видовое разнообразие живых организмов в сообществе.

Видовой состав и насыщенность биоценоза зависят от условий среды. На Земле существуют как резко обедненные сообщества полярных пустынь, так и богатейшие сообщества тропических лесов, коралловых рифов и т. п. Самыми богатыми по видовому разнообразию являются биоценозы влажных тропических лесов. В них входят десятки тысяч видов растений, сотни тысяч видов беспозвоночных и несколько тысяч видов позвоночных животных. Популяции всех видов, составляющих эти биоценозы, очень сложно связаны между собой, а также с физико-химическим окружением. Биоценозы же

тундры, пустыни включают несравненно меньшее количество видов. По данным Б. А. Тихомирова, на Таймыре в тундровом биоценозе насчитывается всего 139 видов высших растений, 670 видов низших растений, около 1000 видов животных и 2500 видов микроорганизмов. Естественно, и биомасса, и продуктивность этих биоценозов также различаются, однако взаимосвязи видов, их популяций не столь сложны и многообразны.

На основании взаимоотношений видов в популяциях биоценозы подразделяются на сложные и простые.

Многоярусные биоценозы, состоящие из большого количества популяций многих видов растений, животных и микроорганизмов, связанных между собой разнообразными пищевыми и пространственными отношениями, называются сложными. *Сложные биоценозы* наиболее устойчивы к неблагоприятным воздействиям.

Для *простых тундровых биоценозов* характерны сильные подъемы численности леммингов, падения или взлеты численности песцов и животных, оказывающих существенное влияние на растительный покров. Объясняется это тем, что в упрощенном тундровом биоценозе не хватает видов, которые при крайне важности могли бы заменить основной вид и выступить в качестве корма для хищников.

Виды, преобладающие по численности, массе и развитию, называют *доминантными* (от лат. *dominantis* – господствующий). Однако среди них выделяют *эдификаторы* (от лат. *edifikator* – строитель) – виды, которые своей жизнедеятельностью в наибольшей степени формируют среду обитания, предопределяя существование других организмов. Именно они порождают спектр разнообразия в биоценозе. Так, в еловом лесу доминирует ель, в смешанном – ель, береза и осина, в степи – ковыль и типчак. При этом ель в еловом лесу наряду с доминантностью обладает сильными эдификаторными свойствами, выражающимися в способности затенять почву, создавать кислую среду своими корнями и образовывать специфические подзолистые почвы. Вследствие этого под пологом ели могут жить только тенелюбивые растения. Одновременно с этим в нижнем ярусе елового леса доминантой может быть, например, черника, но эдификатором она не является.

Пространственная структура характеризует распределение видов в живом сообществе. Популяции различных видов биоценоза, располагаются в пределах пространственных границ биотопа как по площади, так и по высоте.

Пространственная структура наземного биоценоза определяется закономерностью распределения надземных и подземных органов растительности по ярусам (расчленением растительных сообществ по высоте). *Ярусное строение* растительности (фитоценоза) позволяет максимально использовать лучистую энергию Солнца и зависит от теневыносливости растений. Ярусность хорошо выражена в лесах умеренного пояса (рис.5). Так, например, в широколиственном лесу выделяются 5 – 6 ярусов: деревья первой, второй величины, подлесок, кустарник, высокие травы, низкие (приземные) травы. Существуют межъярусные растения – лишайники на стволах и ветках, лианы и др. Ярусность существует и в травянистых сообществах лугов, степей, саванн.

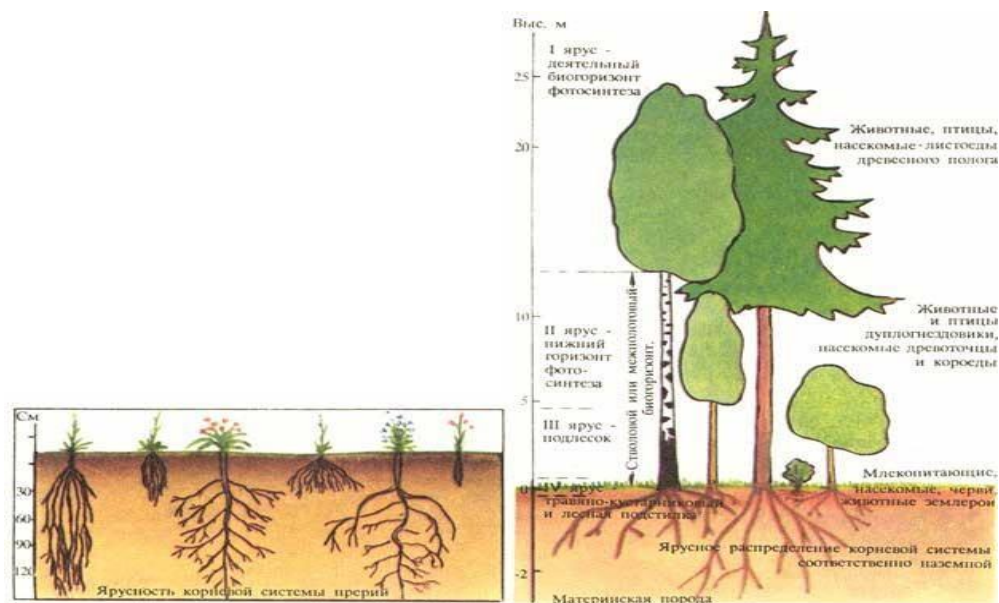


Рисунок 5 – Пространственная структура наземного биоценоза

Ярусное строение подземных органов определяется разной глубиной проникновения корневых систем. В каждом ярусе растительности преимущественно обитают свои животные из состава биоценоза. Также существует разделение птиц на экологические группы по месту их питания (воздух, листва, ствол, земля).

В каждом ярусе создаются определенные условия для жизни различных видов. Виды, занимающие в сообществе один ярус, конкурируют между собой за природное пространство и пищевые ресурсы.

Горизонтальное распределение особей вида в пространстве внутри яруса образуют различного рода узорчатость, пятнистость, мозаичность каждого вида. Например, в моховом ярусе можно выделить различные пятна мхов с доминированием одного или нескольких видов. В травяно-кустарничковом ярусе можно выделить пятна черничные, чернично-кисличные, голубично-сфагновые и т.п.

Экологическая структура. Каждый биоценоз складывается из определенных экологических групп организмов. Эти группы, занимая сходные экологические ниши, в разных биоценозах могут иметь неодинаковый видовой состав. К примеру, в сухих аридных условиях доминируют склерофиты и суккуленты, а на увлажненных территориях – гигрофиты. Экологическую структуру биоценоза отражает также соотношение групп организмов, объединяемых сходным типом питания. Так, в лесах преобладают сапрофаги, в степных и полупустынных зонах – фитофаги, в глубинах Мирового океана – хищники и детритоеды и т. д.

Таким образом, экологическая структура биоценоза – это его состав из экологических групп организмов, выполняющих в сообществе в каждой экологической нише определенные функции.

Вопрос 2.

Понятие о биогеоценозе (экосистема). Агробиогеоценоз.

По определению В. Н. Сукачева, *биогеоценоз* (от греч. био – жизнь, гео – земля, ценоз – сообщество) – это совокупность однородных природных элементов (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий) на определенном участке поверхности Земли.

Каждый биоценоз развивается в пределах определенного однородного пространства, которое характеризуется определенным сочетанием абиотических факторов. К ним могут относиться количество приходящей солнечной радиации, температура, влажность, химический и механический состав почвы, ее кислотность, рельеф местности и др. Такое однородное пространство, часть абиотической среды, занимаемое биоценозом, называется биотоп. Это может быть какой-либо участок суши или водоема, берег моря или склон горы. *Биотоп* – это неорганическая среда, которая является необходимым условием существования биоценоза. Биоценоз и биотоп образуют взаимосвязанное единство – биогеоценоз.

Таким образом, биогеоценоз – природная система взаимосвязанных живых организмов и окружающей их абиотической среды. Термины «экологическая система» и «биогеоценоз» не являются синонимами. *Экосистема* – это любая совокупность организмов и среды их обитания. Биоценозы – это только природные образования. Однако биоценоз в полной мере может рассматриваться как экосистема. Таким образом, понятие «экосистема» шире и полностью охватывает понятие «биогеоценоз» или «биогеоценоз» — частный случай «экосистемы».

Помимо естественных экосистем функционируют искусственно созданные и регулярно поддерживаемые человеком сообщества живых организмов – *агробиогеоценозы*. К ним относятся водохранилища, сады, огороды, виноградники, крупные животноводческие комплексы с прилегающими пастбищами и т.д. Городские экосистемы (территории городов и их население) – это гетеротрофные антропогенные экосистемы.

Агроэкосистемы (сельскохозяйственные экосистемы), создаваемые человеком для получения высокой продукции автотрофов (урожая), отличаются природных рядом особенностей:

1. В них резко снижено разнообразие организмов. На полях обычно культивируют один или немного видов растений, в связи с чем резко обедняется и животное население, и состав микроорганизмов в биоценозе. Видовое разнообразие разводимых человеком животных также ничтожно мало по сравнению с природным.

2. Виды, культивируемые человеком, созданы искусственным отбором в состоянии, далеком от первоначального, и не могут выдерживать борьбу за существование с дикими видами без поддержки человека.

3. Агроэкосистемы получают дополнительный поток энергии, кроме солнечной, благодаря деятельности людей, животных и механизмов, обеспечивающих необходимые условия роста культивируемых видов. Чистая первичная

продукция (урожай) удаляется из экосистемы и не поступает в цепи питания.

В настоящее время пахотными землями и пастбищами занято свыше 30 % суши, и деятельность людей по поддержанию этих систем превращается в глобальный экологический фактор.

Вопрос 3.

