

ФГБОУ ВПО «Уральский государственный педагогический университет»

**Географо-биологический факультет
Кафедра Экологии и экологического образования**

КУРС ЛЕКЦИЙ
по учебной дисциплине
“ЭКОЛОГИЯ”

ЕКАТЕРИНБУРГ 2012

Экология: Текст лекций для студентов педагогических ВУЗов /
Сост. д.б.н., профессор Л.Г. Таршис
Екатеринбург: Изд-во УрГПУ, 2012. – 104 с.

Текст 9 лекций по Общей экологии для студентов педагогических ВУЗов включает материалы о живых системах и особенностях их взаимодействия с окружающей средой, об общих закономерностях взаимоотношений живых организмов внутри вида и между разными видами, о методах наук изучающих живые системы, о вопросах природопользования и о проблемах биоразнообразия. Он призван помочь студентам овладеть фундаментальными знаниями в области классической экологии, а также освоить специальную терминологию, необходимую для успешного освоения дисциплины профильной подготовки естественнонаучного направления.

Рекомендовано Ученым Советом Географо-биологического факультета УрГПУ в качестве учебно-методического пособия для студентов, обучающихся по естественнонаучным специальностям.

Решение от 23 июня 2016 года, протокол № 8

Экология – наука будущего, и возможно, само существование человека на нашей планете будет зависеть от ее прогресса.
Ф. Дрё

Лекция № 1

Тема: Предмет, задачи, методы экологии. Краткий очерк истории экологии.

1.1. Понятие экологии.

1.2. Структура экологии.

1.3. Методы экологических исследований.

1.4. История становления и развития экологии как науки.

Экология – это наука о взаимоотношениях живых организмов между собой и со средой их обитания. Термин «экология» впервые ввел немецкий биолог Эрнст Геккель в 1866 году. Само слово восходит к греческому «ойкос» - дом, жилище, - поэтому экологию можно трактовать как изучение «домашней жизни» живых существ. За рубежом в ходу определение науки, данное Кребсом (1972): «Экология – это научное познание взаимодействий, определяющих распространение и численность организмов».

На сегодняшний день существует более 140 определений науки Экология. Вот лишь некоторые из них:

«Экология – одна из биологических наук, изучающих живые системы в их взаимодействии со средой обитания»;

«Экология – комплексная наука, синтезирующая данные естественных и общественных наук о природе и взаимодействии ее и общества»;

«Экология – совокупность научных и практических проблем взаимоотношений человека и природы»;

«Экология – наука о структуре природы, характеризующаяся энергетическим подходом к исследования природных явлений» - Е. Одум (1963);

«Современная экология – это наука о путях приспособления видовых популяций к изменяющимся условиям внешней среды, наука о становлении, преобразовании и развитии видовых популяций, о законах их интеграции в биологические системы более высокого порядка, специфически приспособленные к наиболее эффективному использованию энергии в конкретных условиях среды» - С.С. Шварц (1967).

Предметом экологии являются объекты организменного, популяционно-видового, биоценотического и биосферного уровней организации в их взаимодействии с окружающей средой.

Задачи общей экологии – изучение двусторонних связей в системах: организм – среда; популяция – среда; сообщество – среда; биосфера – географическая оболочка; а также выяснение особенностей внутривидовых и межвидовых отношений. В общей (классической) экологии можно выделить крупные разделы (уровни экологии): экологию особей (аутэкологию); экологию популяций (демэкологию) и экологию сообществ (синэкологию). Каждый из разделов имеет свои собственные задачи. **Аутэкология изучает отношения организмов к условиям среды.** В этом же разделе

экологии рассматриваются характеристики факторов среды и способы приспособления (адаптаций) организмов к различным условиям среды. **Демэкология** – это экология отдельных видов, представленных в природе популяциями (популяция - есть форма существования вида). **Синэкология** – экология сообществ.

Среди методов используемых в экологии, по особенностям их применения, можно выделить как *общенаучные*, так и *частные*, только *экологические методы*. В соответствии с другой классификацией, методы экологии можно подразделить на: *лабораторные и полевые*. Последние, в свою очередь, делятся на следующие методы: маршрутные, стационарные, описательные и экспериментальные. Полевые исследования в экологии наиболее значимы, поскольку именно они позволяют изучать экологические явления непосредственно в природной среде. Они позволяют установить взаимосвязи организмов со средой, выявить экологические факторы среды и определить адаптации живого к среде.

Среди общенаучных методов выделяют: наблюдение и описание; сравнительный метод; исторический метод; экспериментальный метод; метод моделирования; статистический метод, и т.д.

Наблюдение и описание – по сути методы неразделимые, заключаются в длительном отслеживании состояния объекта или явления и последующей записи, фиксирующей всевозможные его/их изменения.

Сравнительный метод – основан на анализе сходства и различия изучаемых объектов и явлений.

Исторический метод – заключается в анализе хода развития исследуемого объекта.

Экспериментальный метод – помогает изучать объекты и явления природы в заданных условиях.

Метод моделирования – делает возможным описание объектов и явлений природы относительно простыми моделями, воссоздаваемыми в лабораторных условиях. Модель – это абстрактное описание какого-то явления реального мира. Модели используются для прогнозирования динамики явления, для определения воздействия экологических факторов на объект, для оценки последствий антропогенного вмешательства в среду.

Статистический метод – позволяет усреднять полученные данные, и тем самым получать более объективную информацию о количественных и меристических признаках изучаемых природных объектов и явлений.

Среди экологических методов в науке чаще сталкиваешься с методом мониторинга; с микроскопическими методами исследования; с методом изоферментного анализа; с рентгеноструктурным анализом; с методом биоморфологического анализа; с методом группового анализа; с методом морфофизиологических индикаторов; с интродукционным методом; с методами индикации загрязнения среды; с методами инвентаризации природных ресурсов; с методом дистанционного исследования экосистем; с методом атомноадсорбционной спектрофотометрии и другими.

Мониторинг - комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменения состояния окружающей среды под влиянием антропогенных факторов. Основные задачи мониторинговых исследований: наблюдение за состоянием биосферы; оценка и прогноз состояния природной среды; выявление факторов и источников антропогенных воздействий на окружающую среду и пр. Выделяют следующие типы мониторинга: глобальный (биосферный), геофизический, климатический, биологический, экологический. Основа сети глобального мониторинга – биосферные заповедники. Экологический мониторинг – основа глобального мониторинга, - он включает наблюдения за различными компонентами биосферы, и в первую очередь за растительными и животными организмами.

Микроскопический метод – позволяет оценивать воздействие факторов среды на организм на анатомическом уровне. Для исследований сегодня применяется не только световой микроскоп, но и электронный микроскоп, сканирующий микроскоп, и компьютерные микроскопические приставки.

Изоферментный анализ дает возможность определить ферменты у особей одного и того же вида различающихся по морфолого-физиологическим признакам, с целью установления родства между ними. Наличие или отсутствие определенного изофермента широко используется как генетический маркер для определения принадлежности особи к определенной группе, а анализ частот изофермента одного белка – для определения границ популяций.

Рентгеноструктурный анализ – используется для получения информации о микроструктуре аморфных объектов. Основан на возможности рентгеновских лучей проникать сквозь материалы. Широко используется сегодня для изучения структуры белковой молекулы, и ее изменений под воздействием вирусов и мутагенов.

Биоморфологический анализ – определение состава и соотношения жизненных форм в конкретном таксоне или фитоценозе.

Метод группового анализа – используется в целях характеристики таких признаков популяции, которые в силу относительно высокого варьирования у отдельных особей, не поддаются точному учету. Метод часто используется при определении возраста животных. Оценка признака производится путем изучения кривых его распределения в популяции.

Метод морфофизиологических индикаторов – позволяет по отдельным показателям, установленным для организма, оценить общее состояние особи. Например, количество гемоглобина и эритроцитов, содержание протеинов в плазме, - могут свидетельствовать о недоедании животного.

Инвентаризация природных ресурсов – это учет количества, качества, динамики запасов и степени эксплуатации естественных ресурсов. Инвентаризация включает картографирование объектов исследования, статистический учет и учет качественного состава, степень эксплуатации и определение режима охраны.

Индикация загрязнений среды – качественное обнаружение и количественное определение физико-химических веществ в объектах

окружающей природной среды. Помимо ландшафтных индикаторов (снег, торф, вода) существуют биоиндикаторы, позволяющие определять степень загрязнения среды различными антропогенными токсикантами. Например, хвойные растения являются биоиндикаторами на кислые осадки, являющиеся выбросами ТЭС, работающих на жидком и газообразном топливе. Нарушения хвойных пород фиксируются в радиусе 10-12 км от предприятия. В радиусе 3 км происходит их полное отмирание и замена мелколиственными породами. Сосна обыкновенная и ель европейская являются индикаторами на загрязнение воздуха диоксидом серы и фтористым водородом. Так, при загрязнении атмосферы диоксидом серы у сосны происходит побурение кончиков игл хвои.

Интродукция – комплекс работ по переносу растительных или животных объектов из дикого состояния в состояние культуры. Интродукция – начальный этап акклиматизации, являющейся одной из мер по обогащению местной флоры или фауны, и по сохранению биоразнообразия на конкретной территории.

Дистанционное исследование экосистемы – это получение информации о природных экосистемах бесконтактными (телеметрическими) методами, с помощью спутников, самолетов, космических кораблей. Спутниковое дистанционное зондирование позволяет дать оценку степени воздействия антропогенных факторов на растительный покров суши; выявить влияние лесных пожаров на природные экосистемы; помогает определить первичную продуктивность и биомассу фитоценозов. Так, например, с помощью спутника «Космос» установлены состояние лесо-болотного комплекса Западной Сибири и степень воздействия на него хозяйственной деятельности человека.

Атомноадсорбционная спектрофотометрия – это комплекс методов, позволяющий в лабораторных условиях оценить содержание в биологических объектах любых элементов из таблицы Менделеева, в том числе содержание тяжелых металлов.

Термин «Экология» появился значительно позднее времени рождения самой науки, которое датируется приблизительно III веком до нашей эры. Первыми экологами можно назвать поэтов и философов Древней Греции и Древнего Рима: Платона, Аристотеля, Теофраста, Сенеку, Плиния Старшего. Так, например, в трудах Аристотеля (385-322 гг до н.э.) имеется классификация животных, основу которой составляют группы организмов связанные обитанием в разных средах: водные, сухопутные, земноводные. В трудах Теофраста Эрезийского (371-280 гг до н.э.) содержится много сведений по экологии растений. Именно он обрабатывал те растительные и частично животные материалы, которые привозил из своих завоевательных походов Александр Македонский. В главном труде своей жизни «Исследования о растениях» Теофраст излагает наблюдения за зависимостью формы роста растения от климата, почвы и способов возделывания. Интуитивно Теофраст подразделяет растения на жизненные формы: деревья, кустарники, травы. Он замечает, что при пересадке растений из высокогорий

на равнину меняется их облик, - они становятся больше и красивее на вид. В трудах крупнейшего адмирала римского флота и ученого-натуралиста Плиния Старшего (23-79 гг н.э.) приводятся сведения по экологии наземных и водных животных, дикорастущих и сельскохозяйственных растений. Им описываются не только конкретные организмы, но и целые ландшафты, причем в состоянии динамики. Именно ему принадлежит первенство в описании извержения вулкана Везувия.

В эпоху Средневековья экологические знания можно найти в трудах Авиценны (980-1037), Альберта Великого (1206-1280) и Фридриха П. Гогенштауфена (XIII в). В трудах Авиценны (Ибн-Сины) содержится много сведений о культивировании лекарственных растений, об их отношении к фактору увлажнения, к свету и температуре. Авиценна не только занимался врачеванием, он по сути был популяризатором идей Аристотеля. Альберт Великий, также испытавший на себе влияние идей древнегреческого ученого, главное внимание уделял изучению морфологических и физиологических особенностей растений. Он первым описал явление «зимнего сна» у растений. Особенности размножения и роста растений он ставил в зависимость от условий местообитания, от особенностей почв и количества солнечного тепла. Германский император Фридрих II Гогенштауфен был заядлым охотником, и в то же время описывал анатомические особенности птиц. Им также была отмечена закономерность морфологической изменчивости теплокровных животных в зависимости от низких температур. Впоследствии это наблюдение положили в основу правила Бергмана, в соответствии с которым размеры тела северных животных изменяются в направлении уменьшения теплоотдачи, что выражается в укорочении выступающих частей тела животного – ушей, морды, ног.

Во времена Возрождения экологический оттенок имели труды таких естествоиспытателей, как, Френсис Бэкон, Роберт Бойль, Франческо Реди, Джон Рей.

Без сомнения зарождение науки в XVIII-XIX веках связано с такими именами, как К. Линней (1707-1778), Ж.Б. Ламарк (1744-1829), А. Гумбольдт (1769-1859), К. Рулье (1814-1858), Н.А. Северцов (1827-1885), А.Ф. Миддендорф (1815-1894), Ч. Дарвин (1809-1882), Э. Геккель (1834-1919), В.В. Докучаев (1846-1903), и многие другие.

В XVIII-XIX столетии большой вклад в накопление фактического материала и развитие экологических воззрений внесли натуралисты и естествоиспытатели России: И.Г. Гмелин (1709-1755); В.Ф. Зуев (1754-1794); С.П. Крашенинников (1711-1755); И.И. Лепехин (1740-1802); П.С. Паллас (1741-1811); Г.В. Стеллер (1709-1746). Участвуя в академических экспедициях по России, они изучали жизнь животных и растений в различных природных условиях Урала, Сибири, Дальнего Востока. Среди перечисленных ученых наиболее ценные материалы по экологии собрал В.Ф. Зуев. Естествоиспытатель самородок, солдатский сын, ставший впоследствии академиком Российской Академии наук, изучал влияние температуры окружающей среды на температуру тела животных, ведущих различный

образ жизни. В.Ф. Зуев – автор первого российского учебника по естествознанию. В начале XIX века в связи с бурным накоплением данных в области биологии происходит вычленение из ее недр ботаники и зоологии.

К. Линней – великий натуралист, посвятил свою жизнь идее создания системы о разнообразии живых организмов. Заслугой ученого является введение в науку бинарной номенклатуры. Он же стал использовать при обозначении организмов латинский язык. В труде «Экономия природы» Линней указывал на связь организмов с условиями среды. Он считал, что в природе существует равновесие, которое поддерживается гибелью организмов, выразив эту мысль точнее, - гибель одного организма делает возможным существование других.

Ж.Б. Ламарк – выдающийся биолог эволюционист, задолго до Ч. Дарвина в труде «Философия природы» выдвинувший свою концепцию исторического развития организмов. В основу большинства работ ученый заложил идею об адаптации видов к условиям существования. Он писал о переработке неорганического вещества на планете живыми организмами. Ламарк различал несколько функциональных групп организмов, тех которые производят органическое вещество, и тех, которые его перерабатывают.

А. Гумбольдт – великий путешественник, разработал концепцию о физиономических типах организмов, фактически о жизненных формах растений. Одним из первых среди ученых пришел к понятию биосферы. Ученый обосновал идею горизонтальной зональности и высотной поясности растительности, сформулировал мысль о том, что высотная поясность есть повторение широтной зональности при движении с юга на север. Он писал о необходимости построения целостной картины мира. Гумбольдт лично посетил Северную и Южную Америку, был в Центральной Европе, Китае, несколько раз в России (в том числе на Урале и в Сибири). Своими трудами Гумбольдт фактически создал новую науку – географию растений. Весь растительный покров Земли он делил на растительные области, выделение которых ставил в зависимость от климатических факторов. Причины современного распределения животных и растений по поверхности Земли он связывал с современными условиями их существования и с прошлым планеты.

Ч. Дарвин опираясь на идеи Мальтуса создал учение об естественном отборе, который исключает перенаселение в природе за счет дифференцированного выживания и размножения особей и одновременно служит основным механизмом адаптации организмов к условиям среды. В главном труде своей жизни «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» Дарвин показал, что «борьба за существование» является движущим фактором эволюции. Ученый сформулировал понятие об искусственном отборе, который человек ведет с утилитарных позиций. Он также высказал мысль о том, что в ходе искусственного отбора сорта растений и породы животных теряют свою приспособленность к жизни в естественных условиях и не могут вернуться в дикую природу.

Без сомнения, работы российских ученых XIX внесли немалый вклад в экологию. Академик Александр Федорович Миддендорф был зоологом широкого диапазона. Основные материалы для своих научных построений он собрал в Северной и Восточной Сибири, куда по поручению РАН в 1842-44 гг он проделал большое и трудное путешествие. Целью этой поездки была не только инвентаризация фауны позвоночных этого региона, но и изучение условий существования животных в арктических и субарктических районах Сибири, исследование особенностей их строения и образа жизни. Ученый анализировал особенности строения покровов и окраски северных животных в связи с климатическими условиями. Большое внимание А.Ф. Миддендорф уделял вопросам размножения северных видов. Одним из первых в России ученый положил начало применению к зоологическим объектам учения А. Гумбольдта о жизненных формах.