Цепи и циклы питания. Как уже отмечалось, между организмами биоценоза устанавливаются прочные пищевые взаимоотношения. В результате возникают цепи питания. Цепь питания обычно состоит из трех базовых звеньев.

Первое звено образуют так называемые *продуценты или производители*. Это автотрофные зеленые растения, которые в процессе фотосинтеза создают органическое вещество – первичную биологическую продукцию – и аккумулируют солнечную энергию.

Второе звено представлено *консументами, т. е. потребителями*, – гетеротрофными организмами, питающимися растениями или другими гетеротрофами. Различают консументы первого порядка (фитофаги), второго порядка (плотоядные животные, питающиеся фитофагами), третьего порядка (хищники, питающиеся другими животными) и т. д.

Третье звено – это *редуценты, или деструкторы*, – разрушители органического вещества. К ним относятся микроорганизмы, грибы и организмы, питающиеся мертвым органическим веществом и минерализующие его до простых неорганических соединений.

В каждой цепи питания формируются определенные трофические уровни, характеризующиеся различной интенсивностью протекания потока веществ и энергии. Зеленые растения – создатели органического вещества – образуют первый трофический уровень, фитофаги – второй, плотоядные животные – третий и т. д.

Существуют два главных типа пищевых цепей – *пастбищные (или «выедания»)* и *детритные (или «разложения»)*. В пастбищных пищевых цепях первый трофический уровень занимают зеленые растения, второй – пастбищные животные (термин «пастбищные» охватывает все организмы, питающиеся растениями), а третий – хищники. Так, пастбищными пищевыми цепями являются:

растительный материал (например, нектар) => муха => паук => землеройка => сова => червь

Пастбищные пищевые цепи распространены преимущественно в сухопутных и морских экосистемах.

Детритная пищевая цепь начинается с детрита. Характерными детритными пищевыми цепями являются:

листовая подстилка леса => дождевой червь => черный дрозд => ястреб-перепелятник => червь

Детритные цепи наиболее характерны для сообществ континентальных водоемов, дна глубоких озер, океанов, где многие организмы питаются детритом, образованным отмершими организмами верхних освещенных слоев водоема или попавшим в водоем из наземных экосистем, например, в виде листового опада.

Экосистемы дна морей и океанов, куда не проникает солнечный свет, существуют только за счет постоянного оседания туда отмерших организмов, обитающих в поверхностных слоях воды. Общая масса этого вещества в Мировом океане за год достигает не менее нескольких сотен миллионов тонн.

Распространены детритные цепи также и в лесах, где большая часть ежегодного прироста живой массы растений не потребляется непосредственно растительноядными животными, а отмирает, образуя опад, и разлагается затем сапротрофными организмами с последующей минерализацией редуцентами. Большое значение в разложении отмерших остатков растительного происхождения, особенно древесины, имеют грибы.

Гетеротрофные организмы, питающиеся непосредственно детритом, называются детритофагами. В наземных экосистемах ими являются многие виды насекомых, червей и др. Крупные детритофаги, к которым относятся некоторые виды птиц (грифы, вороны и т.д.) и млекопитающих (гиены и пр.) называют падальщиками.

Все звенья цепи питания взаимосвязаны и взаимозависимы. Между ними от первого к последнему осуществляется передача вещества и энергия, при передаче которой с одного трофического уровня на другой происходит ее потеря.

В 1942 г. американский ученый Р. Линдеман сформулировал закон пирамиды энергий, или правило 10%, согласно которому с одного трофического уровня экологической пирамиды переходит на другой, более высокий ее уровень (по «лестнице»: продуцент - консумент - редуцент) в среднем около 10% поступившей на предыдущий уровень экологической пирамиды энергии. Остальная часть энергии теряется в виде теплового излучения, на движение и т.д. Организмы в результате процессов обмена теряют в каждом звене пищевой цепи около 90% всей энергии, которая расходуется на поддержание их жизнедеятельности. Так, если заяц съел 10 кг растительной массы, то его собственная масса может увеличиться на 1 кг. Лисица или волк, поедая 1 кг зайчатины, увеличивают свою массу уже только на 100 г.

Вопрос 4.

Продуктивность и энергетика экосистем.

Каждая биологическая система способна образовывать органическое вещество. Количество биомассы органического вещества, созданное экосистемой за единицу времени с единицы площади или объема природного пространства называется *биологической продуктивностью*. Органическая масса, созданная сообществом живых организмов – биологической продукцией. Необходимо различать первичную продукцию, т. е. продукцию автотрофных организмов, и вторичную продукцию – биомассу органического вещества, созданную гетеротрофными организмами (консументами).

Кроме первичной и вторичной продукции биоценозов, различают промежуточную и конечную продукции. Промежуточная продукция отличается тем, что после потребления другими членами биогеоценоза возвращается в круговорот веществ этой же системы. Конечная продукция исключается из

данного биогеоценоза, т. е. выводится за его пределы. Это, к примеру, продукция, получаемая человеком в процессе возделывания сельскохозяйственных культур, разведения домашних животных, охоты, промысла и т. д.

Динамика экосистем

Экосистема – динамичная система, способная существовать неопределенно долгий промежуток времени, в течение которого происходят закономерные изменения ее живого и неживого (абиотического) компонента. В своем развитии экосистема проходит две стадии: сукцессии и климакса.

Сукцессионная фаза характеризуется зарождением жизни в природном пространстве и сменой видового разнообразия на одной и той же территории под влиянием природных факторов или воздействия человека. Сукцессионные изменения в экосистемах могут происходить как результат саморазвития экосистемы, а также под влиянием антропоического фактора. Примером сукцессии как саморазвития экосистемы может служить естественное образование леса на пахотных землях, где прекращена сельскохозяйственная деятельность.

Сукцессия бывает первичной и вторичной. Первичная – развивается на тех местах, где жизнь отсутствует или отсутствовала ранее (горные породы, песок, глина, дно высохших водоемов и т.д.). Вторичная – развивается на тех местах, где некогда существовала жизнь, но по каким-то причинам исчезла.

Сукцессия проходит через ряд последовательных стадий: *пионерная* – на горных породах образуется примитивный слой почвы; *ненасыщенная* – развивается одноярусный фитоценоз, появляются мелкие насекомые, встречаются случайно зашедшие животные, усложняются фито и зооценозы; *группировки* – увеличивается состав фито-, зоо-, микроценозов, виды распределяются по ярусам; *насыщения* – каждый вид занимает свое место, конкуренция сводится к минимуму и сообщество переходит в климаксную фазу.

Климаксная фаза – это состояние экосистемы, когда она максимально насыщается видами, и долгое время может существовать не изменяясь (хвойный лес, ковыльная степь в степной зоне).

Тема 5. Глобальная экология (учение о биосфере)

- 1. Суть учения В. И. Вернадского о биосфере.**
- 2. Функции живого вещества.**
- 3. Экологические законы биосферы.**
- 4. Понятие о ноосфере и техносфере.**

Суть учения В. И. Вернадского о биосфере

Одной из наиглавнейших особенностей планеты Земля есть существование на ней жизни. Этим она отличается от других планет Солнечной системе.

В начале XIX в. понятие (не термин) «биосфера» было введено в науку французским естествоиспытателем Ж. Б. Ламарком (1744-1829). Термин «биосфера» для определения земной оболочки, занятой жизнью, одновременно с терминами «гидросфера» и «литосфера» в конце XIX в. утвердил в

научном обиходе знаменитый австрийский геолог Э. Зюсс (1831-1914).

Автор современного учения о биосфере В. И. Вернадский стал употреблять термин «биосфера» с 1911 г., но впервые дал его определение в 1923 г. и с тех пор не менее 15 раз его уточнял, подчёркивая, что биосфера это «особая охваченная жизнью оболочка» Земли, область распространения живого вещества на планете.

Биосферой В. И. Вернадский назвал «оболочку Земли, состав, структура и энергетика которой определяется совокупной деятельностью живых организмов».

Биосфера – это область органической жизни, охватывающая нижние слои атмосферы, верхние горизонты литосферы, и присутствует во всей гидросфере. Рассмотрим подробнее границы жизни в биосфере.

Атмосфера – это газообразная оболочка Земли, состоящая из смеси различных газов, водяного пара и пыли. Современный состав атмосферы – результат длительных эволюционных процессов в недрах Земли и на ее поверхности при активном участии живых организмов. Верхняя граница распространения жизни в атмосфере определяется озоновым экраном, расположенным на высоте 20-25 км и поглощающим губительные для живых организмов ультрафиолетовые лучи.

В воздушной среде значительную часть своей жизни проводят птицы и насекомые (до высоты 7 км), находятся семена некоторых растений, бактерии, споры грибов (до высоты 22 км) и др. Наиболее заселенным является приземный слой атмосферы (1 – 1,5 км, а в горах до 6 км над уровнем моря).

Литосфера – это твердая оболочка планеты, включающая земную кору и верхнюю мантию Земли. Жизнь в литосфере концентрируется главным образом в поверхностном слое земной коры – почве. Живые организмы в литосфере распространены на небольшой глубине (до 10-12 м), однако отдельные бактерии встречаются в нефтяных водах на глубине 1700 м.

Гидросфера – это совокупность всех вод Земли (материковых, океанических, атмосферных). Жизнь в гидросфере распространена повсеместно до глубины 10000 м.

Биосфера – биологическая система, включающая огромное разнообразие составляющих компонентов, которые В.И. Вернадский разделил на 4 основные группы (в зависимости от их происхождения):

1. *Косное вещество* – это совокупность веществ, в образовании которого живое вещество не участвовало (горные породы, песок, глина, подземные воды).

2. *Живое вещество* представлено растениями, животными и микроорганизмами, населяющими биосферу.

3. *Биокосное вещество* – это результат взаимодействия живых организмов с косной средой (почва, вода в реках, озерах, морях и океанах).

4. *Биогенное вещество* – это продукты жизнедеятельности живых организмов или вещества, образованные самими организмами (осадочные породы органического происхождения: уголь, нефть, торф, известняк и др.).

Вопрос 2.

Функции живого вещества.

В. И. Вернадский считал, что главную преобразующую роль в биосфере выполняет живое вещество, которое выполняет пять основных функций.

В основе *энергетической функции* лежит фотосинтетическая деятельность зеленых растений, в процессе которой происходит аккумуляция солнечной энергии и ее перераспределение между отдельными компонентами биосферы. За счет накопленной солнечной энергии протекают все жизненные явления на Земле.

Газовая функция обуславливает миграцию газов и их превращения, обеспечивает постоянство газовый состав биосферы. Преобладающая масса газов на Земле имеет биогенное происхождение. В процессе функционирования живого вещества создаются основные газы: азот, кислород, углекислый газ, сероводород, метан и др.

Концентрационная функция проявляется в извлечении и накоплении живыми организмами биогенных элементов окружающей среды. Концентрация этих элементов в теле живых организмов в сотни и тысячи раз выше, чем во внешней среде. Благодаря концентрационной способности живых организмов, происходит перераспределение элементов в пределах биосферы, и образуются полезные ископаемые.

Окислительно-восстановительная функция заключается в химическом превращении в основном веществ биосферы. В результате происходит превращение большинства химических соединений и поддерживается разнообразие жизни в биосфере.

Деструкционная функция обуславливает процессы, связанные с разложением организмов после их гибели, вследствие которой происходит минерализация органического вещества, т. е. превращение живого вещества в косное. Образуются также биогенное и биокосное вещества, осуществляется круговорот веществ в биосфере и жизнь может существовать бесконечно долго.

Вопрос 3.

Экологические законы биосферы.

Выделяют ряд общих закономерностей развития биосферы, которые открыл В.И. Вернадский. В настоящее время они рассматривают как законы.

1. *Закон биогенной миграции атомов* характеризует миграцию химических элементов в биосфере при прямом или косвенном участии живого вещества. Так происходило и в геологическом прошлом, миллионы лет назад, так происходит и в современных условиях. Живое вещество или принимает участие в биохимических процессах непосредственно, или создает соответствующую, обогащенную кислородом, углекислым газом, водородом, азотом, фосфором и другими веществами, среду.

2. *Закон константности* отражает постоянство живого вещества на планете в определенный геологический период. Этот закон тесно связан с законом внутреннего динамического равновесия. По закону константности лю-

бое изменение количества живого вещества в одной из частей биосферы приводит к такому же по объему изменению вещества в другой части, только с обратным знаком. Следствием этого закона является правило обязательного заполнения экологических ниш.

3. *Закон физико-химического единства живого* характеризует физико-химическое единство всего живого на Земле. Этот закон – естественное следствие положения о материальном единстве живого и неживого вещества.

4. *Закон максимума биогенной энергии* отражает, что любая биологическая система в процессе развития накапливает энергию и увеличивает свое воздействие на окружающую среду.

Вопрос 4.

Понятие о ноосфере и техносфере.

Эволюция органического мира на нашей планете прошла несколько этапов. Первый характеризовался возникновением биологического круговорота веществ и биосферы. Второй сопровождался формированием многоклеточных организмов и вследствие этого – усложнением циклической структуры жизни. Эти два этапа часто называют биогенезом. Третий этап связан с появлением человеческого общества, под влиянием которого в современных условиях происходит дальнейшая эволюция биосферы и превращение ее в сферу разума – в ноосферу. В. И. Вернадский указывал, что биосфера XX в. становится ноосферой, создаваемой прежде всего ростом науки и социальным трудом. Вернадский понимал под ноосферой новый этап в развитии биосферы и призывал к разумному регулированию отношений человека и природы.

Ноосфера – новое состояние биосферы, когда разумная деятельность человека становится главным фактором, обуславливающим ее развитие. Термин был впервые использован французскими учеными Э. Леруа и П. Тейярдом де Шарденом в 1927 г. В.И. Вернадский понимал под ноосферой качественно новый этап развития биосферы, возникший в результате взаимодействия природы и общества.

В современных условиях человечество получило практически безмерные возможности воздействовать на природу. На наших глазах преобразуется облик планеты – исчезают леса, а вместе с ними и ранее процветавшие виды растений и животных, осушаются болота, истощаются залежи полезных ископаемых, сооружаются новые водохранилища, на месте естественных биоценозов создаются вторичные агробиоценозы. Агрохимические вещества (пестициды, удобрения), отходы промышленности, особенно радиоактивные осадки и канцерогенные углеводороды, изменяют химический состав воздуха, воды, почвы. Постоянно растет количество людей на земном шаре. Своей хозяйственной деятельностью они изменяют биосферу, создают новую среду обитания для всего живого, в том числе и для себя – *техносферу*.

Попытки найти пути выхода из кризиса привели в 1983 г. к созданию при ООН во главе с Г.Х. Брунтланд Международной комиссии по окружающей среде и развитию, перед которой была поставлена задача разработки «Глобальной программы изменений».

Стратегия устойчивого развития впервые была озвучена на Конференции ООН по окружающей среде и развитию (ЮНСЕД) в Рио-де-Жанейро в 1992 г., на которой было принято историческое решение об изменении курса развития всего мирового общества. Такое решение глав правительств 179 государств, собравшихся на ЮНСЕД, было обусловлено стремительно ухудшающейся глобальной экологической ситуацией и прогнозируемой на базе анализа её динамики глобальной катастрофой, которая может разразиться уже в XXI в. и привести к смерти всего живого на планете. ЮНСЕД показала осознание пагубности обычного пути развития, который был охарактеризован как неустойчивое развитие, чреватое кризисами, катастрофами, омницидом (смертью всего живого). Переход на новую модель (стратегию) развития, получившую заглавие модели устойчивого развития.

Устойчивое развитие – это такое развитие, которое удовлетворяет потребности реального времени, но не ставит под опасность способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

За основу Стратегии была взята идея баланса между окружающей средой и ее ресурсами, экономикой и населением Земли. Устойчивое развитие неразрывно связано с безопасностью вообще и экологической в особенности. Стратегия устойчивого развития складывается из следующих принципов:

- каждый человек вправе на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой в благоприятной для него окружающей среде;
- социально-экономическое развитие должно быть направлено на улучшение качества жизни людей;
- развитие должно реализоваться так, чтобы в равной мере обеспечить возможность удовлетворения базовых жизненных потребностей нынешних и будущих поколений при сохранении окружающей природной среды;
- сохранение окружающей природной среды должно составлять неотъемлемую часть процесса развития и не должно рассматриваться в отрыве от него, в ближайшие десятилетия увеличение антропогенного пресса на биосферу должно быть прекращено, а со второй половины XXI века уменьшено до приемлемых для биосферы величин;
- недопустимо в процессе развития превышение пределов жизнеподдерживающей способности экосистем планеты;
- выживание цивилизации и ее дальнейшее сбалансированное развитие должно базироваться на приоритетах биологической стабилизации окружающей среды по сравнению с технологическими средствами;
- экологическая безопасность и стабильность должны стать более приоритетными критериями прогресса, чем экономический рост и экономическая эффективность;
- цивилизации следует переходить на принципы устойчивого освоения природных ресурсов: уменьшение использования невозобновляемых ресурсов, использование возобновляемых ресурсов, так чтобы они не иссякали, расширение отходов, освоение космоса, выработка для этих целей высших технологий;
- уменьшить и устранить нежизнеспособные в экономическом и опасные

в экологическом планах модели производства и потребления, экологически обоснованно разместить производительные силы;

- усилить взаимосвязи экономики и экологии, сформировать единую экономическую систему развития, обеспечивающую экологически безопасное хозяйство;

- реализовать надлежащую демографическую стратегию, приводящую численность населения и его деятельность в соответствие с фундаментальными законами природы и возможностями обеспечения устойчивости биосферы;

- ввести в глобальном масштабе принцип – тот, кто загрязняет окружающую среду, тот и платит;

- искоренить нищету, имущественную несправедливость и неравенство уровней жизни людей, как в различных странах, так и внутри каждой страны;

- использовать разнообразие форм собственности и многоукладности, механизма рыночных отношений, процессов демократизации и общественно-политических движений в становлении гражданского общества, обеспечить безопасное развитие личности, сообществ людей и групп населения;

- устранить все формы насилия над человеком и природой, прежде всего войны, террор, экоцид, т.к. мир, развитие и охрана природы взаимосвязаны и неразделимы;

- сохранить все формы не только биологического, но социокультурного разнообразия, имея в виду коренное население, малые народы, этносы и т.д., их культуру, традиции, окружающую природную среду;

- развивать дальнейшее международное сотрудничество в целях сохранения, защиты и восстановления целостности экосистемы Земли, оздоровление нарушенных экосистем и экологически неблагоприятных регионов, направить усилия на принятие государствами эффективных законов, защищающих природную среду и соответствующих международным соглашениям по переходу на модель устойчивого развития;

- обеспечить свободный доступ к экологической информации, создать для этого необходимые базы данных, глобальные и национальные коммуникации;

- сформировать новые принципы управления, в т.ч. государственного, в области природы и природопользования, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

- экологизировать сознание и мировоззрение человека, радикально переориентировать системы воспитания, образования, морали, культуры, искусства, науки и техники на новые цивилизационные цели, выдвигая интеллектуально – духовные ценности на приоритетное место по отношению к материально-вещественным.

Модель устойчивого развития не сводится только к этим тенденциям, но она соединяет в социоприродную систему развития экономические, экологические, политические и другие характеристики, не выделяя на приоритетное место чисто экономические параметры, как это было ранее.

Переход на модель устойчивого развития потребует кардинальных преобразований, в центре внимания которых экологизация всех базовых видов

деятельности человечества, самого человека, изменение его природы и создание нового общества.