Карл Францевич Рулье и его ученик и последователь Николай Алексеевич Северцов работали в МГУ. Они продолжили исследования А.Ф. Миддендорфа, однако подходили к проблемам с эволюционных позиций. По сути своей деятельности, К.Ф. Рулье был первопроходцем. Можно сказать, что именно ему принадлежит заслуга разработки общих концепций современной экологии, постановки задачи о всестороннем изучении и объяснении жизни животных в ее сложных взаимоотношениях с окружающим миром. Всего Рулье было написано 126 сочинений. Среди них: «О влиянии наружных условий на жизнь животных», «Сомнения в зоологии как науке», «Общая зоология» - являются общепризнанными научными исследованиями. В одном из своих трудов Рулье изложил свое понимание того как надо изучать жизнь животных. Изучение жизни животных, писал автор, надо проводить в двух направлениях. Согласно одному изучать жизнь особи индивидуальную, т.е. выбор пищи, постройка жилища, географического размещение. Согласно другому «групповому», - изучать надо взаимоотношения родителей и потомства, уход за птенцами, отношение животного к животным одинакового с ним вида, отношение к прочим животным, отношение животного к растениям, и наконец отношение животных к человеку и человека к животным. Рулье рассматривал периодичность в явлениях жизни животных (суточные, сезонные, погодичные). Очень много внимания ученый зоолог уделял вопросам эволюции и вымирания видов животных. Существенно то, что Рулье обращал внимание на необходимость изучения микроэволюции: изменений особей и того, что теперь называется популяцией.

Деятельность Н.А. Северцова была связана как с его работой в МГУ, так и с экспедициями с 1837 по 1853 гг в Воронежскую губернию и с 1856 по 1879 в Среднюю Азию. Н.А. Северцов полагал, что основной задачей изучения мира животных представляется исследование их образа жизни и их отношение к внешним условиям. В своих работах Северцов на фоне анализа внешних условий разбирал явления миграций, сезонного и биотопического размещения, а также размножение и линьку позвоночных животных. Анализируя фауну Воронежской губернии Северцов подходит к

экологической классификации животных по жизненным типам или жизненным формам. Он первым говорит о необходимости установления корреляций между продолжительностью жизни вида и плодовитостью и т.п. Северцов высказал ряд предположений о связи климатических условий обитания животных с формообразованием и был одним из очень немногих зоологов того времени, который внимательно учитывал географический критерий вида. Он одним из первых прибегал к анализу внутривидовой изменчивости. Им было дано объяснение явлений миграций и различных перемещений животных на большие расстояния (приведено по Г.П. Дементьеву, 1970).

В.В. Докучаев рассматривал почву как природно-историческое тело, как результат взаимодействия комплекса факторов почвообразования, главными из которых являются климат, растительность, животные, и материнская порода. Большую роль в почвообразовании играют также возраст территории и ее рельеф. По сути своих высказываний ученый стоял у истоков генетической классификации почв. Он описал почвы России, от подзолов до серых лесных и черноземов, от каштановых до бурых пустынных почв.

В XIX экология по своей сути являлась биологической наукой. Э. Геккель под экологией понимал «общую науку об отношениях организмов с окружающей средой, куда относятся в широком смысле все условия существования. Они частично органической, частично неорганической природы; но как те, так и другие ... имеют весьма большое значение для форм организмов, так как они принуждают их приспособляться к среде... Каждый организм имеет среди остальных своих друзей и врагов, таких, которые способствуют его существованию, и тех, что ему вредят. Организмы, которые служат пищей остальным или паразитируют в них, во всяком случае, относятся к данной категории органических условий существования» (Шилов, 1998).

Появление в биологической науке нового термина «экология» послужило толчком для развития самостоятельной науки – экологии. С этого времени экология, обособившись от других биологических дисциплин – ботаники, зоологии, географии растений и животных, начинает свое быстрое развитие. Это развитие характеризуется, в том числе, появлением нового экологического терминологического аппарата. Так, в 1877 году немецкий гидробиолог К. Мебиус (1825-1908), изучая условия жизни устриц в Северном море, впервые сформулировал понятие биоценоза – сообщества разных видов, особи которых теснейшим образом связаны друг с другом и непрерывно владеют определенной территорией. В 1895 году датский исследователь Е. Варминг (1841-1924) в книге «Ойкологическая география растений» сформулировал основы экологии растений, ее предмет и задачи, доказав, что новую науку вполне можно считать самостоятельной.

В России в данный период развивается новое научное направление – фитоценология. Основы этой науки были сформулированы Г.Ф. Морозовым (1867-1920) и В.Н. Сукачевым (1880-1967). Сначала Г.Ф. Морозов в труде «Учение о лесе» определил лес как «общежитие – биоценоз живых существ

(растений и животных), взаимно приспособленных друг к другу и к окружающей среде». Затем В.Н. Сукачев на базе учения о лесе развил идею биогеоценологии. Термином биогеоценоз он назвал сообщество животных и растений вместе с соответствующими ему условиями почвы и атмосферы. В. Н. Сукачев создал Ленинградскую школу исследователей, успешно разрабатывающую учение о биогеоценозе как о едином комплексе автотрофных и гетеротрофных организмов и компонентов их абиотического окружения (почвы, атмосферы), в котором они взаимодействуют друг с другом.

Одновременно в Англии близкие проблемы экологии разрабатывал профессор Кембриджского университета А. Тенсли (1871-1955). В 1935 году он ввел в литературу термин «экосистема», понимавшийся как совокупность сосуществующих видов и условий среды их обитания. Термин «экосистема» прочно вошел в научный обиход. В дальнейшем была сформулирована концепция экологической сукцессии – процесса изменения состава экосистемы под влиянием жизнедеятельности составляющих ее организмов, и климакса – как устойчивого равновесного с климатом состояния, к которому «стремится» любая экосистема. Данные термины были сформулированы Ф. Клементсом (1874-1945), и в дальнейшем развиты А. Тенсли и Р. Уиттекером.

Приблизительно в это же время в России появляется классификация Л.Г. Раменского (1884-1953) отражающая отношения видов к благоприятности условий среды, в соответствии с которой он делит организмы на ценобиотические группы, названные им виолентами, пациентами и эксплерентами. В 30-е годы В.И. Вернадский (1864-1945) разрабатывает концепцию биосферы как живой оболочки планеты. Именно в ней гениальному русскому ученому удается обосновать геологическую роль живого в эволюции Земли. В те же 30-е годы профессором Оксфордского университета Ч. Элтоном (1900-1990) формулируется концепция экологической ниши, понимаемой как «профессия» вида, включающая: место «работы», ресурсы, необходимые для выполнения «работы»; график «работы»; тип выпускаемой «продукции» и характер отношений с другими «работниками», участвующими в совместном «производственном» процессе. Ч. Элтон также развивает популяционную экологию, считая, что главной задачей экологии является изучение динамики численности особей в популяции.

В XX веке из биологической дисциплины экология становится, по сути, междисциплинарным комплексом. В 1910 году на III Международном ботаническом конгрессе, проходившем в Брюсселе экологию делят на два раздела: экологию особей (аутэкологию) и экологию сообществ (синэкологию). Под экологией также понимают науки изучающие влияние человека и его деятельности на окружающую среду. Появляются глобальная и региональная экологии; экология человека; прикладная экология; медицинская экология; промышленная и сельскохозяйственная экология; экология питания; этноэкология и социальная экология. В 1980 году в книге

«Экологические закономерности эволюции» академик С.С. Шварц пишет: «экология – наука о жизни природы возникла как учение о взаимосвязи организма и среды. Постепенно она трансформировалась в науку о структуре природы, о том, как функционирует живой покров планеты в его целостности». По мнению Шварца, экология все более и более становится теоретической основой, определяющей поведение человека индустриального общества в природе. В конце 80-х возникают экологическое право и экология культуры. И все это происходит на фоне уже существующих с 20-х годов экологии растений и экологии животных, а также появившейся чуть позднее экологии микроорганизмов. Любопытно, что наряду с дифференциацией науки, способствующей тому, что возникли самостоятельные научные направления, изучающие экологию отдельных таксонов, например экологию моллюсков, или экологию голосеменных, - происходила интеграция, приведшая к появлению смежных наук, таких как биоэкология, геоэкология, экология почв, и т.д. В последнюю четверть XX века выходят монографии и учебники по экологии, среди которых необходимо отметить следующие: «Глобальная экология» М.И. Будыко (1977); «Популяционная экология» А.М. Гиляров (1990); «Экология растений» Т.К. Горышина (1978); «Экология» Ф. Дрё (1976); «Экология» Ю. Одум (1986); «Общая экология» И.Н. Пономарева (1994); «Экология» Р. Риклефс (1979); «Экология» Н.М. Чернова, А.М. Былова (1988, 2004); «Экология и контроль состояния природной среды» Ю.А. Израэль (1984); «Человек и ноосфера» Н.Н. Моисеев (1990); «Экология. Особи, популяции и сообщества» М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд (1989); «Наука об окружающей среде» Б. Небел (1993); «Региональная экология» В.Н. Большаков, Г.И. Таршис, В.С. Безель (2000); «Основы общей экологии» Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова (2005). В последнем учебнике, в разделе посвященном современному периоду развития экологии отмечается, что многие экологические законы, выявленные на протяжении XIX-XX вв имеют ограниченные области экстраполяции. Оказалось, что принцип экологической индивидуальности видов и их независимого распределения по градиентам среды в соответствии с симметричной колоколовидной кривой оказался не соответствующим действительности. Наиболее продуктивными и богатыми видами, как установлено сегодня, могут быть не только климаксовые сообщества, но и те которые находятся на одном из этапов сукцессионной серии. Сами сукцессии, как уже подтверждено многочисленными фактами, оказались стохастическими, а не жестко детерминированными процессами, в ходе которых виды сменяют друг друга в четкой последовательности (в ходе сукцессии не обязательно происходит улучшение условий, повышение биологической продукции и видового разнообразия, - возможно ухудшение условий среды и соответственно снижение биологической продукции и видового богатства). Далее стало ясно, что математической модели «хищник – жертва», предложенной А.Д. Лоткой и В. Вольтеррой, и заключающейся в том, что при пульсации численности популяций жертв и хищников пики численности хищников запаздывают по отношению к пикам численности их жертв, -

отказались подчиняться большинство пар хищников и жертв в реальных экосистемах. Во-первых, хищники, как правило, переключаются на потребление других жертв, во-вторых, на динамику численности популяций хищников и жертв действует множество других факторов, которые не учтены моделью (паразиты, биоритмы и т.д.). «Число Р. Линдемана», характеризующее эффективность перехода энергии с одного трофического уровня на другой, может превышать 10%, и значительно, т.е. на высших трофических уровнях даже достигать 50%. Принцип конкурентного исключения не универсален, - в одной экологической нише при наличии сдерживающего фактора, виды могут сосуществовать, и т.п. Далее авторы резюмируют, что к концу XX в стала очевидной сложность создания системы «универсальных законов» экологии, и родилась новая «универсальная методология». Внимание исследователей переключилось на изучение более частных пространственных и временных закономерностей, «механизмов» организации популяций и экосистем (Миркин, Наумова, 2005).

Лекция № 2

Тема: Среды жизни. Внутривидовые и межвидовые отношения организмов.

- 2.1. Общая характеристика среды обитания организмов. Классификация сред.
- 2.2. Классификация и основные закономерности действия экологических факторов.
- 2.3. Внутривидовые и межвидовые отношения организмов.
- 2.4. Адаптации организмов к условиям среды.

Среда обитания - это часть природы, окружающая живые организмы и оказывающая на них определенное воздействие. Форма тела живых существ, в общем, тесно связана с их образом жизни и с условиями той среды, в которой они обитают. Сравните листья деревьев, произрастающих в листопадном лесу, с листьями видов, растущих в пустыне. Первые – обычно широкие и тонкие, что создает обширную поверхность для поглощения света и потери воды. У деревьев, растущих в пустыне, листья мелкие, перисто-расчлененные, а иногда (как у кактусов и некоторых молочаев) их нет вовсе. Солнце пустыни нагревает листья. Потеря тепла в результате конвекции происходит быстрее всего по краям; поэтому, чем больше краев, тем прохладнее лист и тем меньше потери воды. При малых размерах края листа составляют большую часть его поверхности. Такая зависимость между размером листьев и количеством влаги наблюдается у большинства видов, хотя имеются и некоторые исключения. Например, в горах Аризоны на небольших высотах растут дубы с мелкими листьями, а с увеличением высоты величина листовых пластинок у *Quercus gambelii* увеличивается, становясь такой же как у дубов, растущих в листопадных лесах. Безусловно, такие крупные листья

не могут противостоять высыханию, поэтому зимой, когда почвенная вода замерзает и становится недоступной растениям, деревья просто сбрасывают листву. Листья могут покрывать стебли растений только в период дождей, а потом они сбрасываются и фотосинтез осуществляется зелеными стеблями, например, у некоторых кустарников в пустыне Сонора листья на побегах держатся 2-3 недели в году (приведено по Р. Риклефсу, 1979).

На планете выделяют 4 среды: **водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную.**

«Вода!... Ты не просто необходима для жизни, ты и есть сама жизнь».

А. Сент-Экзюпери

Водная среда

Вода характеризуется рядом специфических свойств: высокая теплоемкость, подвижность, прозрачность. Данная среда относительно гомогенна, она довольно таки постоянна во времени и пространстве (хотя в водной среде, также как и на суше существует зональность). На характер распределения водных организмов оказывают влияние плотность, соленость, световой режим и пр. Так, плотность определяет условия передвижения организмов, причем некоторые из них (головоногие моллюски, ракообразные, иглокожие, погонофоры), обитающие на больших глубинах могут переносить давление до 500 атм. При погружении на каждые 10 м давление повышается на 1 атмосферу. Высокая плотность воды обеспечивает возможность опираться на нее, что особенно важно для бесскелетных форм, образующих планктон. Очень важным фактором является соленость: пресноводные формы не могут жить в морях, а типично морские – не переносят опреснения. Однако, есть организмы, такие как сельдь и лосось, которые живут в океане, а на нерест заходят в реки. Температура в морских глубинах отличается постоянством (3-4⁰С). Однако на поверхности амплитуды достигают 15⁰С. Любопытно, что в водах Антарктики живут рыбы белокровки, имеющие не красную, а белую кровь, - это особая адаптация, связанная с тем, что кислород по телу рыбы переносится не гемоглобином, а кровяной плазмой. Вследствие редукции эритроцитов вязкость крови уменьшается, что обеспечивает достаточное кровообращение при жизни в высоких широтах. С глубиной меняется и освещенность. Водоросли в океане могут обитать на глубинах не более 20-40 м, но если прозрачность воды выше, то глубина произрастания бурых и красных водорослей увеличивается до 270 м (приведено по В.А. Вронскому, 1996). Разные лучи солнечного света поглощаются неодинаково: быстрее поглощаются красные и оранжевые лучи, хуже зеленые, синие и фиолетовые. Поэтому до больших глубин проникают лишь сине-зеленые, голубые и сине-фиолетовые лучи. Вода – хороший растворитель. Поэтому в озерах и океанах, а также в подземных водах содержится раствор различных солей. В пресных водах их не более 0,5 г на литр, а в морских до 40 г на литр. Воде свойственна слабая аэрация (кислорода в ней содержится в 20 раз меньше, чем в атмосфере).

Всех обитателей водной среды называют гидробионтами. У них имеется целый ряд специфических адаптаций, позволяющих выживать в гидросфере. Это: обтекаемая форма тела; плавучесть; развитые слизистые покровы; наличие воздухоносных полостей; осморегуляция. В водной среде выделяют дно (бенталь); толщу воды (пелагиаль); береговую часть (литораль). Обитателей бентали именуют бентосом. В пелагиали можно выделить характерные формы живого: планктон – пассивно плавающие формы живого (фито- и зоопланктон); нектон – активно плавающие крупные формы; нейстон – обитателей поверхностной пленки воды.

Наземно-воздушная среда

Среда характеризуется обилием света и кислорода. Она очень динамична во времени и пространстве. На поверхности суши выделяют климатические и высотные пояса, природные зоны. В наземно-воздушной среде возможные резкие перепады температуры, в зависимости от сезона, времени суток и географического положения. Влажность зависит от климатического пояса, степени удаленности от океана, ветра. Живые организмы способны некоторым образом модифицировать параметры среды. Для всех обитателей наземно-воздушной среды характерны следующие адаптации: наличие опорного скелета и механизмов регуляции гидротермического режима; освобождение полового процесса от воды; защитные механизмы от дефицита тепла и влаги. В данной среде наблюдается самый высокий уровень биоразнообразия.