Тема 5. Экологические проблемы Республики Беларусь

1. Проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов Республики Беларусь.

2. Международное сотрудничество Республики Беларусь в области охраны окружающей среды

Вопрос 1.

Проблемы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов Республики Беларусь

Наиболее актуальной экологической проблемой Беларуси является проблема радиоактивного загрязнения окружающей среды. В Беларуси в зоне радиоактивного загрязнения на 1 января 2016 года находилось 28 городов и поселков городского типа и 2343 сельских населенных пункта. Численность населения, проживающего на загрязненной радионуклидами территории, составила на начало текущего года 1 млн. 141,8 тыс. человек (12% численности населения республики).

В Беларуси радиоактивному загрязнению также подверглась четверть лесного фонда страны. Уменьшение плотности радиоактивного загрязнения почв вследствие радиоактивного распада изотопов, а также проведение специальных защитных мероприятий привело к сокращению площади загрязненных лесов. По данным Министерства лесного хозяйства, территория лесного фонда, загрязненного цезием - 137, на начало 2016 года составила 1 млн. 671,9 тыс. га, или 17,6% общей площади лесного фонда.

Не менее важной экологической проблемой является также состояние атмосферного воздуха в городах. По результатам стационарных наблюдений в 2015 г., в периоды с неблагоприятными для рассеивания метеоусловиями кратковременные превышения нормативов качества по углерода оксиду и азота диоксиду зарегистрированы в Бресте, Минске, Могилеве, Новополоцке, Полоцке и Гомеле. Кроме того, данные непрерывных измерений на автоматических станциях показали, что в некоторых районах Минска, Могилева и Гомеля превышен целевой показатель качества атмосферного воздуха по твердым частицам. В периоды с дефицитом осадков максимальные среднесуточные концентрации данной примеси в воздухе Гомеля и Минска достигали 3-4 ПДК. Не всегда соответствовало установленным нормативам качество воздуха в Пинске. Также неблагоприятная ситуация отмечается по содержанию сероводорода и фенола в воздухе Могилева. В дни с безоблачной погодой отмечено существенное увеличение содержания приземного озона в воздухе Полоцка, Новополоцка, Солигорска, Гродно и Минска.

Результаты мониторинга поверхностных вод за 2015 г. и анализ многолетних рядов гидрохимических данных свидетельствуют о том, что антропогенному влиянию в наибольшей степени подвержены водные объекты в бассейнах рек Западный Буг, Припять и Днепр. Приоритетными веществами, избыточные концентрации которых чаще других фиксировались в воде водных объектов Республики Беларусь, являются биогенные элементы, реже – органические вещества.

Наиболее загрязненными водными объектами республики по-прежнему остаются реки: Свислочь у н.п. Королищевичи и у н.п. Свислочь, Лошица в черте г. Минска, Плисса в районе г. Жодино (бассейн р. Днепра); Западный Буг у н.п. Рецица, Мухавец выше г. Кобрин, Лесная Правая у н.п. Каменюки (бассейн р. Западный Буг); Ясельда ниже г. Березы, Морочь у н.п. Яськовичи (бассейн р. Припять), Уша ниже г. Молодечно (бассейн р. Неман), а также оз. Миорское, Лядно и Кагальное. Следует отметить, что ряд озер в бассейне Западной Двины (Миорское, Лядно, Кагальное, Черное) подвержены значительной антропогенной нагрузке, о чем свидетельствуют высокие концентрации в них биогенных веществ.

Особую тревогу вызывает судьба малых рек республики. Проявляется тенденция роста концентраций минерального азота, фосфора, калия, хлора, сульфатов и других элементов, поступающих в речные воды с сельскохозяйственных угодий.

Ряд природоохранных проблем вызван крупномасштабной мелиорацией и освоением новых земель. Площадь осушенных земель достигла 16% территории страны, а в отдельных бассейнах - 20-30% от площади их водосборов. Мелиорация Полесья привела к климатическим изменениям в регионе, в том числе к повышению частоты засух и заморозков. Усилилась также эрозия легких и торфяных полесских почв. Произошло качественное изменение растительного и животного мира в результате минерализации и эрозии на значительных территориях «сработанных» торфяных почв.

Одной из серьезных экологических проблем Беларуси является проблема утилизации, обезвреживания и захоронения промышленных и бытовых отходов, осадка сточных вод. Наиболее острая экологическая ситуация сложилась в зоне воздействия калийных производств в районе г. Солигорска, где ежегодно образуется более 10 млн.т твердых галитовых отходов и около 1 млн.м³ глинисто-солевых шламов. В этом районе актуальны задачи предотвращения просадочных явлений, заболачивания территорий, уменьшения интенсивности загрязнения поверхностных и подземных вод, воздушной среды и почв.

Республика Беларусь из-за ее географического расположения, трансграничных речных бассейнов и строительства различного рода каналов (как судоходных, так и мелиоративных) является транзитной территорией для многих чужеродных видов.

Распространение чужеродных (инвазивных) видов — одна из основных угроз аборигенным флоре, фауне, местообитаниям и экосистемам. Оно неизбежно отражается на экономике, включая производство продуктов питания, а в ряде случаев – и на здоровье людей. Процесс инвазии значительно уско-

рился в связи с глобальным потеплением климата и интенсификацией товарных и иных отношений с различными странами.

Так, инвазийный вид – енотовидная собака – был завезен в Беларусь в прошлом веке. Вид причиняет ощутимый ущерб, разоряя гнёзда многих птиц, в том числе охотничьих. Опасно это животное и как переносчик вируса бешенства. Инвазия американской норки в Беларусь произошла в середине XX столетия. Сегодня она натурализовалась по всей стране, вытеснив европейскую норку, а также приводит к снижению численности птиц и ряда видов млекопитающих.

Каштановый (или липовый) минер инвазийный вид, который поражает листья каштанов и липы. Ущерб от каштановой моли колоссален и состоит не только в том, что погибло само каштановое дерево, но и в затратах на посадку нового.

Ротан-головешка (или амурский бычок) попал в водоёмы республики из Дальнего Востока в 1970-х годах при акклиматизации дальневосточных растительноядных рыб. В некоторых водных объектах он ведёт себя настолько агрессивно, уничтожая другие виды рыб и их икру, что становится единственным обитателем.

Американский полосатый рак обнаружен в 1997 году на территории Гродненской области в пограничных с Польшей и Литвой реках Черная Ганча, Шлямица, Марыха и Неман. Основная опасность инвазии данного вида на территории Беларуси заключается в том, что этот вид является переносчиком рачьей чумы и может полностью уничтожить популяции ценных аборигенных видов раков.

В результате инвазии моллюска дрейссены полиморфной, который настоящее время отмечен в 115 озерах, 7 водохранилищах, 6 крупных и 15 малых реках Беларуси, происходит вытеснение аборигенные виды моллюсков. Дрейссена оказывает мощное влияние на экосистемы из-за высокой фильтрационной активности, осаждая значительное количество взвешенной в воде субстанции.

Не меньший вред наносят инвазивные виды растений. Нередко чужеродные виды становятся злостными сорняками, внедрение которых ведет к потерям урожая, требует разработки новых агротехнических приемов и методов борьбы с ними. Характерными примерами таких видов являются галинсога мелкоцветковая, мелколепестник канадский и горец Вейриха. Отдельные из чужеродных видов растений обладают ярко выраженными аллергенными свойствами: это борщевик Сосновского, многие виды тополей, амброзия.

С целью предотвращения попадания чужеродных видов на территорию республики проводится ряд карантинных мероприятий: ввоз семян, растений и продукции растительного происхождения проводится только через пограничные пункты с фитосанитарным контролем и при наличии сертификатов, а производство посадочного материала осуществляется только в питомниках системы Министерства сельского хозяйства и продовольствия.

Вопрос 2.

Международное сотрудничество Республики Беларусь в области охраны окружающей среды

В основе глобальных экологических проблем лежат процессы и явления планетарного масштаба, затрагивающие основы существования человеческой цивилизации, поэтому их решение требует участия всего мирового сообщества.

Являясь одним из учредителей ООН, Республика Беларусь на постоянной основе поддерживает контакты с межправительственными организациями ООН: ЮНЕП, ЮНЕСКО, Всемирной метеорологической организацией (ВМО), ВОЗ, ЕЭК по проблемам окружающей среды и водным ресурсам, Международной справочной системой источников информации по окружающей среде (ИНФОТЕРРА), ОЭСР и др.

В последние годы активизировалось сотрудничество природоохранных органов Беларуси с Программой развития ООН (ПРООН) в нашей республике, в рамках которой реализуются проекты по устойчивому развитию на областном, районном уровнях и межсекторные программы устойчивого развития.

Важная роль в процессе формирования и реализации стратегии устойчивого развития страны на период до 2020 г. отводится совершенствованию национального природоохранного законодательства и его согласованию с принципами и нормами международного экологического права. Наша страна присоединилась к значительному числу важнейших природоохранных конвенций и протоколов ООН, ряду европейских договоров и соглашений СНГ, а также подписала двусторонние документы с сопредельными государствами в области охраны и рационального использования приграничных природных ресурсов и комплексов.

Наиболее распространенной и действенной формой сотрудничества по вопросам охраны окружающей среды является заключение международных договоров и иных соглашений. Республикой Беларусь подписаны следующие основные конвенции и протоколы в области охраны окружающей среды, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень протоколов и конвенций подписанных и ратифицированных Республикой Беларусь

Дата/место проведения	Название
1	2
18.04.1951 г. Париж (попр. от 15.09.1999)	Конвенция «О создании организации защиты растительного мира Европы и Средиземноморья». Вступила в силу для Республики Беларусь 30 мая 2002 г.
06.12.1951 г. Рим	Международная конвенция Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций «По защите растений». Вступила в силу для Республики Беларусь 15 апреля 2005 г.
01.12.1959 г. Вашингтон	Договор «Об Антарктике». Вступила в силу для Республики Беларусь 27 декабря 2006 г.