Почвенная среда

Почва – это поверхностный слой земной коры (коры выветривания), который образуется в результате взаимодействия растительности, животных, микроорганизмов, горных пород и является самостоятельным природным образованием. Важнейшим свойством почв является их плодородие, т.е. способность обеспечивать рост и развитие растений. Среда характеризуется четырехфазностью; отсутствием света; высокой плотностью и гетерогенностью в пространстве. Почва – это гигантская экосистема, участвующая в глобальном круговороте веществ. У организмов живущих в почвенной среде сложились следующие адаптации: вальковатая форма тела; гладкая поверхность; хорошо развитая мускулатура и копателный аппарат. Для многих почвенных жителей характерны микроскопические размеры и редукция зрения. Толщина почвенного слоя на равнинах составляет 1,5-2 м (до 5м), в горах менее 1 м. В почве выделяют почвенные горизонты. Чаще их 3: перегнойно-аккумулятивный, элювиальный (горизонт вымывания), иллювиальный (горизонт вмывания). Сверху находится дернина, или лесная подстилка, или луговой и степной войлок. Снизу расположена материнская порода. На количество горизонтов влияют климатические условия. В пространстве почвы подразделяются на почвенные провинции. В почвенном покрове материков хорошо выражена горизонтальная зональность.

Организменная среда

Одна из самых древних сред. Характеризуется наибольшим постоянством в пространстве и времени; постоянством температурного и солевого режимов; отсутствием угрозы высыхания и защищенностью от врагов. Наряду с этим для среды характерно отсутствие света, нехватка кислорода и жизненного пространства. Может быть как жидкой (кровь, лимфа), так и твердой (кости, мышцы). Для обитателей этой среды характерны следующие адаптации: выработка защиты от переваривания хозяином; коадаптация паразита и хозяина; синхронизация биоритмов; редукция зрения и пищеварительной системы; усиление размножения и системы укрепления в организме хозяина. Организменная среда заселяется паразитами и симбионтами, которые могут быть как внешними, так и внутренними. Они могут быть облигатными или факультативными. Для многих характерны сложные циклы развития, часто со сменой одного или нескольких промежуточных хозяев.

Свойства среды, воздействующие на организмы называют **экологическими факторами**. Существует множество классификаций экологических факторов среды. Одна из наиболее распространенных, по источнику происхождения фактора среды, позволяет подразделить их на: **абиотические, биотические и антропогенные факторы**.

Совокупность абиотических факторов в пределах одного участка называется **эктопом**.

Вся совокупность факторов, включая биотические, носит название **биотоп**.

Абиотические факторы – это элементы неживой природы, воздействующие на организмы. Их подразделяют на: **климатические** (свет, температура, осадки, ветер и т.п.); **орографические** (совокупность неровностей земной поверхности, факторы, связанные с особенностями рельефа); **эдафические** (почвенно-грунтовые факторы: механический состав, плотность, гранулометрический состав, водный и температурный режим и т.д.); **химические** (соленость воды, кислотность почв); **физические** (радиоактивность, магнетизм, давление, шум).

Абиотические факторы во многом определяются географическим положением экотопа, т.е. его географической широтой и долготой, а также высотной поясностью. Абиотические факторы могут быть **прямые** (например, влияние температуры или влажности воздуха на организм) и **косвенные** (например, положение особи в пространстве, т.е. на определенной широте и долготе; или например, при повышении температуры воды, в ней уменьшается содержание кислорода). Так, на экваторе солнечные лучи падают под прямым углом и каждая единица поверхности получает больше энергии, чем в других широтах, - поскольку к полюсам уменьшается угол падения солнечных лучей, т.е. чем дальше мы удаляемся к полюсам, тем холоднее становится. Аналогично уменьшается увлажнение при движении от побережий в глубь континента. Высотная поясность, в свою очередь, есть отражение широтной зональности. С подъемом в горы изменяется температурный режим

(например, при подъеме на каждые 100 метров среднегодовая температура уменьшается на 0,5-1° С). Изменяется и количество осадков (наблюдается тенденция их увеличения с высотой). Кроме этого большее количество осадков выпадает на наветренных склонах.

Биотические факторы – это факторы, возникающие при взаимодействии и взаимовлиянии живых организмов друг на друга. Их подразделяют на *фитогенные* (влияние растений); *зоогенные* (влияние животных) и *микробогенные* (воздействие микроорганизмов).

Биотические факторы представляют собой взаимоотношения *внутривидовые и межвидовые*.

Внутривидовые отношения включают: *соревнование, конкуренцию*, и их крайние формы – *антагонизм, агрессию и каннибализм*; а также *альтруизм, внутривидовой эндо- и экзопаразитизм*. Внутривидовые отношения складывались в эволюции по мере развития вида как целостной системы.

Все особи входящие в каждую популяцию вида обладают не только общим происхождением, но и так называемыми конгруэнциями – специфическими приспособлениями к совместной жизни (С.А. Северцов, 1951). Главным образом, конгруэнции охватывают морфофизиологические и этологические черты. Среди конгруэнций: разнообразные «сигналы» - запахи, песни, цвета, особенности поведения и особенности строения, обеспечивающие расселение вида и встречи разнополых особей. Формы внутривидовых отношений разнообразны.

Соревнование, как и *конкуренция* возможны между особями в популяции, - за средства жизни или за самку (самца). Именно в этих отношениях проявляются индивидуальные качества организма, обеспечивающие борьбу за существование и определенную плотность популяции. Соревнование может проходить активно. В форме так называемой «драки». Однако, драка эта не всегда осуществляется через непосредственный контакт между организмами, чаще она предполагает угрожающий вид у «хозяина» территории, громкое пение или просто метки, - перед которыми «противник» отступает. Соревнование может быть и в виде пассивной борьбы, которая приводит к появлению особых адаптивных черт в строении, обеспечивающих выгоду их носителям. Например, распределение надземных частей растений на разной высоте, как и корней на разной глубине, - в загущенных посевах.

Агрессия – это форма связи, характеризующаяся истреблением особей своего вида. *Каннибализм* – пожирание особей своего вида. Так, каннибализм представлен у лососевых. Взрослые рыбы для икрометания заходят в реки, где они в верховьях выметывают икру. Там же обессиленные рыбы гибнут. Поскольку все это происходит поздно осенью, то трупы рыб остаются там же в верховьях, и при понижении температуры вмерзают в лед. Весной трупы рыб оттаивают. Параллельно с этим процессом идет развитие молоди лососевых, которая поедает трупы родителей. У гуппи, трески, налима, наоборот – взрослые рыбы

способны поедать собственную молодь. Такое встречается и у мышевидных грызунов. И даже в домашних условиях, у джунгарских хомячков каннибализм не редкость. Каннибализм имеется у муравьев, хищных личинок комаров, у жуков кокцинеллид и других беспозвоночных, а также у позвоночных – крыс, медведей и человека.

Внутривидовой эктопаразитизм особенно ярко выражен у глубоководной рыбы – удильщика. Самка, имеющая размеры до 10 см постоянно носит на себе присосавшегося самца (1,5-2 см), который прикрепляется к ней в стадии молодки либо на лоб, либо к брюшку или к жаберной крышке. Кожа самца срастается с кожей самки, происходит даже некоторое сращение кровеносной системы обоих организмов. Самец передвигается и живет за счет самки – у него редуцируются зубы и частично кишечник, зато хорошо развиваются кровеносная, дыхательная, выделительная и особенно половая системы.

Внутривидовой эндопаразитизм наблюдается у бонелии – кольчатого червя, живущего в Средиземном море. Самец паразитирует на стенках нефридиев, по которым проходят выводимые наружу яйца. Еще на стадии личинки самец попадает в рот к самке, затем в пищевод и далее диффундируя через ткани, попадает в нефридии, где и остается жить (приведено по И.Н. Пономаревой, 1994).

Альтруизм свойственен млекопитающим, как правило, дельфинам и приматам. Его также можно встретить у собачьих и некоторых кошачьих. Главным образом альтруистическое поведение проявляется в заботе о потомстве, в случае гибели непосредственных родителей малышей. Тогда взрослые самки, или сестринские особи выхаживают сирот. Дележка добычи и защита слабого от врагов – это тоже проявление альтруизма.

Межвидовые отношения складываются из взаимопользных отношений; полезно-нейтральных; полезно-вредных и взаимовредных.

Взаимопользные отношения можно, в свою очередь, подразделить на: **симбиоз** (взаимосвязь в виде сожительства с обоюдной пользой, но с элементами паразитизма); **мутуализм** (взаимосвязь с обоюдной пользой, но без элементов паразитирования); **протокооперацию** (взаимосвязь полезная для обоих компонентов, но не обязательно присутствующая в жизненном цикле).

Полезно-нейтральные отношения включают комменсализм (взаимосвязь, при которой один из компонентов получает какое-либо преимущество, не принося при этом заметного вреда другому).

Комменсализм можно подразделить на **синойкию (квартирантство)** и **трофобиоз (нахлебничество)**. Примером синойкии являются отношения кораллов и тропических рыбок; поселение рептилий в норах грызунов; взаимоотношения эпифитов и древесных растений, на которых они поселяются. Примерами трофобиоза можно считать отношения акул и рыб прилипал, львов и гиен, поедающих добычу хищников; питание растений через сросшуюся корневую систему. Некоторые экологи выделяют еще одну форму комменсализма – **сотрапезничество**, которое

выражается в способах добывания пищи. Сотрапезничеством считают взаимоотношения копытных и сурков; сапрофитов, перерабатывающих растительный опад и т.п.

Полезно-вредные отношения - это **хищничество, паразитизм, полупаразитизм и аменсализм.**

Хищничество это взаимоотношения, при которых один компонент поедает другого (волк – заяц; лиса – мышь; ястреб – перепелка).

Паразитизм – взаимоотношения, при которых организм одного вида живет за счет питательных веществ другого вида. Паразитизм может быть факультативный и облигатный, внутренний (эндо-) и наружный (экзопаразитизм). Факультативные паразиты, какую то часть жизненного цикла могут жить обособленно от «хозяина» во внешней среде. Паразитами является большинство представителей типов Плоских, Круглых и Кольчатых Червей, а также патогенные грибы, бактерии и вирусы. Примерами паразитических отношений у растений можно назвать отношения ольхи и бошнякии; винограда и раффлезии; ели и подъяельника (сем. Вересковые).

Поупаразитизм – взаимосвязь, при которой один организм живет частично за счет органических веществ другого, но параллельно и сам может производить органические вещества. Например, эвкалипт и омела; иван-да-марья и травянистые многолетники смешанных лесов. Полупаразитизм возможен только у представителей царства Растений.

Аменсализм – взаимосвязь, полезная для одного вида, но подавляющая жизнедеятельность другого. Иногда подавление может осуществляться косвенным путем, например через выделяемые одним видом фитонциды (например хризантемой). Последние, губительны для стафилококка. В лесу растения первого древесного яруса, например, ель и пихта, могут подавлять развитие травяно-кустарничкового яруса, испытывающего недостаток освещения.

Взаимовредные отношения подразделяются на **конкуренцию и антагонизм.**

Конкуренция – взаимоотношения, возникающие между видами со сходными потребностями в пище, пространстве и прочих жизненных условиях. Например, василек и рожь, лиса и енотовидная собака. Конкуренция может быть прямая (активная) и косвенная (пассивная). Косвенная конкуренция проявляется через потребление ресурсов среды необходимых обоим видам.

Антагонизм – взаимосвязь, при которой присутствие одного вида исключает пребывание другого. Например, грибы и бактерии.

Антропогенные факторы – это факторы среды, обусловленные прямым или косвенным воздействием на нее человека. Антропогенные факторы могут быть связаны с влиянием человека на среду, как биологического вида, либо его воздействием на организмы вследствие социокультурной и промышленной деятельности, - это так называемое

плановое влияние человека и общества. Особенно сильно подобное влияние на среду проявляется в урбоэкосистемах. Влияние человека на среду может быть непредвиденным. Как правило, такое влияние обуславливается авариями на производстве или на транспорте.

Экологические факторы можно классифицировать в зависимости от особенностей их воздействия на организм: *прямые и косвенные*; в зависимости от регулярности их воздействия – *периодические и непериодические*; в зависимости от тех последствий, которые они оказывают на организм: *ограничивающие, раздражительные, модификационные*. В комплексном влиянии на организмы факторы неравнозначны. Их также можно подразделить на: *ведущие* (те, без которых организм не в силах существовать), *фоновые* (сопутствующие) и *лимитирующие* (те, которые сильно отклоняются от нормы, - иначе их можно назвать ограничивающими факторами).

Адаптации – это приспособления организмов к среде обитания.

Способность организмов к адаптациям помогает видам выживать в процессе естественного отбора, именно она обеспечивает длительное существование разных по уровню развития таксонов в эволюционном процессе.

Все адаптации можно подразделить на *морфологические, анатомические, физиологические, биохимические, онтогенетические и этологические*.

Морфологические адаптации проявляются во внешнем строении организмов; анатомические отражают особенности внутреннего строения; физиологические связаны с процессами роста и жизнедеятельности организма; биохимические проявляются на уровне внутриклеточных процессов; онтогенетические касаются индивидуального развития организма, а поведенческие определяют особенности выживания особи в окружающей среде.

В процессе эволюции самыми существенными адаптациями можно назвать ароморфозы и идиоадаптации. Среди них: выход растений на сушу; развитие корневой системы; появление цветка и семян; листопад; появление полового процесса; формирование гомойотермности; развитие двойного дыхания и оперения у птиц; появление матки у млекопитающих; развитие шерстного покрова; вскармливание детенышей молоком; стадный образ жизни и образование семьи; способность впадать в спячку, переход в состояние анабиоза и многое другое.

Некоторые экологи кроме термина адаптация используют термин «экзаптация» (Гиляров, 2003; приведено по Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, 2005), который обозначает приспособление, первоначально возникшее для одной цели, но затем оказавшееся полезным для решения другой задачи (например, перья у птиц возникли как адаптация для защиты от холода, но в дальнейшем оказались полезными для полета).

Существует три основных пути адаптаций организмов к среде:

Активный путь – развитие на уровне популяций структур и процессов, позволяющих противостоять изменениям окружающей среды, обеспечивая тем самым комфортные условия существования (например, развитие аэренхимы у цветковых растений, живущих в воде; поддержание постоянной температуры тела у птиц и млекопитающих).

Пассивный путь – приспособление жизненных функций организма к изменяющимся условиям среды (например, листопад у обитателей сухих тропиков и субтропиков или жителей умеренных широт; спячка позвоночных в зимний период).

Избегание неблагоприятных условий среды – уход от неблагоприятных факторов среды на территории, позволяющие сохранять сложившиеся в эволюции особенности структуры и функций организма (например, сезонные миграции).

Основные закономерности действия экологических факторов:

1. **закон относительности действия экологического фактора** – особенности воздействия фактора на организм зависят от его количества и от того, в сочетании с какими другими факторами он действует;
2. **закон взаимодействия факторов** – пределы выносливости организма могут смещаться в зависимости от сочетания одновременно действующих факторов. Например, жара лучше переносится в сухом климате, а не во влажном;
3. **закон относительной заменяемости и абсолютной незаменимости экологических факторов** – недостаток или избыток экологического фактора может быть возмещен действием других экологических факторов, однако, если этот фактор является обязательным условием жизни для организма заменить его невозможно;
4. **закон оптимума** – как недостаток, так и избыток действия фактора отрицательно сказывается на жизнедеятельности особи;
5. **закон неоднозначности действия фактора на разные функции организма** – оптимум для одних процессов, протекающих в организме особи, является пессимумом для других. Например, высокая температура воздуха вызывает оцепенение у рептилий;
6. **закон разнообразия индивидуальных реакций на факторы среды** – оптимум и пессимум воздействия фактора на организмы разных особей не совпадают в силу генетических и фенотипических различий последних;
7. **закон относительной независимости приспособления организмов к разным факторам** – организмы устойчивые к действию одного экологического фактора, могут быть неустойчивы к действию другого фактора. Например, эвритермные виды могут быть неустойчивы к высокой влажности воздуха, или к засоленным почвам;

8. **закон несовпадения экологических спектров разных видов** – каждый вид специфичен по своим экологическим возможностям. Даже у близкородственных видов адаптации к среде могут быть различными;
9. **закон ограничивающих факторов** – возможности существования организмов зависят в первую очередь от тех факторов среды, которые максимально отклоняются от оптимума.

Факторы среды могут иметь количественное выражение. Каждый организм, обитая в определенных условиях среды, ощущает на себе комплексное воздействие факторов. Не смотря на это, по отношению к каждому фактору можно выявить зону его оптимального воздействия на организм, и зону, когда организм испытывает угнетение. Первая зона называется *зоной оптимума*, вторая – *зоной пессимума*. Способность организма переносить любые колебания экологического фактора, называют *экологической валентностью или толерантностью*. Экологическая валентность вида шире экологической валентности особи. Виды с широкой экологической валентностью наиболее широко распространены и очень часто это виды *эврибионты*, среди которых много *космополитов*. Виды с узкой экологической валентностью называют *стенобионтами*. Любопытно, что среди последних много *эндемиков и реликтов*.

Применительно к особенностям воздействия экологических факторов на организм сформулировано несколько законов. Судьба ряда из них связана с особенностями деятельности их авторов. Например, **закон минимума Б. Либиха** (1840), был сформулирован последним, когда он работал агрономом. В соответствии с этим законом, жизнеспособность организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей. Дословно «веществом, находящимся в минимуме управляется урожай и определяется величина последнего во времени». Т.е., например, рост растения зависит от того элемента, которого в данный момент недостаточно для его нормальной жизнедеятельности. В 1986 году американский ученый Ю. Одум дополнил закон Либиха двумя принципами. Первый был им назван ограничительным. В соответствии с ним, закон Либиха действует лишь в стационарных условиях, когда приток и отток энергии в систему сбалансированы. Такое вряд ли возможно в условиях природных экосистем. Второй принцип основан на взаимном действии различных факторов на организм, и следовательно, если количества или силы воздействия одного фактора недостаточно, то при суммарном воздействии эта недостаточность может компенсироваться действием других экологических факторов. Например, некоторым растениям для нормального роста и развития нужен цинк. Но если растение растет в тени, то цинка требуется меньше, чем если особь обитает на ярком свете. Т.е. в тени концентрация цинка в меньшей степени может быть лимитирующим фактором, чем на свету.

Второй закон – это **закон толерантности** американского зоолога В. Шелфорда (1913). Толерантность В. Шелфорд понимает как выносливость вида по отношению к колебаниям какого либо экологического фактора, причем диапазон толерантности между экологическим минимумом воздействия фактора на организм и экологическим максимумом, называется пределом толерантности. В 1975 году Ю. Одум дополняет закон Шелфорда четырьмя принципами. В соответствии с первым из них: организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного экологического фактора и низкий в отношении другого. Второй принцип гласит, что организмы с широким диапазоном толерантности в отношении всех экологических факторов обычно наиболее широко распространены. Третий повествует о том, что если условия по одному экологическому фактору не оптимальны для вида, то диапазон толерантности может сузиться и в отношении других экологических факторов. Кроме того, согласно четвертому принципу, многие факторы становятся лимитирующими для организма в критические периоды его жизни, особенно в период размножения, а также в периоды младенчества или старости и во время болезни.

Лекция № 3

Тема: Экологические факторы среды. Экологические группы организмов.

- 1.1. Свет как экологический фактор.
- 1.2. Тепловой фактор и его влияние на организмы.
- 1.3. Вода и ее воздействие на живое.
- 1.4. Почва и рельеф в жизни организмов.
- 1.5. Биотические факторы среды и взаимовлияния организмов друг на друга.
- 1.6. Антропогенные факторы и их влияние на биоту.

Экологическими факторами считаются те, количественные выражения которых подвержены изменениям. Безусловно, факторы действуют на организмы комплексно. Однако, некоторые факторы в жизнедеятельности организмов могут выступать как средообразующие элементы. Например, вода является средообразующим элементом в водной среде, воздух – в наземно-воздушной и т.д. Каждый экологический фактор помимо количественных показателей характеризуется еще силой и диапазоном действия. Таким образом, каждый фактор имеет «нижний» и «верхний» порог действия. Зона оптимального проявления свойств организма находится в условиях средней силы воздействия фактора. Зона угнетения свойств организма находится там, где проявляется недостаточное или избыточное количество действующего фактора. Часто особенности действия одного фактора зависят от того, в сочетании с какими еще факторами он работает. Например, свет не может быть заменен избытком тепла или обилием углекислого газа, но действуя изменениями

температуры, можно приостановить фотосинтезирование растений или активность у животных и тем самым создать эффект диапаузы, как при коротком дне, а удлинив активный период – создать эффект длинного дня. Однако это не замещение одного фактора другим, а проявление сходного биологического эффекта, вызванного изменениями количественных показателей экологических факторов (приведено по И.Н. Пономаревой, 1994).

Свет – одно из главных условий существования жизни на нашей планете. Свет это источник для фотосинтеза растений и возможность для обогрева у животных. Вся солнечная энергия, приходящая на Землю может быть подразделена на видимые лучи (около 50%), теплые инфракрасные лучи (50%) и ультрафиолетовые лучи (около 1%). Видимые лучи имеют разную длину волн и окраску.

Для жизни организмов нужны разные лучи. Например, ультрафиолетовые лучи, с длиной волны 0,3 мк способствуют образованию витамина Д у животных, а те же лучи с длиной волны 0,4 мк обладают большой фотосинтетической активностью. Инфракрасное излучение действует на тепловые центры нервной системы животных, осуществляя тем самым у них регуляцию окислительных процессов и двигательные реакции. *Лучи ускоряющие или замедляющие процесс фотосинтеза принято называть физиологически активной радиацией (ФАР)*. Из них наиболее активными являются оранжево-красные (0,65-0,68 мк); сине-фиолетовые (0,40-0,50 мк); и, ультрафиолетовые (0,38-0,40 мк). Поглощение световой энергии у растений обеспечивается пигментами. Так, хлорофиллы (зеленые пигменты а,в,с,д) обеспечивают максимум поглощения в красной и сине-фиолетовой части спектра ФАР, каротиноиды поглощают сине-фиолетовые лучи, а фикоцианы обеспечивают поглощение в желтой и зеленой частях спектра.

Животные также хорошо различают лучи разной окраски. Лучше всего на цвет реагируют насекомые. Так, бабочки предпочитают посещать красные или желтые околовцветники, а двукрылые выбирают белые или голубые. Имея разную длину волн, свет по-разному влияет на стадии онтогенеза организмов. Например, гусеницы медведки быстрее развиваются в садках укрытых фиолетовым стеклом, чем там же, но под голубым стеклом. Очиток розовый прекрасно цветет под белым тентом, и не цветет под красным.

Интенсивность освещения влияет на суточную активность животных. По отношению к этому свойству света всех животных можно подразделить на: **сумеречных** (майский хрущ, бражник, еж), **ночных** (летучие мыши, козодой, куница) и **дневных** (белка, заяц). Есть растения, которые раскрывают свои бутоны ближе к сумеркам (душистый табак), или даже ночью (кактус селенецереус).

Сезонная ритмичность в жизнедеятельности организмов обусловлена постепенным сокращением светлой части суток, происходящим осенью, и увеличением светлой части суток весной. Благодаря этой закономерности

для всех организмов обитающих в средних и высоких широтах выработались механизмы, позволяющие им по разному реагировать на продолжительность дня. Эти механизмы являются сигналами сезонных изменений в поведении живого. Например, уменьшение светового дня к осени, вызывает прекращение роста, стимулирует отложение питательных веществ, приводит к линьке, способствует миграциям, переходу в состояние покоя и спячки. Увеличение светового дня весной, наоборот является фактором, стимулирующим цветение у растений и размножение у животных.

Длинный день стимулирует развитие растений умеренных широт. Они называются **длиннодневными**. Это: рожь, пшеница, клевер, тысячелистник, поповник, ирис, фиалка, незабудка. Растения из южных районов, развитие которых нормально протекает при коротком дне, называют **короткодневными**. Это: гречиха, подсолнечник, астры, георгины, конопля.

Среди животных, главным образом насекомых, также можно выделить короткодневных (совки, саранча, тутовый шелкопряд) и длиннодневных (белянка, плодоярка, голубянка, капустница). Зная подобную реакцию животных и растений на продолжение светлого времени суток можно ускорить или замедлить цветение растений или развитие насекомых. Например, увеличив освещение короткодневных насекомых, можно замедлить развитие гусениц. Долгое освещение короткодневных растений приведет к активному вегетативному росту, без цветения, созревания плодов и развития корнеплодов. Таким образом, именно продолжительность освещенности (**фотопериод**) является сигналом для протекания многих жизненных процессов. По отношению к количеству света все растительные организмы можно подразделить на: **светолюбивые (гелиофиты); тенелюбивые (сциофиты); теньвыносливые (факультативные гелиофиты)**. Среди светолюбивых растений можно назвать такие, как мышиный горошек и береза пушистая. Листья светолюбивых растений называют световыми. Под верхним эпидермисом таких листьев содержится столбчатая ткань, состоящая из вытянутых клеток с большим количеством мелких хлоропластов. Такое их положение не препятствует прохождению солнечных лучей вглубь листа, - туда, где расположена губчатая паренхима, также содержащая много хлоропластов. Поэтому, не смотря на мелкие листья, светолюбые благодаря большому количеству хлоропластов поглощают много света. Избыток света также губителен для растений, как и его недостаток. В пустынях Южной Африки растет так называемое «оконное» растение фенестрария. Это суккулент, у которого развиты сочные листья, содержащие много воды. Листья располагаются вертикально, и почти полностью погружены в песок. Над поверхностью субстрата выступают только кончики листьев с маленькими прозрачными оконцами. Оконца ослабевают поток света за счет прозрачных клеток содержащих много

воды, благодаря чему хлоропласты не разрушаются, а хлорофилла находящегося в глубине листа достаточно для процесса фотосинтеза.

Температура – один из важнейших факторов, определяющий существование организмов. Кол-во солнечной энергии попадающей на Землю, в первую очередь зависит от угла падения солнечных лучей и во-вторых, от высоты местности над уровнем моря. От температуры зависят особенности протекания физико-химических процессов в клетках живых организмов. Всех живых можно подразделить на пойкилотермных (холоднокровных) и гомойотермных (теплокровных). *Пойкилотермные организмы* – это организмы с непостоянной внутренней температурой тела, меняющейся в зависимости от температуры внешней среды (микроорганизмы, растения, беспозвоночные и низшие позвоночные животные). Температура их тела чуть выше температуры окружающей среды, или равна ей. *Гомойотермные организмы* – это организмы, способные поддерживать внутреннюю температуру тела на относительно постоянном уровне независимо от температуры окружающей среды (птицы, млекопитающие). По отношению к температуре, как экологическому фактору все организмы делятся на **теплолюбивых (термофилов) и холодолюбивых (криофилов)**. Термофилы, главным образом, являются обитателями тропических широт. Кривофилы – выходцы из умеренных и холодных областей Земли. Некоторые жаброногие раки, бабочки, пресмыкающиеся, кактусы, водоросли способны выдерживать температуру превышающую 50⁰С. У большинства животных и растений температурный оптимум находится в интервале 20-25⁰С. Для организмов умеренных широт наиболее подходящими считаются температуры 10-20⁰С. У большинства растений, именно с 10⁰С начинается процесс фотосинтеза. У обитателей пустынь и полупустынь, испытывающих высокие температуры продолжительное время, возник ряд адаптаций, помогающих обезопасить себя от действия жара: редукция листьев; развитие войлочных покрытий; самоампутация побегов; выпот солей, отражающих падающие лучи; вынужденный покой, и т.д. У организмов, наоборот, существующих в холодных условиях среды, также выработались приспособления защищающие их от низких температур: подушечная форма роста; густой шерстный покров; особый «бурый» жир, при расщеплении которого выделяется больше энергии; почечные чешуи, закрывающие меристемы; цветение под снегом; спячка; повышение концентрации клеточного сока; отложение запасных веществ в виде масла; скопление полостного жира, обогревающего внутренние органы животных питающихся «мерзлым» кормом; миграции в более теплые районы, и т.п.

Вода – еще один экологический фактор, без сомнения являющийся ведущим в жизни организмов. Причем существенным для организмов, является не только количество воды, но и ее физическое состояние, и особенности ее распределения на суше в течение года. Безусловно, количество воды закономерно уменьшается при движении от побережий

вглубь материка. В умеренных и высоких широтах по сезонам года меняется характер выпадающих осадков, насыщение водяными парами воздуха, продолжительность выпадения осадков, количество воды в почве, и т.д. По отношению к фактору влажности животных можно подразделить на: *гигрофильных (влаголюбивых); мезофильных (предпочитающих умеренное увлажнение) и ксерофильных (сухлюбивых)*. В качестве адаптаций животных к засушливым условиям проживания следует отметить: наличие волосков и щетинок; способность выделять метаболическую воду, образовавшуюся за счет диссимилиации жиров; запасание в тканях и полостях большого количества воды; способность впадать в спячку и в состояние оцепенения; миграции; зарывание в подстилку; норный образ жизни; подсушивание яиц, и т.п.

У растений приспособлением к сухому климату является своеобразный ритм сезонного развития. В пустынях и полупустынях очень много однолетних растений *эфемеров*. Среди них: бурачок пустынный, проломник весенний, незабудка песчаная, «кошачья» лапка – виды онтогенез которых проходит в очень короткие сроки (от 12 до 30 дней). За это время растение успевает не только прорасти, но зацвести и отплодоносить. За короткий период развития успевают пройти полный цикл и некоторые многолетники – *эфемероиды*. В отличие от эфемеров, - живут они несколько лет, и каждый годовой период заканчивается тем, что в субстрате остается клубень или луковица с запасами питательных веществ, обеспечивающими прорастание вида на следующий сезон.

По отношению к фактору влажности растения подразделяют на: *гигрофиты, гидрофиты, мезофиты, ксерофиты*. Последние делятся на *суккуленты и склерофиты*.

Гигрофиты – земноводные растения сильно увлажненных местообитаний. Обитатели болот, заболоченных луговин, речных пойм и т.п. У растений обычно развиваются достаточно крупные листья с устьицами расположенными с двух сторон. В подземной сфере развиты либо сочные короткие стержневые корни, либо утолщенные придаточные, образующие густую мочку. В тканях всех органов хорошо развита воздухоносная ткань аэренхима. Кутикула у гигрофитов, как правило, отсутствует. У многих влаголюбивых растений по краям листа имеются особые водяные устьица, через которые выводятся излишки воды. Примеры: цикута, осоки, рогоз, пушица, частуха, стрелолист, сабельник, вахта, гравилат, незабудка, тростник, сфагновый мох.

Гидрофиты – растения водоемов, полностью либо частично погруженные в воду. У этих растений устьица, обычно находятся на верхнем эпидермисе. В подземной сфере представлены корневища, часто погруженные в грунт водоема (кувшинка, кубышка). В некоторых случаях виды могут плавать на поверхности водоема (водокрас, ряска, а также некоторые папоротники, например, марсилея и сальвиния, и т.п.). У погруженных полностью в воду растений листовые пластинки очень тонкие, иногда как у элодеи канадской листья состоят всего из двух слоев

клеток. У таких растений в коже нет устьиц, а на ее поверхности нет кутикулы. Погруженные в воду растения поглощают воду и минеральные соли всей поверхностью тела. Безусловно, у представителей этой группы также очень хорошо развита аэренхима.

Мезофиты – растения умеренно увлажненных местообитаний. К этой группе относится большинство видов лесной зоны. У растений может быть разнообразная корневая система. На корнях всегда имеются корневые волоски. Очень часто мезофиты являются микоризными растениями. Листья разные по размеру. Устьица, как правило, расположены на нижнем эпидермисе. Примеры: клевер, медуница, ландыш, копытень, береза, осина, дуб, яблоня. Применительно к нашим широтам это большинство сорняков, овощных и полевых культур.

Ксерофиты – растения, обитающие в засушливых местообитаниях. **Склерофиты** – это виды с жесткими сухими побегами и хорошо развитой корневой системой. Склерофиты испаряют много воды, однако сами легко переносят длительное обезвоживание тканей. Часто на поверхности побегов у склерофитов имеются кутикулярные покровы, восковые налеты, колючки и всевозможные чешуйки, рассеивающие солнечные лучи. У ковылей и типчака листья могут сворачиваться в трубочку, что сокращает испарение. Устьиц много, но они очень мелкие. Многие виды способны переносить засуху в состоянии вынужденного покоя. Примеры: верблюжья колючка, саксаул, полынь, типчак, ковыль, шалфей, астрагал, джужгун, акация, эфедра.

Суккуленты – это виды. Обладающие способностью накапливать влагу в стеблях, листьях или их метаморфозах. Различают листовые и стеблевые суккуленты. Среди первых: литопсы, крассулы, эчеверии, каланхое, мезембриантемумы, сансевиеры, семпервивумы, стапелии, алоэ, агавы. К стеблевым суккулентам можно также отнести некоторые крассулы, кактусы, молочаи. Тело суккулентов покрыто толстой кутикулой, восковым налетом, волосками. Устьиц мало, да и те погружены в эпидермис. Многие суккуленты (кактусы) способны запасать воду в период дождей, и затем длительное время удерживать ее в своих побегах (в стеблях цереуса может накапливаться до 200 л воды).