21.05.1963 г. Вена (в ред. от 12.09.1997)	Венская конвенция Международного агентства по атомной энергии «О гражданской ответственности за ядерный ущерб». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 9 мая 1998 г.</i>
02.02.1971 г. Рамсар	Конвенция Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры «О водно-болотных угодьях, имеющих международное значение главным образом в качестве местобитаний водоплавающих птиц». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 25 августа 1991 г.</i>
16.11.1972 г. Париж	Конвенция Организации Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры «Об охране всемирного культурного и природного наследия». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 12 января 1989 г.</i>
29.12.1972 г. Вашингтон, г. Лондон, г. Мехико, г. Москва (в ред. от 03.11.1989)	Конвенция «По предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 27 февраля 1976 г.</i>
03.03.1973 г. Вашингтон	Конвенция «О международной торговле видами дикой флоры и фауны, находящимися под угрозой исчезновения». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 8 ноября 1995 г.</i>
10.12.1976 г. Женева	Конвенция Организации Объединенных Наций «О запрещении военного или любого иного враждебного использования средств воздействия на природную среду». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 21 января 2004 г.</i>
13.11.1979 г. Женева	Конвенция «О трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 16 марта 1983 года</i>
23.06.1979 г. Бонн	«Конвенция по сохранению мигрирующих видов диких животных». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 1 сентября 2003г.</i>
22.03.1985 г. Вена	Венская конвенция Организации Объединенных Наций «Об охране озонового слоя». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 22 сентября 1988 г.</i>
16.09.1987 г. Монреаль (в ред. от 03.12.1999)	Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой. <i>Вступил в силу 1 января 1989 г.</i>
22.03.1989 г. Базель	Базельская конвенция «О контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 9 марта 2000 г.</i>
25.02.1991 г. Эспо	Конвенция «Об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 8 февраля 2006 г.</i>
17.03.1992 г. Хельсинки	Конвенция «О трансграничном воздействии промышленных аварий». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 23 сентября 2003 г.</i>
17.03.1992 г. Хельсинки	Конвенция «По охране и использованию трансграничных водотоков и международных озёр». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 27 августа 2003 г.</i>
09.05.1992 г. Нью-Йорк	Рамочная конвенция Организации Объединенных наций «Об изменении климата». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 9 августа 2000 г.</i>

05.06.1992 г. Рио-де-Жанейро	Конвенция Организации Объединенных Наций «О биологическом разнообразии». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 29 декабря 1993 г.</i>
17.06.1994 г. Вена	Конвенция «О ядерной безопасности». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 27 января 1999 года</i>
17.06.1994 г. Париж	Конвенция Организации Объединенных Наций «По борьбе с опустыниванием в тех странах, которые испытывают серьезную засуху и / или опустынивание, особенно в Африке». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 27 ноября 2001 г.</i>
05.09.1997 г. Вена	Объединенная конвенция Международного агентства по атомной энергии «О безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами» <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 24 февраля 2003 г.</i>
11.12.1997 г. Киото	Киотский протокол Организации Объединенных Наций к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 24 ноября 2005 г.</i>
25.06.1998 г. Орхус	«Конвенция о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 30 октября 2001 г.</i>
29.01.2000 г. Монреаль	Картахенский протокол Организации Объединенных Наций по биобезопасности к конвенции «О биологическом разнообразии» <i>Вступил в силу 11 сентября 2003 г.</i>
16.03.2001 г. Москва	Соглашение «О правовой охране сортов растений». <i>Вступила в силу для Республики Беларусь 29 ноября 2004 г.</i>
22.05.2001 г. Стокгольм	Стокгольмская конвенция «О стойких органических загрязнителях». <i>Вступила в силу 17 мая 2004 г.</i>
17.07.2001 г. Гаага	Соглашение между Правительством Республики Беларусь и Организацией по запрещению химического оружия «О привилегиях и иммунитетах организации по запрещению химического оружия». <i>Вступило в силу 16 сентября 2002 г.</i>

Реализация конституционного права наших граждан на благоприятную окружающую среду сегодня невозможна без международного экологического сотрудничества, поэтому Беларусь является активной его участницей. В развитии международного сотрудничества на многосторонней основе особое внимание в нашей республике уделяется обеспечению выполнения международных конвенций и подписанных к ним протоколов, разработке национальных механизмов их реализации, а также активизации сотрудничества с органами управления конвенциями.

Тема 6. Охрана природных ресурсов

1. Природные ресурсы и их классификация, проблема исчерпаемости природных ресурсов.
2. Загрязнение природной среды как экологическая проблема. Источники и виды загрязнения природной среды.
3. Мероприятия по охране природной среды от загрязнения.

Вопрос 1.

Природные ресурсы и их классификация, проблема исчерпаемости природных ресурсов.

Природные ресурсы - это компоненты природной среды, которые используются либо могут использоваться для удовлетворения всех потребностей общества и общественного производства.

Существует несколько классификаций природных ресурсов.

В зависимости от деления ресурсов по принадлежности к различным компонентам природной среды различают: земельные, минеральные, водные, климатические, растительные, животного мира и т.п.

По характеру вовлечения природных ресурсов в хозяйственную деятельность человека и их отраслевой принадлежности различают: ресурсы топливно-энергетического комплекса, металлургии, химической промышленности, сельского хозяйства, лесоперерабатывающей промышленности и т.д.

По характеру воздействия человека природные ресурсы обычно делят на две группы: неисчерпаемые и исчерпаемые.

Неисчерпаемые природные ресурсы – это количественно неиссякаемая часть природных ресурсов (солнечная энергия, энергия ветра, геотермальная энергия, морские приливы, текущая вода и т.д.).

Исчерпаемые ресурсы – это те ресурсы, количество которых уменьшается по мере их изъятия из природной среды. Они делятся на возобновляемые и невозобновляемые. Невозобновляемые ресурсы не восстанавливаются, или восстановление их происходит во много раз медленнее, нежели использование человеком. К ним относятся полезные ископаемые недр Земли, так как условия для их восстановления в настоящий период на Земле практически отсутствуют. К возобновляемым относятся ресурсы, способные к восстановлению через размножение (растения, животные) или другие природные циклы (чистый воздух, пресная вода) в сроки, соизмеримые со сроками их потребления.

Проблема исчерпаемости природных ресурсов с каждым годом приобретает все большую актуальность. Это связано как с осознанием факта их ограниченности, так и с интенсивно увеличивающимся потреблением. Темпы роста потребления ресурсов примерно на порядок превышают темпы роста численности населения.

Подсчитано, что если бы 10-летний период удвоения сохранился до 2213 года, то человечество добывало бы к этому времени примерно 250 миллиардов тонн (250×10^{15}) ресурсов, что равно массе всей суши. Эксперты предсказывают постепенное выхолаживание кривых потребления минеральных ресурсов.

Особый интерес представляют темпы использования углеродсодержащих ресурсов. В настоящее время ежегодно сжигается столько горючих ископаемых, сколько природа накапливала их за миллионы лет. Согласно одному из прогнозов, при сохранении таких темпов роста использования ископаемого топлива разведанных запасов нефти хватит примерно на 30-40 лет, газа – на 40–45 лет, угля – на 70–80 лет.

Кроме того, потребление больших запасов энергии, в особенности из невозобновимых ресурсов (нефть, уголь, торф, природный газ) приводит к загрязнению природной среды. В связи с этим поиск *альтернативных* возобновимых экологически безопасных источников энергии - важная задача для человеческого общества. К числу альтернативных источников энергии относятся энергия солнца (солнечные батареи), производство и использование биомассы, биогаза, использование энергии приливов и морских течений, геотермальных вод, энергии ветра, а также утилизация отходов.

Вопрос 2.

Загрязнение природной среды как экологическая проблема. Источники и виды загрязнения природной среды.

Загрязнение природной среды – это поступление или возникновение новых не характерных для нее физических, химических, биологических агентов или повышение их концентрации свыше естественного количества.

Загрязнение приводит к снижению биосферных функций экосистем. Оно проявляется в изменении физических характеристик среды, увеличении содержания токсичных веществ, болезнетворных бактерий и других загрязнителей. Загрязнение вызывает деградацию среды обитания и наносит ущерб здоровью населения.

В настоящее время в природной среде присутствуют более 500 вредных веществ антропогенного происхождения, отличающихся многообразием видов и многочисленностью источников их выбросов. Наиболее устойчивые зоны с повышенными концентрациями загрязнений возникают в местах активной жизнедеятельности человека.

Загрязнение гидросферы

Источниками загрязнения признаются объекты, с которых осуществляется сброс или иное поступление веществ, ухудшающих качество поверхностных и подземных вод, ограничивающих их использование, а также негативно влияющих на состояние дна и берегов водных объектов.

К основным источникам загрязнения относятся: коммунально-бытовое и сельское хозяйство, промышленность, транспорт. Коммунально-бытовое хозяйство является мощным источником воздействия на водные объекты. На его долю приходится примерно 60% годового объема сточных вод.

По происхождению загрязнение гидросферы классифицируются на химическое, механическое, физическое, биологическое.

Химическое загрязнение – наиболее распространенное. Оно может быть

органическим и неорганическим, токсичным и нетоксичным. Органическое загрязнение связано с поступлением в водные объекты органических кислот, пестицидов, поверхностно-активных веществ и синтетически поверхностно-активных веществ. Неорганическое – обусловлено нагрузкой на водные объекты различных минеральных солей, кислот, щелочей. Мышьяк, соединения ртути, свинца, кадмия относятся к токсичному химическому загрязнению. Другие вещества химической природы являются нетоксичными. Химические примеси осаждаются на дно водоемов или при фильтрации в пласте сорбируются частицами пород, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок и т.д.