Почва и Рельеф. Почва это одна из сред обитания организмов. Важнейшими экологическими факторами, характеризующими почву являются: кислотность, содержание питательных элементов, структура, плотность, гранулометрический состав, засоленность, содержание органических веществ. По отношению к кислотности почвы все растения можно подразделить на: **ацидофилы** ($pH < 6,7$) – карликовая береза, хвощи, плауны, некоторые мхи; **нейтрофилы** $pH = 6,7-7,0$ – большинство культурных растений; **базифилы** $pH > 7,0$ – в основном обитатели степей и пустынь: лебеда, полынь, кермек, разнообразные сложноцветные. На разных типах почв могут обитать виды, относящиеся к индифферентным – ландыш майский, выюнок полевой, лютик ползучий, земляника лесная.

Животные также реагируют на pH почвы: дождевые черви не переносят

pH ниже 4,4; моллюски предпочитают почвы с pH равным 7,0, и т.д.

Растения, обитающие на засоленных почвах называют **галофитами**. Выделяют две группы: растения-соленакопители и солевыводящие растения. Растение может всосать воду из засоленной почвы, если содержит в своем теле много солей. Вода достается таким растениям с большим трудом, поэтому очень экономно расходуется. Среди растений соленакопителей: солеросы, солянки, соляноколосники. У многих видов солянок листья мелкие или чешуйчатые. Фотосинтез проходит в основном в стебле. Именно в стеблях содержится водозапасающая ткань. Поэтому внешне растения напоминают суккулентные виды. Среди солевыводящих растений: кермек, гониолимон, лох и гребенщик. Капельки соляных растворов выходят у этих растений через особые железки на листьях. Вода высыхает, а на листьях остается налет солей, который затем сдувает ветер, или смывает дождь. Наиболее интересным представителем галофитной флоры является черный саксаул – безлистное дерево с корнями длиной до 20 метров и высочайшим осмотическим давлением до 100 атм. В течение всего года саксаул всасывает соленую воду, но самым жарким летом он сбрасывает ветви и тем самым избавляется от излишка солей. В итоге под его кроной образуются микросолончаки, на которых не растут даже солянки. В то же время, эта тонкая корочка солей способствует уменьшению испарения с поверхности почвы.

Растения, предпочитающие почвы богатые азотом называют **нитрофилами** или азотолюбами. Они накапливают в теле много нитратов. К азотолюбам можно отнести: пырей, иван-чай, крапиву двудомную, сурепку обыкновенную, малину, чистотел большой, таволгу вязолистную, лопух паутинистый, подорожник и др. Если растениям не хватает нужных солей, говорят, что они голодают. Особенно часто растения испытывают азотное голодание, при котором образуется меньше хлорофилла, при этом растение становится бледным, медленнее растет, побеги и листья мельчают (карликовая березка, водяника, голубика). Азотное голодание растения испытывают на сероземах, песчаных и тундровых почвах.

Растения, обитающие на почвах богатых мелом или известью называют **кальцефилами**. Это: дуб пушистый, лиственница европейская, ковыль Лессинга, василек русский, венерины башмачки.

Виды, растущие на каменистых маломощных почвах называют **петрофитами**.

Растения, довольствующиеся малым количеством зольных элементов называют **олиготрофами**, - в противовес им, виды, растущие на почвах с высоким содержанием зольных элементов именуется **эвтрофами**.

Животные, проживающие всю жизнь в почве называются **геобионтами**. Те из них, у которых только часть жизни проходит в почве именуется **геофилами**. **Геоксенами** считают животных лишь иногда

посещающих почву для временного укрытия.

Отношение к рельефу как экологическому фактору среды у растений и животных крайне неоднозначное. Для растений большее значение в жизни играют особенности микрорельефа и экспозиция склона. Как правило, если горная система имеет меридиональное простирание, то на наветренном склоне выпадает больше осадков (и его осваивают более влаголюбивые виды), чем на подветренном, где осадков недостаточно. Для животных, особенно позвоночных важнее особенности мезорельефа и макрорельефа (последний может являться ориентиром при миграциях и перелетах).

Биотические факторы являются следствием взаимоотношений организмов. Для растений это конкуренция, влияние животных (фитофагов, паразитов, опылителей, распространителей плодов и семян); грибов (микоризные, паразитические); бактерий (азотфиксирующие, болезнетворные); вирусов. Для животных – это конкуренция, влияние хищников, патогенных микроорганизмов, вирусов, растений (для фитофагов).

Антропогенные факторы это факторы, связанные с влиянием человека. К наиболее существенным относят: химическое загрязнение воды, атмосферы и почвы; техногенное нарушение экосистем при разработке полезных ископаемых; выпас скота; рекреационное влияние; промысел животных и заготовку лекарственного сырья. Огромное влияние на изменение экосистем оказывает интродукционная деятельность человека. Биологические инвазии, также спровоцированные человеком, сегодня, приняли катастрофические масштабы.

Основные способы влияния хозяйственной деятельности человека на фитоценозы (по А.Г. Воронову, 1973):

- завоз растений;
- сокращение ареалов дикорастущих видов и уничтожение растений;
- непосредственное воздействие на растительный покров во время строительных работ;
- распашка земель;
- вырубка лесов;
- выжигание;
- выпас домашних животных;
- выкашивание;
- осушение;
- орошение и обводнение;
- действие дымов, газов, и других вредных примесей в воздухе;
- создание рудеральных местообитаний и отвалов (золо-, гидро-);
- создание культурных фитоценозов;
- охрана растительного покрова (заповедники, заказники и прочие ООПТ);

- промысел животных; сбор ягод и лекарственных растений и т.д.

С хозяйственной деятельностью человека сильно связано содержание загрязняющих веществ в воде, атмосфере и почве. Характер загрязнения зависит от типа производства. Основными источниками, загрязняющими среду, считаются предприятия топливно-энергетического комплекса. Воду, главным образом, загрязняют предприятия химической, горно-добывающей и металлургической промышленности. Они сбрасывают в водоемы соединения меди, цинка, свинца. В атмосфере, и затем в водные и наземные экосистемы загрязнения могут попадать с кислотными дождями. Загрязнение почв тяжелыми металлами происходит благодаря использованию на транспорте этилированного бензина.

*Десять основных веществ, загрязняющих биосферу
(приведено по Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, 2005)*

<i>Вещество</i>	<i>Краткая характеристика</i>
Углекислый газ	Образуется при сгорании всех видов топлива. Увеличение его содержания в атмосфере приводит к повышению ее температуры, что чревато геохимическими и экологическими последствиями. Приводит к глобальному потеплению климата.
Оксид углерода	Образуется при неполном сгорании топлива. Может нарушить тепловой баланс атмосферы. Препятствует адсорбированию кровью кислорода, что ослабляет мыслительные способности. Замедляет рефлексы.
Сернистый газ	Содержится в дымах промышленных предприятий. Вызывает обострение респираторных заболеваний, наносит вред растениям. Разъедает известняк.
Оксиды азота	Создают смог и вызывают респираторные заболевания и бронхит у новорожденных. Увеличивают восприимчивость к гриппу. Способствуют разрастанию водной растительности.
Фосфаты	Содержатся в удобрениях. Главный загрязнитель вод в реках и озерах.
Ртуть	Опаснейший загрязнитель пищевых продуктов, особенно морского происхождения. Накапливается в

	организме и вредно воздействует на нервную систему.
Свинец	Добавляется в бензин. Действует на ферментативные системы и обмен веществ в живых клетках. Оказывает влияние на снижение умственных способностей. Откадывается в костях.
Нефть	Вызывает гибель морских обитателей, и в первую очередь, планктона и рыб.
ДДТ и прочие пестициды	Токсичны для ракообразных. Большинство имеет канцерогенный характер.
Радиация	В дозах, превышающих допустимые, приводит к злокачественным новообразованиям и генетическим мутациям.

Учеными установлено, что к некоторым видам антропогенного воздействия на среду организмы могут адаптироваться. Ярким примером этого является индустриальный меланизм.

Индустриальный меланизм – это морфофизиологические адаптации организмов, возникающие в процессе микроэволюционных процессов на территориях длительное время подвергавшихся промышленному воздействию. Впервые появление темной покровительственной окраски у светлой березовой пяденицы сидящей на покрытых копотью стволах было обнаружено в Манчестере в 1848 году. В дальнейшем это явление было обнаружено у более чем 100 видов животных.

Б.Г. Иоганзен (1979) классифицирует антропогенное влияние в живой природе на:

1. использование и истребление;
2. возделывание и приручение;
3. интродукцию и акклиматизацию;
4. селекцию новых форм организмов.

Лекция № 4

Тема: Жизненные формы организмов и типы стратегий живого.

- 1.1. Жизненные формы растений.
- 1.2. «Архитектурные» и «структурные» модели растений.
- 1.3. Жизненные формы животных.
- 1.4. «r-отбор» и «K-отбор».
- 1.5. Типы стратегий Раменского-Грайма.

Жизненной формой организма называют морфологический (морфолого-физиологический) тип приспособления животного или растения к определенным условиям обитания и определенному образу жизни.

Жизненная форма – это стратегия поведения вида в конкретных условиях среды.

Жизненная форма – это общий облик (габитус) растения, обусловленный своеобразием его системы надземных и подземных вегетативных органов, формирующихся в онтогенезе в результате роста и развития растения в определенных условиях среды; в разных условиях один и тот же вид может иметь разные жизненные формы, но несколько видов, сходных по эколого-ценотическим параметрам в результате конвергенции могут иметь одну жизненную форму.

Жизненная форма есть адаптация организма к комплексу экологических факторов среды.

Вот лишь немногие определения понятия «жизненная форма». Сам термин был впервые использован в 1884 г датским ученым Е. Вармингом. Им он обозначил форму вегетативного тела растения, в которой индивид находится в гармонии с внешней средой в течение всей его жизни «от колыбели до гроба, от семени до отмирания». В ботанической литературе имеется много определений жизненных форм. Наиболее полное определение жизненной форме в отечественной литературе дали И.Г. Серебряков и Т.И. Серебрякова. В 1962 году вышла в свет книга И.Г. Серебрякова «Экологическая морфология растений», в которой автор не только дал глубокий анализ жизненных форм деревьев, кустарников, кустарничков, лиан, стелющихся и подушковидных растений, но и рассмотрел историю учения о жизненных формах, и изложил принципы построения эволюционной системы жизненных форм растений.

История учения о жизненных формах довольно сложна. Ее истоки уходят в древний мир, к творениям Теофраста. В эпоху великих географических открытий жизненными формами занимались Цезальпин (1583) и Турнефор (1719). Самостоятельное бытие это учение приобрело лишь с начала XIX века, с появлением трудов основателя ботанической географии Александра Гумбольдта. В XX веке развитие представлений о жизненных формах излагалось в трудах О. Друде (1913) и Дю Рие (1931). Начиная с XIX века исследование жизненных форм у растений проводилось в трех направлениях: 1/ изучалось многообразие жизненных форм и проводилась их классификация; 2/ изучалось отношение жизненных форм к окружающей среде, и 3/ изучались филогенетические отношения различных жизненных форм. Любопытно, что более чем за три столетия до нашей эры Теофраст в книге «Исследования о растениях» приводит подробное описание отдельных видов растений, принадлежащих к разным группам жизненных форм, начиная от деревьев и кончая однолетними травами. Образны определения жизненных форм у Теофраста. Так, «дерево – это то, что дает от корня один ствол со множеством веток и узлов и не легко погибает (маслина, смоковница, виноградная лоза). Кустарник дает множество веток прямо от

корня, например, ежевика. Полукустарники дают от корня много стеблей и множество веточек, например, чабер и рута. У травы листья идут от корня, а ствола нет вовсе, - таковы хлеба и овощи». Эти «главные виды», по Теофрасту, в свою очередь подразделяются на широколистные, узколистные и игольчатые, с глубоко расположенной или поверхностной корневой системой, прямостоячими или лежащими побегами, обладающие или не обладающие корнеотпрысковостью. Среди травянистых он описывает клубненосные и луковичные, розеточные и полурозеточные, многолетние и однолетние растений (Теофраст, 1950; приведено по И.Г. Серебрякову, 1962). Жизненные формы ботаниками использовались в систематике при определении растений. В 1751 году К. Линней для биологических характеристик видов дополнительно стал применять генеративные признаки. На какое то время после этого характеристика вегетативных органов утрачивает свое значение. Однако в 1806 году выходит в свет статья А. Гумбольдта «Идеи о физиономичности растений», написанная им после пятилетнего путешествия по странам тропической Америки. В ней он отмечает, не только то, что растительность имеет определяющую роль при характеристике ландшафта, но и пишет, что в удивительном множестве растений можно найти известные основные формы, к которым можно свести все остальные. Ботаническая география, по А. Гумбольдту должна начинаться с изучения основных физиономических типов растений, сочетания которых создают неповторимые ландшафтные картины - от тропиков до полярных стран. В конечном счете, А. Гумбольдт выделяет 19 «основных форм», резко отличающихся друг от друга физиономически. Это формы: пальм, бананов, мальвовых и баобабовых, вересковых, кактусовых, орхидей, казуариновых, ароидных, лиан, алоэ, злаков, папоротников, лилейных, ивовых, миртовых, меластомовых, хвойных, мимозовых, потосовых. Так, например, жизненную форму пальм А. Гумбольдт описывает следующим образом: «это дерево с высокими, стройными кольчатými, иногда колючими стволами, несущими на своей вершине блестящие веерные или перистые листья. По мере удаления от экватора убывают красота и размеры пальм; в Европе сохраняется лишь одна карликовая пальма Хамеропс. Находимые в Северной Европе стволы пальм, погребенные в недрах земли, дают возможность судить о грандиозных революциях в истории нашей планеты, менявших климаты и физиономию природы». Выделенные великим путешественником и ученым группы растений не идентичны систематическим. В основе их выделения лежит сходство во внешнем облике растений.

На протяжении практически всего XX века классификация жизненных форм растений строилась по двум направлениям: 1) эколого-физиономическому и 2) морфолого-биологическому. В нашей стране разработкой жизненных форм для растений еловых лесов таежной зоны СССР занимался В.Н. Сукачев. Выделение жизненных форм у степных и пустынных растений осуществлял Б.А. Келлер. Отдельно для степных растений была составлена классификация жизненных форм В.В. Алехиным.

Он же осуществил выделение жизненных форм для равнин Европейской и Азиатской частей СССР. В соответствии с этой классификацией можно выделить следующие жизненные формы:

- А. – формы с древеснеющими стеблями (деревья, кустарники, кустарнички);
- Б. – формы переходного типа между деревянистыми и травянистыми (полукустарники, растения-подушки, суккуленты, вечнозеленые травы, зимне-зеленые травы, лианы);
- В. – формы с травянистыми стеблями: наземные (высокие и средние травы, злаковидные травы, ситниковидные травы, папоротниковидные травы, розеточные травы, перекати-поле; эпифитные формы; водные (плавающие и погруженные); жизненные формы мхов и низших растений.

Оригинальная система жизненных форм была предложена еще одним советским ботаником Н.Г. Высоцким. В основу классификации ученый положил способы вегетативного размножения и распространения растений. Эта система была одной из первых, предложенных для многолетников степной зоны. Позднее на основе этой классификации Л.И. Казакевичем была разработана еще одна классификация интересная тем, что в ней автор отмечает наличие в природе переходных жизненных форм, например клубне-луковичных трав. В соответствии с классификацией Л.И. Казакевича травянистые многолетники можно подразделить на 5 групп:

1. Стержнекорневые – вегетативное размножение отсутствует;
2. Дерновые – вегетативное размножение слабо выражено;
3. Луковичные и клубне-луковичные – вегетативное размножение слабо выражено;
4. Корневищные (включая стелющиеся и укореняющиеся) – с сильно развитым вегетативным размножением;
5. Корнеотпрысковые – вегетативное размножение интенсивно.

Ученым также проведено исследование экологических принципов распределения жизненных форм. Л.И. Казакевич выявил ряд закономерностей – уменьшение процента стержнекорневых растений по мере перехода от меловых и сухо-степных участков к лесным, увеличение в том же направлении процента корневищных растений и т.п.

Далее в России происходит разработка систем жизненных форм в отдельных растительных сообществах, с учетом таксономической принадлежности видов и особенностей процессов почвообразования (В.Р. Вильямс, 1922). Наибольшее распространение получает подразделение В.Р. Вильямсом злаков, основанное на типе их кущения на: 1/ корневищные злаки; 2/ рыхлокустовые злаки, и 3/ плотнокустовые злаки.

За рубежом, в начале XX века учение о жизненных формах также продолжало развиваться и в первую очередь под влиянием идей дарвинизма. Жизненные формы стали рассматриваться как формы приспособления растений к среде. В 1903-1907 появляется серия работ датского ученого К. Раункиера, в которых в основу подразделения жизненных форм положены различия в приспособлении растений к переживанию неблагоприятного времени года. Из всего комплекса адаптивных признаков ученым выбран

лишь один – положение почек или верхушек побегов в течение неблагоприятного времени года по отношению к поверхности почвы. В соответствии с этим принципом все растения К. Раункиер делит на пять типов:

1. Фанерофиты – с почками или верхушками побегов, отрицательно геотропичными и расположенными в течение неблагоприятного времени года более или менее высоко в воздухе;
2. Хамефиты – с почками или верхушками побегов, расположенными в этот же период близ поверхности почвы;
3. Гемикриптофиты – с почками или верхушками побегов, расположенными непосредственно на поверхности почвы;
4. Криптофиты – почки или верхушки побегов сохраняются под землей на разной глубине у разных видов;
5. Однолетники или терофиты – растения благоприятного времени года.

Позднее данная система была детализирована. Например, фанерофиты стали подразделять на 15 подтипов. Среди этих подтипов фигурировали: мегафанерофиты (выше 30 м); мезофанерофиты (30-8 м); микрофанерофиты (8-2 м); нанофанерофиты (меньше 2 м). Фанерофиты были также разделены на листопадные и вечнозеленые; с почечными чешуями, и без; с древесным, травянистым или суккулентным габитусом. К. Раункиер впервые в экологии применил статистический метод, и изучил биологические спектры различных областей земного шара с различным растительным покровом, выявив «климат фанерофитов» - влажные тропические области; «климат гемикриптофитов» - умеренно-холодные области; «климат хамефитов» - полярные страны, и т.д. Таким образом, К. Раункиер рассматривал жизненные формы как итог и результат приспособления растений к климатическим условиям страны, возникшие в процессе исторического развития.

Во второй половине XX века детальная система жизненных форм была разработана М.С. Шалытом (1955). В ее основу он положил следующие признаки: форму роста и продолжительность жизни побегов, количество плодоношений у растения, способ вегетативного размножения и характер корневой системы. Так, цветковые растения М.С. Шалыт подразделил на многолетники и малолетники. Многолетники дифференцировал на: полукустарники и полукустарнички; полутравы; травы длительно и коротко вегетирующие. Среди трав ученый выделил стержнекорневые и кистекорневые, клубнекорневые, корневищные и корнеотпрысковые. Малолетники подразделил на: двулетники и однолетники (озимые, яровые и зимующие). Далее им выделялись группы суккулентов, перекаати-поле и подушкообразных форм. Важным для всего периода стало понимание того, что в основу классификаций следует класть не только структурно-биологические особенности надземных органов, но и учитывать строение подземных побегов и корневых систем. В это же время был установлен факт возможного выделения у одного вида разных жизненных форм, при условии

их нахождения в разных природно-климатических зонах, например, у сибирской лиственницы в основной части своего ареала имеющей жизненную форму дерева, на Таймыре было отмечено наличие стелющейся формы. Ту же особенность, иметь стелющуюся форму на Крайнем Севере выявили у ели обыкновенной. По данным И.С. Михайловской (1952) китайский лимонник на Дальнем Востоке, в различных экологических условиях может иметь то жизненную форму кустарника, то форму лианы. С другой стороны, весьма сходные жизненные формы могут развиваться в разных флористических областях земного шара у систематически далеких видов, при условии сходства климата, почв и характера растительного покрова. Например, чрезвычайно морфологически похожи, и безусловно представлены одной жизненной формой суккулентов американские агавы и африканское алоэ; кактусы и некоторые молочаи и т.д. Итогом явилось высказывание о том, что жизненные формы отражают приспособленность растений ко всему комплексу факторов внешней среды, т.е. специфике данного местообитания в целом. Классическим мы называем сегодня определение жизненной формы, данное И.Г. Серебряковым: «Жизненная форма это своеобразная внешняя форма растений (или их габитус), неразрывно связанная с биологией развития и внутренней структурой органов растения, возникшая в определенных почвенно-климатических и ценологических условиях и отражающая приспособленность растений к этим условиям». Не потеряла своей значимости и классификация жизненных форм И.Г. Серебрякова:

- А/. Древесные растения (деревья, кустарники, кустарнички);
- Б/. Полудревесные растения (полукустарники и полукустарнички);
- В/. Наземные травы (поликарпические и монокарпические);
- Г/. Водные травы (земноводные, плавающие и подводные).

С 70-х годов XX столетия в России и за рубежом появляется термин «архитектурная модель». Он был предложен французскими ботаниками Алле и Ольдеманом в ходе работ на Берегу Слоновой Кости (тропическая Африка), для обозначения видимого выражения генетической программы развития растения, проявляющейся во взаимном расположении модулей (побегов) в пределах общей «конструкции» взрослого растения. Исследователями для деревьев тропиков было предложено 24 «архитектурных модели», названных в честь выдающихся ботаников. Алле показал, что хотя внешний облик растений (габитус) может частично изменяться в разных экологических условиях, но основная «архитектурная модель» сохраняется, как признак наследственный для вида. Французские ученые утверждают, что «архитектурные модели» - это прямой результат определенных типов деятельности меристем, т.е. другими словами – это результат определенных «стратегий» роста побеговых систем деревьев. Вслед за французскими ботаниками Т.И. Серебрякова разработала классификацию «архитектурных моделей» для травянистых многолетников. В 1977 году вышла в свет ее статья «Об основных «архитектурных моделях» травянистых многолетников

и модусах их преобразования». В этой статье были намечены пути дальнейшего развития учения о жизненных формах растений.

В последней четверти XX века ученые занимались изучением становления жизненной формы в онтогенезе у разных видов. Был сделан вывод о возможной смене жизненной формы в процессе индивидуального развития, поскольку по мере роста и развития, например у трав, стержневая корневая система может сменяться мочковатой, розеточные побеги становятся полурозеточными и т.п. Был также установлен факт, что у особей в любом возрастном состоянии может проявляться широкий диапазон изменчивости структурной организации, жизненности, способов размножения и темпов развития в пределах генетической программы онтогенеза, свойственной данному виду (Н.В. Глотов, Л.А. Жукова, 1995). В науке появился термин «поливариантность» онтогенеза (Л.А. Жукова, 2001), которая рассматривалась как широко распространенный адаптационный механизм популяционного уровня, определяющий гетерогенность, а следовательно, и устойчивость популяции растений в экосистеме. Уже упомянутыми выше авторами была предложена классификация поливариантности и выделены два крупных надтипа: 1. – структурный; 2 – динамический. К первому отнесли три типа: размерную, морфологическую поливариантность (полиморфизм) и поливариантность размножения. Ко второму относится ритмологическая и поливариантность темпов развития. Был также подтвержден вывод о том, что жизненная форма вида может меняться в пределах ареала в разных экологических и географических условиях. Чуть позднее смогли установить факт того, что отдельные виды в одном и том же фитоценозе, в пределах одной ценопопуляции, могут быть представлены разными жизненными формами, например, рябина может быть одноствольным или многоствольным деревом, или кустарником, или стлаником. Нами, в ходе исследования внутри одной ценопопуляции кровохлебки лекарственной (*Sanguisorba officinalis*) были найдены корневищекорнеклубневые и стержнекорнеклубневые жизненные формы вида. Любопытно, что данный факт отмечался в ценопопуляциях вида, приуроченных к различным фитоценозам – на Среднем Урале, в Западной Сибири, в Забайкалье, в Якутии и на Дальнем Востоке. Параллельно проводившиеся ризологические исследования 900 видов высших сосудистых растений позволили выявить существование 137 «структурных моделей» корней и корневищ (Л.Г. Таршис, 2003).

Жизненные формы животных проявляются как конвергентное сходство морфолого-физиологических и поведенческих особенностей у организмов обитающих в сходных условиях среды. Существует несколько классификаций жизненных форм животных. Одна из них – классификация А.Н. Формозова (1964) основана на характере их передвижения в разных средах. Итак, выделяют следующие жизненные формы: *наземные; подземные; древесные; воздушные и водные*. Еще одна классификация – Д.Н. Кашкарова (1945) также позволяла распределять животных на разные

жизненные формы в зависимости от характера их передвижения в разных средах. Автор выделял:

1. *Плавающие формы* – а. Чисто водные (нектон, планктон, бентос); б. Полуводные (ныряющие, неныряющие, лишь добывающие пищу из воды);
2. *Роющие формы* – а. Абсолютные землерои (вся жизнь проходит под землей); б. Относительные землерои (животные могут появляться на поверхности);
3. *Наземные формы* – а. Не делающие нор (бегающие, прыгающие, ползающие); б. Делающие норы (бегающие, прыгающие, ползающие); в. Животные скал;
4. *Древесные лазающие формы* – а. Не сходящие с деревьев; б. Лишь лазающие по деревьям;
5. *Воздушные формы* – а. Добывающие пищу в воздухе; б. Лишь высматривающие пищу в воздухе.

На ярусном распределении животных (насекомых) в пространстве построена классификация В.В. Яхонтова (1969):

1. *Геобионты* – обитатели почвы;
2. *Эпигеобионты* – обитатели более или менее открытых участков почвы;
3. *Герпетобионты* – живущие среди органических остатков на поверхности почвы, под опавшей листвой;
4. *Хортобионты* – обитатели травяного покрова;
5. *Тамнобионты и дендробионты* – обитатели кустарников и деревьев;
6. *Ксилобионты* – обитатели древесины;
7. *Гидробионты* – водные насекомые;

Далее, в каждой из вычлененных групп ученый еще дополнительно выделяет группировки. Например, *геобионты* подразделяются им на: *ризиобионтов* (насекомых, связанных с корневой системой растений); *сапробионтов* (обитателей разлагающихся органических остатков); *капробионтов* (жителей навоза); *батробионтов* (обитателей нор); *планофилов* (насекомых с частичным передвижением по наземной поверхности) (приведено по И.Н. Пономаревой, 1994).

К одной жизненной форме могут быть отнесены животные даже из разных классов и типов. Например, кузнечики тушканчики и кенгуру. Все они отличаются укороченными передними конечностями, удлинненными задними конечностями и достаточно компактным телом. Это дает возможность отнести их к жизненной форме прыгающих. Сходные жизненные формы могут проживать на разных континентах. Например, сумчатый муравьед в Австралии и просто муравьед в Южной Америке.

Типы стратегии поведения животных и растений – это суммарная характеристика их экологии, которая отражает не только биологические особенности видов, но и их жизненные формы и экологические группы и особенности онтогенеза.

В 1967 году в свет вышла работа П. Макартура и Е. Уилсона описывающая два типа стратегий организмов, как результат двух типов

отбора. Впоследствии в 1970-1981 гг., данная концепция была развита Э. Пианкой. Буквы, которыми были обозначены отбор и типы стратегий являлись параметрами логистического уравнения. Итак, был выявлен **r-отбор** и **K-отбор**, и установлено, что r-отбор благоприятствует организмам с быстрым размножением, а K-отбор вносит основной вклад в будущее популяции при ее предельной плотности. Т.е. в соответствии с данной концепцией существует два диаметральных типа местообитаний, связанных с r-отбором и K-отбором. Под популяциями, подверженными K-отбору подразумевают популяции существующие в неизменных (либо незначительно колеблющихся – сезонных) условиях среды. Как следствие, возникают достаточно плотные популяции постоянного размера. Как между взрослыми особями, так и между молодняком в этих популяциях наблюдается интенсивная конкуренция, результаты которой определяют выживание. Можно предполагать, что организмам, сформированным K-отбором, присущи более крупные размеры; растянутое во времени размножение; малочисленное и крупное потомство, окруженное заботой родительских особей. По всей видимости, популяции, формируемые r-отбором, существуют в непредсказуемых (эфемерных) условиях среды; для особей характерны благоприятные периоды быстрого роста при отсутствии конкуренции; смертность сильно колеблется в разных возрастных группах, и зачастую не связана с плотностью популяции, размером и состоянием отдельных организмов. Таким образом «r/K-концепция» рассматривает два противоположных типа особей (популяций, видов), предсказывая взаимосвязь организмов r-типа со средой, вызывающей r-отбор; а организмов K-типа – со средой, вызывающей K-отбор. Это представление сложилось у авторов на основе различий между видами, способными быстро заселять относительно «свободные» острова (r-виды), и видами, процветающими на густонаселенных островах (K-виды) (приведено по М. Бигон, Дж. Харпер, К. Таунсенд, 1989). Среди видов r-стратегов можно выделить: бактерий и однолетние растения; K-стратеги: дуб, бук, платан, крупные бабочки, орел, кондор, человек и т.д. Для видов **r-стратегов** также характерны: высокая плодовитость; не зависимость скорости размножения от плотности популяции; не устойчивость на занимаемой территории; малые размеры особей; малая продолжительность жизни; слабая конкурентная способность; слабое развитие защитных приспособлений; низкая специализация и J-образная (экспоненциальная) кривая роста численности популяции, когда в процессе размножения происходит превышение ёмкости среды. Для видов **K-стратегов** характерны: большие размеры; медленное размножение, зависящее от плотности популяции; забота родителей о потомках; устойчивость на занимаемой территории; медленное расселение; большая продолжительность жизни; сильная конкуренция; хорошие защитные механизмы; высокая специализация и S-образная (логистическая) кривая роста численности популяции, когда в процессе размножения никогда не происходит превышения ёмкости среды.

В 1974-1979 гг. Грайм классифицировал местообитания и жизненные циклы растений. Он классифицировал биотопы в зависимости от степени их нарушения (патогенами, вытаптыванием, природными катастрофами) и дефицита какого-либо экологического фактора (света, воды, минеральных элементов). Далее он предположил, что при редких нарушениях и обилии ресурсов возникает популяция с высокой плотностью, для которой свойственна **конкурентная стратегия**. Еще одна **толерантная стратегия** выгодна для популяций видов при недостатке ресурсов или в суровых условиях среды, но на фоне редких нарушений. **Рудеральная стратегия** уместна при высокой степени нарушаемости среды, но при отдельных благоприятных условиях и при обилии ресурсов. Грайм также предположил существование промежуточных стратегий, например «**конкурентно-рудеральной**». Рудеральные организмы и нарушенные местообитания более близки к организмам и средам r-типа, а высоко конкурентные организмы и слабо нарушенные местообитания, богатые ресурсами, соответствуют организмам и биотопам K-типа.

Выдающийся русский эколог Л.Г. Раменский (1935) разделил все виды растений на три «ценотипа» (или на три типа стратегий). Он выделил: **виолентов (силовики); пациентов и эксплерентов**. Автор также присвоил выделенным ценотипам образные эпитеты, назвав их соответственно «**львами**», «**верблюдами**» и «**шакалами**».

Виолент – «лев» - это мощный организм, затрачивающий большую часть энергии на поддержание жизни взрослых особей. Интенсивность его размножения низкая. Среди виолентов, например - дуб и бук. При нарушении условий среды виоленты как правило погибают, поскольку не имеют механизмов переживания этих неблагоприятных факторов.

Пациенты – «верблюды» - это разнообразные организмы, способные за счет специальных адаптаций переживать сильный стресс. Растения пациенты могут обитать в пустынях, на засоленных местообитаниях, в условиях вечной мерзлоты. Примеры: вересковые кустарнички. Мох сфагнум, лишайники.

Эксплеренты – «шакалы» - это организмы, которые замещают виолентов при сильных нарушениях в местообитаниях последних. Они также могут появляться в стабильных местообитаниях, но в тот период, когда ресурсы данного местообитания не востребованы другими видами. Примеры: полынь, лебеда, крапива, одуванчик, бодяк, осот, лопух, практически большинство однолетников. Среди эксплерентов много рудеральных видов. Все вышеперечисленные стратегии являются первичными, однако в природе в основном существуют виды со вторичной стратегией. Например, сосна обыкновенная это виолент-пациент, поскольку вид этот с одной стороны эдификатор, а с другой хорошо растет на кислых болотных или на сухих песчаных почвах. У многих видов есть свойство пластичности стратегии, например дуб черешчатый, - в оптимальных условиях – виолент, а в южных частях ареала, где он представлен жизненной формой кустарника – пациент.

Впоследствии концепции Раменского и Грайма были объединены. Сегодня концепция Раменского – Грайма отражает отношение организмов к

двум факторам: к обеспеченности ресурсами и к нарушениям среды, вызванным действием любого внешнего фактора (пожар, выпас скота, землетрясение).

Лекция № 5

Тема: Экология популяций.

1.1. Понятие о популяции.

1.2. Ареал таксона.

1.3. Структура и свойства популяции (статические и динамические).