Механическое загрязнение характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (песок, шлам, глина, твердые отходы, мусор, упаковочный материал и т.д.), которые значительно изменяют органолептические показатели вод, отрицательно влияют на условия обитания гидробионтов, состояние экосистем.

Физическое загрязнение воды связано с изменением ее физических характеристик. К нему относится тепловое, электромагнитное, шумовое, радиоактивное загрязнение. Наиболее распространенными является радиоактивное и тепловое загрязнение. Весьма опасно содержание в воде, даже при малых концентрациях, радиоактивных веществ. Наиболее вредны долгоживущие радиоактивные элементы, обладающие способностью к передвижению в воде (Sr-90, U, Ra-226, Cs-137). Радиоактивные элементы попадают в поверхностные водоемы при сбрасывании в них радиоактивных отходов, захоронении отходов на дне и др.

Тепловое загрязнение обусловлено сбросом теплых и горячих сточных вод. При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава воды, что ведет к разложению с участием анаэробных бактерий, росту численности гидробионтов и выделению ядовитых газов – сероводорода, метана. Одновременно происходит «цветение» воды, а также ускоренное развитие микрофлоры и микрофауны.

Биологическое загрязнение связано с ростом численности отдельных популяций в водной среде. Чаще всего оно происходит при поступлении в воду патогенных бактерий, вирусов, простейших организмов, которые могут вызывать болезни у человека при контакте с водой, животных и гидробионтов.

К данному виду загрязнения водной среды относят и интенсивное развитие высших водных растений и фитопланктона, обусловленных поступлением в больших объемах биогенных веществ.

Загрязнение почвы

Загрязнение почв в наше время приобрело широкие масштабы, что стало реальной угрозой всему живому. Под загрязнением почв понимается насыщение поверхностных слоев земли физическими, химическими и биологическими ингредиентами, которые отрицательно влияют на окружающую среду

и плодородие почв. Основными источниками загрязнения являются транспорт, промышленность, сельское хозяйство.

За счет промышленного и сельскохозяйственного загрязнений в почвы поступают тяжелые металлы, нефтепродукты, фенолы, диоксины, СПАВ, углеводороды, пестициды, нитраты, азот аммонийный, фосфор, патогенные вещества и др.

Загрязнение почв подразделяется на три вида: химическое, физическое и биологическое. Наибольшую нагрузку на почву создает *химическое загрязнение*. Особенно опасными для почвы и человека являются тяжелые металлы, пестициды, нефтепродукты, нитраты и пр. В настоящее время в природной среде находится около 8 млн. химических веществ, арсенал которых ежегодно пополняется еще 250 тыс. новых соединений.

Загрязнение природной среды *тяжелыми металлами* в настоящее время является одним из наиболее распространенных следствий техногенного воздействия на экосистему. Тяжелые металлы представляют собой серьезную опасность с точки зрения их положительной динамики в окружающей среде. Это своеобразная группа веществ: в малых количествах они являются микроэлементами и нужны всему живому, в больших количествах – это высокотоксичные вещества. Для всех тяжелых металлов характерна высокая биохимическая активность, токсичность, тенденция к биоконсервированию, высокая канцерогенность и способность при трансформации образовывать более опасные соединения.

Металлы быстро накапливаются в почве и крайне медленно из нее выводятся. Так, цинк имеет период полураспада 500 лет, кадмий – 1100 лет, медь – 2500 лет, свинец – более 1000 лет.

Тяжелые металлы поступают в почву в виде оксидов (Cu_2O , ZnO , PbO_2), сульфидов (Cu_2S , ZnS , CdS), карбонатов (ZnCO_3), сульфатов, гидрооксидов, комплексных соединений. В почвах тяжелые металлы могут находиться в растворимой, малорастворимой и нерастворимой формах. Уровень содержания и характер их распределения в почвенном профиле в значительной мере определяются процессами миграции и аккумуляции. Характер и форма миграции тяжелых металлов зависит от свойств элементов, реакционной способности, характера образуемых химических соединений, абиотических факторов среды - температуры, влажности, величины рН, величины ионного потенциала, наличия органического вещества, минеральных спутников.

До тех пор, пока тяжелые металлы прочно связаны с составными частями почвы и труднодоступны, их отрицательное влияние на почву и окружающую среду будет незначительным. Однако, если почвенные условия позволяют перейти тяжелым металлам в почвенный раствор, появляется прямая опасность загрязнения почв, возникает вероятность проникновения их в растения, а также в организм человека.

На подвижность и растворимость тяжелых металлов оказывают влияние: формы химических соединений в почве, присутствие элементов, противодействующих влиянию тяжелых металлов, и веществ, образующих с ними комплексные соединения; процессы адсорбции и десорбции; количества доступных форм этих металлов в почве и почвенно-климатические условия.

Миграция тяжелых металлов в почвах может происходить с жидкостью и суспензией, при помощи корней растений или почвенных микроорганизмов. Из всех видов миграции самая важная – в жидкой фазе. Водорастворимые формы представлены хлоридами, нитратами, сульфатами и органическими комплексными соединениями, которые могут составлять до 99% от общего количества растворимых форм.

Наиболее распространенными техногенными тяжелыми металлами являются: свинец, кадмий, марганец, цинк, медь, никель.

Основными источниками поступления тяжелых элементов являются предприятия черной и цветной металлургии, химическая промышленность, производство приборов, пластмасс, строительных материалов, осадки очистных сооружений, шламы гальванических производств, транспорт, свалки ТБО.

Значительным источником загрязнения является сельскохозяйственное производство. Вносятся тяжелые металлы в агроэкосистемы:

- с минеральными удобрениями - Cd, Cr, Mo, Pb, Zn;
- с органическими удобрениями - Cd, Cu, Ni, As, Zn;
- с отходами интенсивного животноводства и птицеводства – Cu, As;
- с пестицидами - Cd, Hg, Pb, As, Mn, Zn.

Качественный и количественный состав тяжелых металлов зависят от близости промышленных центров, заводов, фабрик, наличие ТЭЦ, расстояния от автомагистралей и железнодорожных путей, розы ветров, количества осадков и т.д. Вблизи промышленных центров, как правило, создаются антропогенные аномальные зоны с повышенным их содержанием.

Остро стоит проблема *загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами*. Это касается тех территорий, в районах которых располагаются нефтеперерабатывающие заводы, склады ГСМ, автостоянки, автозаправочные станции, нефтепроводы, и земель, примыкающих к автомагистралям и железнодорожным путям. В результате проливов, утечек, аварий в грунтах этих территорий скапливается громадное количество легких нефтепродуктов (бензина, керосина, дизельного топлива). По данным Минприроды Республики Беларусь ориентировочно теряется в среднем 0,5 – 2% годового оборота нефтепродуктов, а за 30 лет их объемы в почвах составляют миллионы тонн. В местах хранения нефтепродуктов в почвах автостоянок, автозаправочных станций содержание нефтепродуктов колеблется в широком диапазоне и может достигать десятки тысяч мг/кг почвы. В почвах у автомагистралей их содержание колеблется в пределах 100-4400 мг/кг почвы (бровка дороги – 4400

мг/кг, 10 метров от дороги – 750 мг/кг, 30 метров от дороги – 100 мг/кг почвы). Вблизи железнодорожного полотна – от 100 до 9000 мг/кг почвы (бровка полотна – 9000 мг/кг, 10 метров от дороги – 200 мг/кг, 30 метров от дороги – 100 мг/кг почвы).

В почве нефтепродукты из-за меньшей, чем у воды, плотности наслаиваются на почвенную влагу и подземные воды. Они вместе с водой способны перемещаться с внутрипочвенным стоком в вертикальном и горизонтальном профиле почвы, т.е. характеризуются большой миграционной способностью.

Загрязнение нефтепродуктами почвы приводит к активным изменениям ее химического состава, свойств и структуры. Прежде всего, это сказывается на гумусном состоянии почв. За счет углерода нефтепродуктов увеличивается нерастворимый углеродный остаток. В почвенном профиле изменяются окислительно-восстановительные условия, увеличивается подвижность гумусовых компонентов и ряда микроэлементов. Гидрофобные частицы нефти и нефтепродуктов затрудняют поступление влаги к корням растений, что приводит к физиологическим изменениям последних.

Загрязнение почв нефтепродуктами приводит к резкому нарушению в почвенном микробоценозе. Почвенные микроорганизмы реагируют на нефтяное загрязнение вначале кратковременным ингибированием, а затем повышением своей валовой численности и усилением активности. Прежде всего, это относится к углеводородокисляющим микроорганизмам, количество которых резко возрастает по сравнению с незагрязненными почвами. Сообщество микроорганизмов почвы принимает неустойчивый характер. По мере разложения нефти и нефтепродуктов в почве общее количество микроорганизмов приближается к фоновым загрязнениям, но количество нефтеокисляющих бактерий значительно превышает те же группы в незагрязненных почвах. При дозе 100 мг/кг почвы подавляется ее биологическая активность, особенно фотосинтезирующего звена. При содержании 500 мг/кг – угнетаются процессы самоочищения в почве.

Загрязнение нефтепродуктами оказывает длительное отрицательное воздействие на почвенных животных, вызывая их массовую гибель в интенсивной зоне загрязнения. Отрицательное действие загрязнения осуществляется в результате прямого контакта с нефтью и нефтепродуктами и через изменение свойств загрязненных почв. Летучие фракции нефти и нефтепродуктов проявляют эффект сразу после контакта с почвенными животными. Эффект тяжелых фракций проявляется позже. Почвы считаются загрязненными нефтью и нефтепродуктами, если их концентрация достигает уровня, при котором:

- начинается угнетение или деградация растительного покрова;
- падает продуктивность сельскохозяйственных земель;
- нарушается природное равновесие в почвенном биоценозе;

- ингибируется деятельность микроорганизмов, исчезают виды почвенных водорослей, мезофауны и т.п.;
- происходит вымывание нефти и нефтепродуктов из почв в подземные или поверхностные воды;
- изменяются водно-физические свойства и структура почв;
- заметно возрастает доля углерода нефти и нефтепродуктов в некарбонатном (органическом) углероде почв (до 10% и более от всего органического углерода).