«Популяция – это группа совместно обитающих животных определенного вида, обладающих известными общими свойствами. Эти общие свойства определяются, с одной стороны, непосредственно родственными отношениями, с другой – обитанием в сходных условиях существования»; «популяция является конкретной формой существования вида»; «...под популяцией целесообразно понимать элементарную совокупность особей, которая обладает всеми необходимыми условиями для поддержания численности на характерном для данного вида уровне в течение длительного периода и обладает известными общими свойствами, определяющими единство жизнедеятельности слагающих популяцию особей» (приведено по С.С. Шварц, 1970). Несколько позже, в 1974 году С.С. Шварц дал следующее определение популяции. «Популяция – группа совместно обитающих особей одного вида, обладающая всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности неизменно длительное время в постоянно изменяющихся условиях среды». В 1990 году А.М. Гиляров дал еще одно определение популяции «популяция – это любая способная к самовоспроизведению совокупность особей одного вида, более или менее изолированная в пространстве и во времени от других аналогичных совокупностей того же вида».

Впервые термин «популяция» был введен в науку в 1903 г. датским ученым В. Йогансенем.

Популяцию можно определить как любую группу организмов одного вида, занимающую определенное пространство и функционирующую как часть биотического сообщества. Биотическое сообщество в свою очередь определяется как совокупность популяций, которая в результате коэволюции метаболических превращений функционирует как целостная единица в отведенном ему пространстве физической среды обитания. Плотность, рождаемость, смертность, возрастная структура, биотический потенциал, распределение в пространстве и кривая роста – вот некоторые из свойств популяции. Популяции обладают также генетическими характеристиками, непосредственно связанными с их экологией. Это адаптивность, репродуктивная приспособленность и непрерывность (т.е. вероятность оставления потомков на протяжении длительного периода времени).

Популяция, как сказал Томас Парк (1949), обладает «биологическими свойствами», присущими как популяции, так и составляющим ее организмам, и «групповыми свойствами», присущими только группе в целом. Биологические свойства характеризуют жизненный цикл популяции: популяция также как и отдельный организм, растет, дифференцируется и поддерживает сама себя. Популяция имеет определенную организацию и структуру, которые можно описать. В отличие от этого групповые свойства, такие как рождаемость, смертность, возрастная структура и генетическая приспособленность, могут характеризовать только популяцию в целом. Таким образом, особь рождается, стареет, умирает, но применительно к особи нельзя говорить о рождаемости, смертности, возрастной структуре – характеристиках, имеющих смысл только на групповом уровне (приведено по Ю. Одум, 1986).

Очень важным при характеристике популяции является пространство, на котором популяция существует в течение своей жизнедеятельности. Подобное пространство называют **ареалом** популяции. Поскольку ареал представляет собой участок суши или акватории, заселенный организмами определенного вида, то наиболее полное и точное его описание мы получаем путем отображения его на географической карте. Приняты два способа изображения ареалов – точечный и контурный. Нередко, в обиходе, даже сами ареалы называют точечными или контурными. Несмотря на уникальность каждого ареала, их сопоставление позволило биогеографам выявить 4 характеристики внешней среды, или группы факторов, которые порознь или в разных сочетаниях ограничивают распространение видов и тем самым определяют положение границ их ареалов. Это: **физико-географические факторы** (береговые линии, горные системы, глубина водоемов, границы между океаническими водными массами и т.п.); **климатические факторы** (изотерма января, общегодовая сумма положительных температур, или число дней в году со средними положительными температурами, количество осадков, коэффициент влажности воздуха, - представляющий отношение осадков к показателю испарения, и т.д.); **эдафические факторы** (механические и физические свойства субстрата); биотические факторы (топические, трофические и форические отношения); **биоценотические условия** (обуславливают четкую приуроченность популяций конкретного вида к какому-либо единственному биогеоценозу). В ареале выделяют **зону оптимума** – территорию, на которой вид представлен наибольшим количеством популяций и **зону пессимума** – область, на которой популяции неустойчивы. В зоне оптимума вид проявляет максимум доступной ему эвритопности, заселяя несколько разнообразных биотопов. Эту часть ареала вида иногда называют его **ценоареалом**. Периферия ареала представляет **область стерильного выселения**, в которой условия настолько неблагоприятны для вида, что особи в популяциях либо вообще не приступают к размножению, либо не дают жизнеспособного потомства (например, липа на северо-восточной границе ареала, где она представлена не высокорослым деревом, а кустарником, существующим под

пологом еловых и елово-мелколиственных лесов). Ареалы меняются со временем. Область первичного возникновения вида называется его первичным ареалом. Далее особи могут расселяться, приводя к расширению ареала. В отдельных местностях может, в тоже время, наблюдаться локальное вымирание, что приводит к сокращению и фрагментации ареала. Территории, на которых сохраняется вид, сокративший свой ареал, называют **рефугиумами**. Выделяют несколько типов ареалов: **сплошной и дизъюнктивный (разорванный)**. Небольшие ареалы, занимающие какую-либо ограниченную территорию, относят к эндемическим. Эндемизм возникает вследствие двух причин. Любой вид вначале распространен на очень ограниченной территории (представлен несколькими популяциями) и оказывается ее эндемиком вследствие того, что его ареал попросту еще не успел расшириться. Это явление **неоэндемизма**, обусловленное молодостью вида. Эндемиками могут стать и древние виды, сократившие свой ареал и сохраняющиеся только в небольших рефугиумах, где условия остаются более или менее приемлемыми для их существования. Это **палеоэндемизм**, вызванный значительным изменением среды на большей части бывшего ареала вида. Часто говорят еще о реликтовых видах и реликтовых ареалах. Под первыми понимают виды, относящиеся к древним таксонам, пик развития которых приходился на прошлые геологические эпохи. Под вторыми, понимают ареалы, значительно сократившие свою площадь. Сосуществование видов подчиняется правилу конкурентного исключения Г. Ф. Гаузе, согласно которому в одном биотопе не могут совместно обитать разные виды с одинаковыми или очень сходными требованиями к окружающей среде. Чем ближе родство видов, тем сильнее на них проявляется действие правила конкурентного исключения. Поэтому близкородственные виды населяют смежные, или даже разъединенные территории; перекрывание их ареалов имеет место в малой степени (например, атласский кедр и ливанский кедр). Замещающие друг друга на протяжении ареала высшего таксона близкородственные виды называют **викарными** (приведено по А.К. Тимонин, 2002).

Существует масса классификаций популяций. Их можно различать по размерам и степени генетической самостоятельности; по длительности существования; по способу размножения особей, и т.д.

По размерам занимаемой территории различают популяции (по Н.П. Наумову, 1963):

1. **Географические** (как правило, географическая популяция представлена группой популяций вида на сплошной территории с географически однородными условиями существования). Например, географическая популяция узкочерепной полевки протягивается по территории Уральской равнинно-горной страны от тундры Полярного Урала до степей Мугоджар;
2. **Экологические** (менее крупные по занимаемой площади популяции, приуроченные к конкретным биогеоценозам). Например, популяции серой полевки приурочены либо к зарослям кустарника, либо к

луговым формациям. Экологические популяции растений, в границах конкретного фитоценоза называют **ценопопуляциями**;

3. **Элементарные (микрораспуляции)** – это более или менее крупные пространственные группировки особей вида, занимающие локальные участки внутри биогеоценоза. В состав элементарных популяций входят генетически однородные особи. Внутри одного биогеоценоза элементарных популяций может быть несколько десятков.

По способу размножения популяции делят на:

А/. **Панмиктические** – состоят из особей размножающихся половым путем. Для особей характерно перекрестное оплодотворение;

Б/. **Клональные** – состоят из особей размножающихся вегетативно;

В/. **Клонально-панмиктические** – представлены особями, у которых чередуется бесполое и половое размножение.

СТАТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОПУЛЯЦИИ: численность, плотность, половая структура, возрастная структура, генетическая структура, пространственная структура, этологическая структура.

Численность

Численность – это показатель, характеризующий общее количество особей в популяции на всем ее ареале. Численность особей в популяции может меняться. Число особей в популяции ограничивается наличными ресурсами. Популяции морских желудей не могут продолжать увеличиваться после того, как они покрыли всю имеющуюся в данном местообитании поверхность скал. Число пар синиц в лесу не может превысить число имеющихся мест для гнездования. Численность хищников не может повыситься так сильно, чтобы численность их жертвы опустилась ниже уровня, необходимого для поддержания популяции самих хищников. Поддержание оптимальной в данном местообитании численности называют **гомеостазом** популяции. Естественная среда редко бывает стабильной. Изменение климата и количества доступной пищи, оказывают влияние на выживание и плодовитость, и тем самым непрерывно изменяют направление и скорость роста природных популяций. Популяции крупных растений и животных с большой продолжительностью жизни и медленным размножением сравнительно нечувствительны к изменяющимся условиям среды вследствие заложенной в них способности к гомеостазу. Например, после того, как овцы обосновались на острове Тасмания, численность их популяции в течение почти 100 лет претерпевала неупорядоченные колебания в пределах от 1 230 000 до 2 250 000 особей.

Организмы с более короткой продолжительностью жизни и с высокой репродуктивной способностью более чувствительны к кратковременным флуктуациям среды; численность их популяций нередко увеличивается или уменьшается в сотни и даже тысячи раз за несколько дней или недель (например, одноклеточные водоросли, входящие в состав фитопланктона меняют численность в своей популяции за несколько дней). Если продолжительность жизни у того или иного вида мала, то величина

популяции зависит от времени года. На юге Австралии на розах паразитирует мелкое насекомое вредитель – трипс. Когда условия благоприятны, то численность трипса резко увеличивается. Когда же наступает засуха, то численность вредителя падает. Наблюдается своеобразная цикличность изменения численности в популяции трипса. Трипсы питаются главным образом пыльцой, которая есть практически всегда, поскольку на юге Австралии климат средиземноморский. Однако, зимой в результате подавляющего действия прохладных температур на скорость развития и плодовитость, численность трипсов заметно снижается. Рост популяции, кроме того, сдерживается высокой смертностью неполовозрелых стадий; развитие от яйца до имаго зимой продолжается так долго, что большая часть цветков увядает и осыпается, прежде чем трипсы достигают зрелости. Теплая погода весной повышает чистую скорость размножения трипсов, сокращая при этом среднее время генерации. В этих условиях численность популяции насекомого быстро достигает высокого уровня. Наступающая летняя засуха, повышая смертность среди вредителей, задерживает рост популяции и приводит к быстрому снижению численности в конце ноября или начале декабря (приведено по Р. Риклефсу, 1979). Как было отмечено выше, для популяций некоторых долгоживущих организмов, в частности для птиц и млекопитающих, характерны упорядоченные колебания численности с чередованием подъемов и спадов через определенные интервалы – от трех до десяти лет. Особенно четко такие колебания выражены у обитателей арктических областей Нового Света. Например, популяции рыси в Канаде достигают максимума примерно через каждые 10 лет, причем цикл колебаний их численности следует за циклом их основной жертвы – зайца-беляка. По-видимому, циклы связаны с взаимодействиями хищник – жертва. То есть увеличение популяции зайца сопровождается увеличением популяции рыси, которая в конце концов достигает такой плотности, что популяция зайца не может выдержать давления хищника и начинает сокращаться. Вслед за этим начинается снижение численности рыси, вызванное сокращением запасов ее пищи. Когда рыси становится мало, популяция зайца может начать увеличиваться и цикл возобновится. Однако, не всегда это объяснение можно считать адекватным. Поскольку, во-первых, репродуктивный потенциал у зайца гораздо выше чем у рыси, поэтому популяция рыси не может увеличиваться с такой скоростью, чтобы вызвать резкое сокращение популяции зайца; во-вторых, пики численности популяции рыси иногда совпадают с пиками численности зайца, или предшествуют им; в-третьих, на некоторых островах, где рыси нет совсем, наблюдаются такие же колебания численности популяции зайца-беляка. Возможно, что циклы численности популяций этих животных вызваны периодическими снижениями качества и количества растений, которыми питается заяц, что в свою очередь вызывает сокращение популяции зайца (и рыси), создавая возможность для восстановления растительности после чрезмерного выедания ее зайцами. Любопытные вещи были отмечены для популяции лемминга на мысе Барроу. Циклические изменения численности

популяции этого зверька были связаны с качеством растительности. Так, максимальная численность в популяции лемминга отмечалась тогда, когда содержание белка в растениях достигало 22%. Минимальная численность популяции наблюдалась, когда содержание белка в растениях падало до 14%. Если циклические изменения популяции лемминга параллельны циклическим изменениям качества растений, то возможно, что они взаимосвязаны: общее количество доступных питательных веществ в экосистеме тундры может быть так мало, что в годы максимальной численности они в основном потребляются леммингами, в результате чего подавляется рост растений и снижается их питательная ценность. Питательные вещества вновь поступают в круговорот лишь после гибели большого числа леммингов и разложения их останков (Р. Риклефс, 1979).

Выделяют три механизма торможения роста численности популяций:

1. при возрастании плотности повышается частота контактов между особями, что вызывает у них стрессовое состояние, уменьшающее рождаемость и повышающее смертность;
2. при возрастании плотности усиливается эмиграция в новые местообитания, краевые зоны, где условия менее благоприятны и смертность увеличивается;
3. при возрастании плотности происходят изменения генетического состава популяции, например, быстро размножающиеся особи заменяются медленно размножающимися.

Большое увеличение численности до уровня «*популяционного взрыва*» наблюдается там, где отсутствуют его естественные враги. Например, бурный рост численности наблюдался при заносе в Европейские реки и озера элодеи канадской, водяного гиацинта (из Венесуэлы), рапана в Черное море (из морей Юго-Восточной Азии), опунции и кроликов в Австралию (из Мексики и Франции соответственно). В целях сокращения популяций видов интродуцентов был применен биометод, который заключался в завозе вслед за видами переселенцами их естественных врагов. Например, для борьбы с кустарником лантана на Гавайские острова к 1924 году было завезено 23 вида насекомых, являющихся естественными врагами растения на его родине, к 1956 году, это количество было доведено до 50 видов (приведено по И.Н. Пономаревой, 1994).

Плотность

Плотность популяции – это величина популяции, измеряемая числом особей или биомассой популяции на единицу площади или объема. Например, 500 деревьев на 1 га, или 5 млн. диатомей на 1 кубометр воды. Можно различать *среднюю плотность*, т.е. численность (или биомассу) особей на единицу всего пространства. Можно говорить об *экологической* или *удельной* плотности, т.е. о численности (или биомассе) на единицу обитаемого пространства или объема, которые фактически могут быть заняты популяцией. Для измерения плотности популяций существует много методов. Среди них:

1. Тотальный учет, возможный для крупных животных, собирающихся в группы на ограниченной территории;
2. Метод пробных площадок. Он состоит в подсчете и взвешивании организмов на пробных площадках или трансектах;
3. Метод мечения с повторным отловом (для подвижных животных). Из популяции отлавливают часть животных, метят их, и снова выпускают. Доля меченых животных в последующей выборке используется для определения сначала общей численности, а затем и плотности;
4. Метод изъятия, при котором число организмов, собранных с некоторой площади при последовательных выборках, откладывается по оси ординат, а число из собранных ранее – по оси абсцисс. Если вероятность поимки относительно постоянна, то точки ложатся вдоль прямой линии. Эту линию можно продлить до нулевой точки (на оси абсцисс), теоретически соответствующей 100% изъятию с данной площади;
5. Методы без взятия проб (для неподвижных организмов). Например, метод случайных точек (для деревьев в лесу), при котором измеряют расстояние от ряда произвольно выбранных точек до ближайших особей по всем четырем направлениям. Плотность на единицу площади оценивают по среднему расстоянию (приведено по Ю. Одум, 1986).

Половая структура

Половая структура – это соотношение половых групп у видов с преобладающим половым размножением. Процентное соотношение в популяции разнополых особей может служить индикатором на условия существования. Например, увеличение количества самцов в стаде зубров на территории Беловежской пуши являлось следствием недокорма животных. Параллельно с ухудшением условий существования в популяциях многих видов отмечается в первую очередь высокая смертность самцов. Более высокая стойкость самок объясняется более высоким уровнем обмена веществ и большей избирательностью в пище (самки реже питаются отравленной или испорченной пищей). Например, самцы осетра питаются всякой рыбой, а самки лишь бычками из семейства Гобиида. Однако, есть виды, у которых более избирательно относятся к пище самцы, например самка куницы – всеядна, а самец питается в основном белками и крупными птицами.