Пестициды – это многочисленная группа ядохимикатов, применяемых для борьбы с вредителями и болезнями сельскохозяйственных культур, сорными растениями, с паразитами животных. Экологическая вредность пестицидов зависит в основном от их химической природы, продолжительности жизни, способности избирательно действовать на отдельные организмы и трансформации в среде.

Пестициды накапливаются в жировых тканях людей и животных, отрицательно воздействуют на нервную, сердечно-сосудистую системы. Они обладают свойствами аллергенности, мутагенности и канцерогенности. Приводят к таким заболеваниям, как язвенная болезнь желудка и 12-ти перстной кишки, гипертоническая болезнь, к хроническому фаренгиту, синуситу, способствуют развитию злокачественных опухолей. Наиболее опасны пестициды для детей.

Пестициды относятся к синтетическим химическим соединениям – ксенобиотикам, т. е. веществам, чуждым биосфере. При применении пестицидов их остатки или продукты метаболизма накапливаются в объектах окружающей природной среды, мигрируют по пищевым цепям и вызывают нежелательные последствия, негативно влияют на качество почвы, питьевой воды, растительной и животной продукции и т.д. Накапливаясь в почвах, пестициды могут вызывать глубокие и необратимые нарушения нормальных циклов биологического круговорота веществ и снижение продуктивности почвенных экосистем. От пестицидов сильно страдает почвенная биота. Особенно это касается таких важных почвообразователей, как дождевые черви, колемболы, клещи. В загрязненных почвах изменяется микроэлементный состав, нарушается микробиологическая и ферментативная активность.

Нитраты поступают в почву в результате естественных природных процессов и техногенным путем.

Важным источником накопления нитратов в почве является нитрификация. Образуются нитраты в почве в результате минерализации органического вещества (гумуса) и внесенных органических удобрений, с участием микроорганизмов-нитрификаторов. Еще один источник - азотные удобрения. Под воздействием тех же нитрифицирующих микроорганизмов аммонийный и амидный азот в почве постепенно переходит в нитратный. При условиях,

благоприятствующих нитрификации, весь внесенный в почву азот может в течение двух-трех дней полностью превратиться в нитратный. Поэтому при внесении высоких доз азотных удобрений, даже не содержащих нитратного азота, в почве может накапливаться большое количество нитратов. Это естественный физиологический процесс. Нитратный азот в почве очень подвижен и при обильных поливах или в дождливую погоду легко вымывается за пределы корнеобитаемого слоя, особенно на легких почвах.

Сильное загрязнение почв нитратами происходит при применении необоснованно высоких (более 200 кг N на 1 га) доз бесподстилочного навоза. Большое количество нитратов снижает содержание кислорода в почве, а это способствует повышенному выделению в атмосферу двух «парниковых» газов закиси азота и метана.

Нитраты обладают канцерогенными и мутагенными свойствами и могут вызывать раковые заболевания, врожденные и мутагенные уродства.

Из *физического загрязнения* наиболее распространенным для почв нашей страны является радиоактивный вид. Радиоактивное загрязнение – это превышение естественного уровня содержания в почве радиоактивных элементов.

Биологическое загрязнение почв – накопление в почвах возбудителей инфекционных и инвазионных болезней, а также насекомых и клещей, переносчиков возбудителей болезней человека, животных и растений в количествах, представляющих потенциальную опасность для здоровья населения и объектов окружающей природной среды.

Биологическое загрязнение почв чужеродными микроорганизмами происходит в результате попадания в почву бытовых и сельскохозяйственных отходов и отбросов, а также за счет аэрозолей микробиологических производств.

С бытовыми отбросами в почву могут поступать опасные микроорганизмы, патогенные и токсикогенные, способные вызывать кишечные инфекции и пищевые отравления у человека, эпидемические заболевания у животных, токсикозы растений. Кроме бытовых отходов, объектами загрязнения почв патогенными организмами являются животноводческие комплексы, птицефабрики, фермы, зверофабрики и т.д. Согласно санитарно-эпидемиологическим почвенным исследованиям обнаруживаются бактерии группы кишечной палочки (*E.coli*) и патогенных клостридий и бацилл: возбудителей столбняка (*Cl. tetani*), сибирской язвы (*Bac. anthracis*), газовой гангрены (*Cl. perfringens*) и др.

Использование в сельском хозяйстве бактериальных энтомопатогенных препаратов (энтомобактерин, дендробациллин, боверин, мускардин), содержащих споры бацилл (*Bac. cereus*, *Bac. thuringiensis*), может привести к массовому обсеменению растительности и почвы спорами этих бактерий и к нарушению природного равновесия в микробных сообществах.

Загрязнение атмосферы

Антропогенные загрязнения атмосферы отличаются многообразием видов примесей и многочисленностью источников их выбросов. Наиболее устойчивые зоны с повышенными концентрациями загрязнений возникают в местах активной жизнедеятельности человека. Установлено, что каждые 10-12 лет объем мирового промышленного производства удваивается, а это сопровождается примерно таким же ростом объемов загрязнений окружающей среды. В атмосферу ежегодно выбрасывается около 3,5 млрд. т вредных веществ. По ряду загрязнений темпы роста их выбросов значительно выше средних. К таковым относятся: тяжелые и редкие металлы, синтетические соединения, которые не существуют и не образуются в природе, радиоактивные и бактериологические загрязняющие вещества.

Антропогенные примеси в зависимости от происхождения делят на 4 вида:

- механические (частички пыли, мусор);
- физические (горячий воздух, радиоактивное загрязнение);
- биологические (связано с присутствием патогенов);
- химические.

Наибольшую нагрузку на атмосферу оказывает химическое загрязнение. Химические примеси в воздухе находятся в виде газов и газообразных примесей, аэрозолей.

Из всей массы загрязняющих вредных веществ, поступающих в атмосферу от антропогенных источников, около 90% составляют газообразные вещества, 10% – аэрозоли.

Главными и наиболее опасными источниками загрязнения атмосферы являются транспортные средства, работающие на органическом топливе, промышленные предприятия, коммунально-бытовое хозяйство. Воздействие загрязняющих веществ, поступающих от них на окружающую среду, зависит от:

- химических и физических свойств веществ;
- свойств продуктов их деструкции;
- объемов поступления и концентрации в атмосфере;
- характера поступления от источника.

Важнейшим параметром, определяющим масштабы загрязнителя в атмосфере, является время его жизни в ней. Исходя из этого, выбросы загрязняющих веществ, делятся на три типа:

- приводящие к загрязнению в глобальном масштабе. К ним относятся техногенные примеси с большим временем жизни в атмосфере (годы или месяцы). Они способны распространяться в окружающей среде в глобальном масштабе, независимо от места их выброса. Таковыми загрязнителями является углекислый газ, фреоны, радионуклиды;

- приводящие к загрязнению в региональном масштабе. Это вещества с ограниченным (обычно от нескольких суток) временем жизни в атмосфере, способные приводить к загрязнению крупного региона за пределами которого концентрация загрязнителя быстро падает, однако, в следовых количе-

ствах может наблюдаться повсеместно. К ним относятся оксиды азота и серы, пестициды, тяжелые металлы;

- приводящие к загрязнению в локальном масштабе (на сравнительно небольшой территории). Это вещества с малым временем жизни в атмосфере. К ним относятся грубодисперсные аэрозоли, сероводород и другие вещества.

Вопрос 3.

Мероприятия по охране природной среды от загрязнения.

Главными задачами в охране окружающей среды являются предотвращение ее загрязнения техногенными примесями и очистка средообразующих природных компонентов от выбросов или сбросов, если произошло загрязнение.

Предотвращение (предупреждение) загрязнения окружающей среды вследствие хозяйственной деятельности человека может быть осуществлено мерами как организационного, так и технического характера.

Меры организационного характера включают в себя следующие мероприятия:

- планирование мероприятий по уменьшению вредного воздействия на окружающую среду в процессе хозяйственной деятельности;
- соблюдение правил работы с потенциальными загрязнителями в соответствии с действующими инструкциями;
- осуществление сбора сортировки и удаления производственных и бытовых отходов;
- исключение нарушений растительно-почвенного покрова и загрязнения водоисточников;
- прекращение работы источников электромагнитного, шумового, радиационного излучения и исключение выбросов опасных химических веществ, превышающих установленные пределы.

К мерам технического характера относятся инженерные методы и способы очистки выбросов и сбросов работающих энергетических, производственных, коммунально-бытовых объектов и систем от вредных компонентов до поступления их в окружающую среду.

Для их очистки применяются механические, физико-химические, химические, биохимические, термические методы и различные средства.

Для очистки и обезвреживания отходящих газов используются самые различные технические устройства и установки: механические пылеулавливатели, фильтрационные установки, пылесадительные камеры, центробежные конструкции, пенные газоочистители, пылеулавливатели ударно-смывного действия, ультразвуковые аппараты, инерционные пылеулавливатели и др.

В целях очистки сточных и канализационных вод применяются следующие технические устройства: водные отстойники, решетки, песколовки, нефтеловушки, барабанно-вакуумные фильтрующие установки, центробежные конструкции, дисперсные установки, пенные сепараторы, ультрафиолетовые установки, дегазаторы удаления растворенных газов и др.

Предотвращение загрязнения почв и земель осуществляется по следующим направлениям:

- уничтожение, обезвреживание и утилизация твердых и жидких бытовых отходов;
- уничтожение, обезвреживание и утилизация отходов сельскохозяйственных предприятий;
- рекультивация земель.

Вопрос 4.

Глобальные экологические проблемы и их характеристика.

При взаимодействии человеческого общества с природной среды в процессе производства материальных благ нарастает отрицательное воздействие на нее. Наряду с многочисленными преимуществами, присущими индустриальным обществам, для них характерно как возникновение новых, так и обострение уже существующих экологических и ресурсных проблем. Глобальные экологические проблемы характеризуют изменения природной среды в планетарном масштабе. Это возможные климатические изменения вследствие увеличения содержания углекислого газа и других газообразных веществ в атмосфере, истощения озонового слоя, выпадение кислотных осадков.

Образование кислотных осадков. Кислотные осадки образуются в атмосфере в результате взаимодействия окислов азота и серы с парами воды. Осадки считаются кислотными, если они имеют $pH=5,5$ или ниже.

Выпадению кислотных осадков в значительной степени подвержены пресноводные и лесные экосистемы. Так, подкисление воды ведет к резкому снижению общей биомассы гидробионтов, их видового разнообразия. При снижении уровня кислотности до 5,0 наблюдается гибель яйцеклеток, спермы и молоди водных обитателей.

Кислотные осадки наносят огромный вред лесным экосистемам: деревья желтеют, опадает хвоя и листва, изреживаются кроны, повреждаются корни, усыхают вершины. Воздействие кислотных осадков снижает устойчивость лесов к засухам, болезням, вредителям, загрязнениям, что приводит к еще большей деградации лесных экосистем.

Кроме этого, ионы H^+ делают менее доступными биогенные вещества почвы, снижают активность редуцентов и азотфиксаторов, что ведет к дефициту биогенных веществ. При подкислении происходит высвобождение тяжелых металлов в почвенный раствор, что способствует их накопления в сельскохозяйственной продукции, тогда как в естественных условиях они практически нерастворимы.

Одним из ощутимых последствий «кислотных осадков» является разрушение произведений искусства, памятников архитектуры. Взаимодействие кислоты и известняка, мрамора (материалов, из которых сооружали в древности здания) приводит к быстрому их разрушению, выветриванию и эрозии. Памятники и здания Греции, Рима, Англии, Франции, Индии и других стран,

простоявшие сотни и даже тысячи лет, сейчас растворяются и рассыпаются. Металлические же поверхности начинают ускоренно ржаветь. Коррозия вызывает необходимость замены поврежденных деталей, что приводит к дополнительным расходам.

Ущерб здоровью людей связан с тем, что кислоты в виде аэрозолей легко попадают в легкие, вызывая бронхиты и другие заболевания.

Основная стратегия борьбы с образованием кислотных осадков заключается в разработке мероприятий по сокращению выбросов кислотообразующих газов в атмосферу.

Потепление климата. Сжигание ископаемого углеводородного топлива сопровождается выбросами в атмосферу «парниковых газов» – диоксидов и оксидов углерода, азота и серы, метана и др. Они снижают спектральную прозрачность атмосферы для длинноволнового обратного излучения от поверхности земли, усиливают естественный «парниковый эффект» и способствуют потеплению климата на планете. Так, нагреваясь энергией Солнца и инфракрасным излучением атмосферы, поверхность Земли возвращает в атмосферу в среднем эквивалентное количество энергии. Это энергия испарения, конвекции, теплопроводности и инфракрасного излучения. Парниковые газы временно удерживают эту энергию в нашей атмосфере, благодаря чему создается так называемый парниковый эффект. По прогнозам ожидается дальнейший рост температуры на планете, что неизбежно приведет к необратимым глобальным проблемам.

Наблюдается существенное перераспределение осадков, таяние льдов, повышение уровня Мирового океана, затопление обширных территорий суши, изменения в составе биоты и т.п. Поэтому из всех глобальных экологических проблем современности одно из первых мест занимает проблема устойчивости климата.

Стабилизация климата возможна, если довести выбросы парниковых газов до уровня 50-х годов. Стратегия борьбы глобальным изменением климата должна опираться на: энергосбережение; использование альтернативных источники энергии; сохранение лесов.

Истощение озонового слоя.

Озоновый экран – это область с повышенным содержанием озона, который расположен в стратосфере на высоте от 20 до 25 км от поверхности Земли и выполняет функцию защиты жизни на Земле от губительного действия ультрафиолетовой радиации, ослабляя ее примерно в 6500 раз.

О факте обнаружения истощения озонового слоя сообщили специалисты по исследованию атмосферы из Британской Антарктической службы в 1985 г. По их наблюдениям над станцией Халли-Бей в Антарктиде, весеннее содержание озона в атмосфере уменьшилось с 1977 г. по 1984 г. на 40%. Пространство, в пределах которого регистрируется уменьшение концентрации озона, получило название «озоновой дыры».

«Озоновые дыры» по своей сути представляют собой протяженные области пониженного (на 10-15 %) содержания озона в озоновом слое стратосферы. Размер «озоновой дыры» над Антарктидой возрастает примерно на 4% в год.

Главной причиной разрушения озонового экрана считаются ХФУ (хлорфторуглероды - фреоны). Основные их представители – CFCl_3 , CF_2Cl_2 .

Фреоны используются в производстве и быту: в качестве хладагентов в морозильных камерах, холодильниках; как пенообразователи и растворители при производстве полиуретановых материалов, в качестве распылителей в аэрозольных баллончиках. В настоящее время в атмосферу ежегодно выбрасывается около 500 тыс. т этих соединений.

Опасность повышения интенсивности воздействия ультрафиолетовых излучений велика. Так, проникая в воду, они вызывают разрушение обитающих в ней живых организмов, входящих в состав планктона. В результате чего, наблюдается недостаток пищи для рыб и млекопитающих, обостряется угроза их исчезновения. У растений нарушается образование хлорофилла, что также может привести к вымиранию некоторых их видов.

Под воздействием ультрафиолетового излучения человек становится более подвержен таким заболеваниям, как рак кожи, быстрое старение, катаракта глаза и общее снижение иммунитета. По данным ООН, разрушение озонового слоя приводит к появлению в мире 100 тыс. новых случаев катаракты.

Учитывая нависшую угрозу, в 1987 году в Монреале был подписан протокол Международного соглашения, направленный на борьбу против разрушения озона. Согласно этому протоколу страны, потребляющие более 0,3 кг в год фреонов на 1 жителя, обязались сократить их производство на 50%.

Вопросы для самоконтроля

1. Назовите законы, сформулированные Б. Коммонером. Раскройте их сущность.
2. Дайте определение экологии как науке. Сформулируйте цель и задачи экологии.
3. Каковы основные методы экологических исследований?
4. Дайте определения «среда обитания», «условия существования», «экологические факторы».
5. Какие выделяют группы экологических факторов? Охарактеризуйте их.
6. Назовите основные законы аутоэкологии. Кто их сформулировал?
7. Дайте определение «экологическая пластичность».
8. Сформулируйте определение «популяция». Какие функции она выполняет?
9. Дайте определения понятиям «рождаемость», «смертность», «выживаемость», «скорость роста популяции».
10. Что называется экологической нишей популяции? Назовите ее виды?
11. Назовите типы межвидовых связей и биотических отношений. Охарактеризуйте их.
12. Сформулируйте определение «биоценоз», «биогеоценоз», «агробиогеоценоз», «цепь питания».
13. Назовите существенные отличия агробиогеоценоза от естественных природных систем.
14. Что относится к природным ресурсам? На какие виды они делятся по характеру воздействия на них человека?
15. Дайте определение понятию «загрязнение природной среды». Какие бывают виды загрязняющих веществ по их происхождению?
16. На какие виды по масштабам распространения можно подразделить экологические проблемы?
17. Назовите и охарактеризуйте глобальные экологические проблемы.
18. Назовите основные экологические проблемы Республики Беларусь.
19. Какие основные конвенции и протоколы в области охраны окружающей среды подписаны Республикой Беларусь?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кильчевский А.В. Основы сельскохозяйственной экологии и радиационная безопасность: учебное пособие / А.В. Кильчевский, Г.А. Чернуха, Е.П. Воробьева и др. – Минск: Ураджай, 2001. – 222 с.
2. Киселев, В.Н. Основы экологии: / В.Н. Киселев. – Учебное пособие. – 2-е изд., перераб.и доп. .- Минск: Універсітэцкае, 2000. – 352 с.
3. Коробкин, В.И. Экология. / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский - Ростов н/Дону: изд-во «Феникс», 2000-576 с.
4. Куликов, Я.К. Агрэкологія: учеб. пособие / Я.К. Куликов. – Минск: Вышш. шк., 2012. – 319 с.
5. Маврищев В.В., Высоцкий А.Э., Соловьева Н.Г. Радиоэкология и радиационная безопасность. Пособие для студентов вузов. – Мн., Тетраситсемс, 2010. – 207 с.
6. Маврищев, В.В. Основы экологии: учебник / В.В. Маврищев. – 3-е изд.,испр. и доп. – Минск: Вышш. шк., 2007. – 447 с.
7. Общая экология: Учеб. пособие / С.С. Маглыш. – Гродно: ГрГУ, 2001. – 111 с.
8. Рассашко И.Ф., Ковалева О.В, Крук А.В. Общая экология. Тексты лекций для студентов специальности 1-33 01 02 «Геоэкология». – Гомель: ГГУ им. Ф. Скорины, 2010. – 252 с.
9. Черников, В.А. Агрэкологія / В.А.Черников, Р.М.Алексахин, А.В.Голубев и др.; Под ред. В.А .Черникова.- М.: Колос ,200.-536 с.
10. Экология: учеб. для вузов / Н.И. Николайкин, Н.Е. Николайкина, О.П. Мелехова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2003. – 624 с.