Теоретически соотношение полов в популяции одинаковое 50% на 50%. Фактическое соотношение полов зависит от действия различных факторов. Например, у некоторых рыб различают три типа половых хромосом Y, X, W. Из них Y – хромосома несет гены мужского пола, а X, и W хромосомы – гены женского пола, но разной степени «мощности». Если генотип особи имеет вид Y Y, то развиваются самцы; если XY – самки, а если WY, то в зависимости от условий среды могут развиваться либо самки, либо самцы. В популяциях меченосцев соотношение полов зависит от рН среды. При рН=6,2 количество самцов колеблется от 90 до 100%, а при рН=7,8 – от 0 до 15%. Довольно часто в популяциях низших животных и растений встречается

партеногенез. Это одна из форм полового размножения, при которой женские половые клетки (яйцеклетки) развиваются без оплодотворения. Значение партеногенеза возрастает при редких контактах разнополых особей. Часто размножение посредством партеногенеза чередуется с обоеполым (т.н. циклический партеногенез). Из неоплодотворенных яиц могут появляться и самки и самцы (тля, поколение полоносок), только самки (ящерицы), только самцы (трутни у пчел).

Определенный набор хромосом – главный отличительный признак каждого вида. До недавнего времени считалось, что какие-либо различия в хромосомном наборе могут быть только у разных видов. Однако оказалось, что существуют и внутривидовые хромосомные различия, обусловленные географическими особенностями обитания того или иного вида, и различия внутри популяции. Пионерские результаты были получены в ходе изучения эволюции половых хромосом и генетических механизмов определения пола на примере копытного лемминга. Этот грызун из Семейства Полевков изучался на Полярном Урале группой сотрудников Института Экологии растений и животных УрО РАН, во главе с Эмилией Абрамовной Гилевой (2004). Лемминги интересны тем, что у них есть уникальный механизм определения пола, в основе которого лежит мутация. Мы знаем, что женский организм отличается от мужского наличием двух х-хромосом, тогда как в мужском имеются х и у-хромосомы. Благодаря мутации даже те особи, у которых изначально были заложены х и у-хромосомы, становятся самками. В результате соотношение численности в популяциях копытных леммингов составляет в большинстве случаев 70:30, а в некоторые годы достигает 97:3, т.е. численность самок может резко увеличиваться, что позволяет им размножаться в огромных количествах. Как показали исследования, важно чтобы разнообразие сохранялось не только на видовом, но и на хромосомном уровне, как между животными, обитающими в географически удаленных регионах, так и внутри одной популяции. Сильным мутационным фактором является радиационное воздействие. На Урале, в местах сильного радиационного загрязнения возможна гибридизация разных видов-двойников обыкновенной полевки, сходных морфологически, но отличающихся по хромосомным наборам. Любопытно, что на чистых территориях гибридизация не происходит, а вот в загрязненных местах, там, где у животных возрастает количество хромосомных мутаций, это реальный факт. Ценным является подтверждение также и того факта, что морфологические изменения могут быть маркерами химического загрязнения окружающей среды.

Возрастная структура

Возрастная структура – это соотношение в популяции разных возрастных групп. Соотношение в популяции разных возрастных групп определяет способность популяции к размножению, и показывает, что можно ожидать в будущем. В каждой популяции можно выделить три возрастные экологические группы (фазы): 1) *предрепродуктивную*; 2) *репродуктивную*; 3) *пострепродуктивную*. Длительность этих возрастных фаз варьирует у

разных организмов. У современного человека все три фазы приблизительно одинаковы по продолжительности (на каждую приходится около 1/3 всего онтогенеза). У первобытного человека короче была пострепродуктивная фаза. Для многих животных и растений наоборот характерен длинный предрепродуктивный период. Обычно в быстро растущих популяциях значительную долю составляют молодые особи; в популяциях находящихся в стационарном состоянии возрастное распределение более или менее равномерно; в самоизреживающихся популяциях выше доля старческих особей. Любая популяция, находящаяся в стабильной среде при благоприятных условиях, в конце концов, приближается к некоторому стабильному возрастному распределению (приведено по Ю. Одум, 1986; О.А. Жигальский, О.Р. Белан, 2001).

Как было отмечено выше, в популяциях выделяют несколько возрастных групп. Так, в популяциях растений Г.А. Работнов (1950) выделяет:

1. *латентную группу* (зачатки в виде семян, спор, диаспор);
2. *виргинильную* – девственную группу (распадается на три: всходы; *ювенильную* – молодые растения; *прематурные* – взрослые девственные). Последняя группа может распадается на *имматурные* и *виргинильные* (по Л.А. Жуковой, 1987);
3. *генеративную* (включает половозрелые особи, цветущие и плодоносящие);
4. *сенильную* – старческую группу (растения, потерявшие способность размножаться).

У животных аналогичные возрастные группы были выделены Г.А. Новиковым (1979):

1. *Новорожденные* (до момента прозревания);
2. *Молодые* – подрастающие особи, еще не достигшие половой зрелости;
3. *Полувзрослые* – близкие к половой зрелости;
4. *Взрослые* – половозрелые животные, которые размножаются или физиологически способны размножаться;
5. *Старые* – переставшие размножаться особи.

Итак, если в условиях биогеоценоза представлены в популяции все возрастные группы, - она считается нормальной; если в ней доминируют лишь молодые возрастные группы, то такая популяция называется инвазионной; если же большинство особей представлено старческими возрастными группами, то популяция принадлежит к регрессивному типу.

Абсолютный возраст особи можно определить не у всех видов. У деревьев возраст определяется по количеству годичных колец; у многолетних травянистых растений – по количеству слоев ксилемы в подземных органах; у рыб – по количеству годичных колец на чешуе; у некоторых млекопитающих – по зубам и т.д. У организмов с метаморфозом группа особей одинакового физиологического возраста представляет одну стадию развития. Так в популяциях насекомых различают стадии яиц, личинок, куколок, взрослых особей. Возрастной состав популяций можно графически изобразить в виде возрастных пирамид. Первая возрастная пирамида,

характерная для демографически неблагополучных стран с высокой детской смертностью и низкой продолжительностью жизни (кривая выживания II типа) похожа на равнобедренный треугольник; вторая возрастная пирамида, характеризующая население демографически благополучной страны с низкой рождаемостью, низкой смертностью и высокой продолжительностью жизни (кривая выживания I типа) похожа на вытянутый прямоугольник.

Генетическая структура

Генетическая структура – это соотношение в популяции различных генотипов и аллелей. Совокупность генов всех особей популяции называют генофондом. Генофонд характеризует частоты аллелей и генотипов. Частота аллеля – это его доля во всей совокупности аллелей данного гена. Сумма частот всех аллелей равна единице. Зная частоты аллелей, можно вычислить частоты генотипов в популяции.

$P+q=1$, p -доля доминантного аллеля A ; q - доля рецессивного аллеля a .

$(p+q)^2=p^2+2pq+q^2=1$, где p и q – частоты доминантного и рецессивного аллелей соответственно, p^2 – частота гомозиготного доминантного генотипа AA , $2pq$ – частота гетерозиготного доминантного генотипа Aa , q^2 – частота гомозиготного рецессивного генотипа aa .

Согласно закону Харди-Вайнберга, относительные частоты аллелей в популяции остаются неизменными из поколения в поколение. Однако, без изменения генофонда популяции невозможен эволюционный процесс. Эволюция же идет постоянно. Факторами, изменяющими генетическую структуру популяции следует считать:

А/. мутации – источник возникновения новых аллелей;

Б/. неравную жизнеспособность особей (внутривидовая изменчивость);

В/. неслучайное скрещивание (например, при самооплодотворении частота гетерозигот постоянно падает);

Г/. дрейф генов – случайное изменение частоты аллелей, например, вследствие заболеваний;

Д/. миграции – отток имеющихся генов и приток новых (приведено по И. Щукин, 2004).

Пространственная структура

Пространственная структура – это территориальная организация популяции (иначе, особенности распределения особей в пределах ареала занимаемого популяцией).

Распределение особей внутри популяции в пространстве может быть:

1/ случайным, 2/ равномерным, 3/ групповым. Случайное распределение наблюдается тогда, когда среда очень однородна, а организмы не стремятся объединиться в группы. Равномерное распределение встречается там, где между особями очень сильна конкуренция или существует антагонизм, способствующий равномерному распределению в пространстве. Чаще всего особи в популяции обладают тенденцией образовывать группы. Случайное распределение можно наблюдать у личинок мучных хрущаков, у пауков, у двусторчатых моллюсков. Деревья в лесу отстоят друг от друга на приблизительно одинаковом расстоянии. Примерами группового

распределения можно считать проживание большинства рыб, пчел, муравьев, термитов, копытных, мышевидных грызунов и т.д. Итак, для большинства популяций разных видов характерно образование групп разных размеров. Такие группы представляют собой результат агрегирования особей, происходящего по разным причинам: 1/ вследствие локальных различий в местообитаниях; 2/ под влиянием суточных и сезонных изменений погодных условий; 3/ в связи с процессами размножения или 4/ в результате социального притяжения (у высших животных). Агрегация может усиливать конкуренцию между особями за компоненты минерального питания, пищу или пространство. Однако все это уравнивается повышением жизнеспособности группы, поскольку группа обладает большими возможностями для своей защиты, обнаружения ресурсов или изменения микроклимата. Степень агрегации, также как общая плотность, при которой наблюдается оптимальный рост и выживание популяции варьирует у разных видов и в разных условиях; поэтому как «недонаселенность», так и «перенаселенность» могут оказывать лимитирующее влияние. Это и есть **принцип Олли** (приведено по Ю. Одуму, 1986).

Этологическая структура

Этологическая структура – это поведенческая структура популяции.

Одинокое проживание характерно для некоторых видов животных. Как правило, это крупные млекопитающие, имеющие свои закрепленные участки. Например, медведь самец большую часть жизни ведет одиночный образ жизни, и лишь в сезон размножения на непродолжительное время встречается с самкой. «Мечение» территории не только разграничивает пространство, но и является надежным средством установления контактов. «Мочевые» точки иначе называют «обонятельным телефоном». Мечение может выражаться в заскребах на коре, в оставлении секрета потовых и сальных желез на стволах деревьев и на траве. По запаху и по следам меток животные получают информацию о физическом состоянии, о возрасте, о половой активности тех, кто побывал на подведомственной территории.

Семья – репродуктивная группа особей одного вида, проживающая совместно в целях облегчения своего существования и воспитания потомства. Семьи могут быть *моногамными* (с одним половым партнером) и *полигамными* (несколько половых партнеров). Примеры: лебедь, страус, лиса, енот, бобр, лев.

Стая – временное объединение животных, которые проявляют биологически полезную организованность действий. Стаи встречаются среди рыб, птиц и некоторых млекопитающих (собачьих). В стае выполняются такие важные для жизни вида функции, как защита от врагов, добыча пищи, миграции. У животных в стае нередко развито подражательное поведение. Иногда в стае может быть вождь. Примеры: волк, сельдь, гиены.

Стадо – более постоянное, чем стая объединение животных, в котором проявляется иерархия между особями, и отношения строятся по типу «доминирование – подчинение». В стаде осуществляются все функции вида: добывание кормов, защита от врагов, размножение, воспитание молодняка,

миграции. В стаде имеется лидер, во многом определяющий поведение стада. Примеры: слон, копытные, приматы.

Колония – постоянное, или на период размножения временное, скопление животных на сравнительно ограниченной территории. Колониальный образ жизни свойственен птицам (чайкам, ласточкам, гусям, пеликанам, бакланам, фламинго, пингвинам) и мелким млекопитающим (суркам, сусликам, пищухам).

ДИНАМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПОПУЛЯЦИИ: рождаемость, смертность, скорость роста популяции, кривые выживания.

Рождаемость

Рождаемость – это способность популяции к увеличению численности. Рождаемость может быть *максимальной (абсолютной, потенциальной)* и *реализованной (экологической)*. Максимальная рождаемость означает общее количество потомков, которое теоретически может появиться на свет от материнских особей в популяции данного вида. Реализованная рождаемость означает реальное количество потомков, которые появляются на свет в конкретных условиях среды. Величина рождаемости зависит от многих причин: соотношения полов и возрастных групп, от возможного количества генераций за год, от того возраста, в котором реально материнские особи в состоянии производить потомство. Рождаемость можно характеризовать через число особей, родившихся за определенный промежуток времени. Этот промежуток устанавливается в соответствующем масштабе биологического времени. Для бактерий он равен 1 часу, для водорослей – неделе, для насекомых – месяцу, для человека и других крупных млекопитающих – году. Обычно рождаемость выражают либо как скорость, определяемую путем деления общего числа вновь появившихся особей на время (*общая рождаемость*), либо как число вновь появившихся особей в единицу времени на 1 особь в популяции (*удельная рождаемость*). Различие между абсолютной (общей) и удельной рождаемостью можно проиллюстрировать следующим примером: популяция простейших из 50 особей увеличивается путем деления. Через час ее численность возросла до 150 особей. Абсолютная рождаемость при этом составила 100 особей за 1 час, а удельная рождаемость (средняя скорость изменения численности на особь в популяции) составляет 2 особи в час при 50 исходных.

Смертность

Смертность отражает естественную или случайную гибель особей в популяции. Это определенная антитеза рождаемости. Смертность можно выразить числом особей погибших за данный период (число смертей в единицу времени), или же в виде *удельной смертности* для всей популяции или любой ее части. *Экологическая, или реализованная смертность* – гибель особей в данных условиях среды. *Минимальная смертность* – величина, постоянная для популяции, представляющая собой гибель особей в идеальных условиях, при которых популяция не подвергается лимитирующим воздействиям. Даже в самых лучших условиях особи будут

умирать от старости. Этот возраст определяется физиологической продолжительностью жизни, которая часто превышает среднюю экологическую продолжительность жизни.

Скорость роста популяции

Скорость роста популяции (число особей, прибавляемых к популяции или отнимаемых от нее) равна рождаемости минус смертность. Иначе, скорость роста популяции это изменение численности популяции в единицу времени. Для каждого набора условий среды существует некая плотность популяции, при которой рождаемость и смертность точно уравнивают друг друга и не происходит ни роста, ни сокращения численности популяции. Это равновесное состояние популяции соответствует так называемой емкости среды. Скорость роста популяции может быть положительной, нулевой и отрицательной. Она зависит от показателей рождаемости, смертности и миграции. Различают абсолютную и удельную скорость роста популяции. Скорость роста может быть выражена в виде ***J-образной и S-образной кривой***. Первая отражает неограниченный, ***экспоненциальный рост*** численности популяции, не зависящий от плотности популяции и не ограничиваемый емкостью среды. Вторая отражает ***логистический тип роста***, зависящий от плотности популяции, никогда не превышающий емкости среды, при котором, скорость роста популяции снижается по мере роста численности особей.

Кривые выживания

Выживаемость это оставшееся количество особей в популяции после естественно или случайно погибших особей за единицу времени. Кривые выживания подразделяют на три общих типа. Сильно ***выпуклая*** кривая характерна для видов, в популяциях которых смертность почти до конца жизненного цикла остается низкой (по Ф. Дрё, 1976 эта кривая называется «***кривой дрозофилы***»). Этот тип выживания характерен для крупных животных, и в первую очередь для человека. Другой вариант – сильно ***вогнутая*** кривая, она получается если смертность высока на ранних стадиях (по Ф. Дрё, 1976 эта кривая называется «***кривой устрицы***»). Хорошей иллюстрацией этого типа являются моллюски и дубы: смертность очень велика у свободноплавающих личинок и прорастающих желудей, но как только особь приживется на соответствующем субстрате продолжительность жизни сильно увеличивается. К промежуточному типу относятся кривые выживания для тех видов, у которых удельная выживаемость для каждой возрастной группы более или менее одинакова, поэтому кривая приближается к ***диагонали*** (по Ф. Дрё, 1976 эта кривая называется «***кривой гидры***»). Существует еще ***ступенчатый тип кривой выживания*** («***кривая бабочки***»), - он характерен для видов, у которых выживаемость сильно варьирует на последовательных стадиях жизненного цикла, как это бывает у чешуекрылых (у насекомых с полным превращением). Форма кривой выживания связана со степенью заботы о потомстве и другими способами защиты молоди. Так, кривые выживания пчел и дроздов (заботятся о потомстве) значительно менее вогнуты, чем у кузнечиков и сардин (о

потомстве не заботятся). Кстати говоря, у последних видов это обстоятельство компенсируется большим количеством откладываемых яиц. Форма кривой выживания может варьировать в зависимости от плотности популяции. Кривая выживания более плотной популяции заметно вогнута. Иными словами, у оленей живущих на освоенной территории, где количество пищи больше в результате планомерного выжигания человеком старых зарослей, ожидаемая продолжительность жизни меньше, чем у оленей, живущих на неосвоенной территории; это по-видимому, связано с более интенсивной охотой, внутривидовой конкуренцией и т.п. С точки зрения охотника, освоенная территория более благоприятна, но с точки зрения оленя, на менее населенной территории больше шансов выжить. Особенности размножения сильно влияют на рост популяции и другие ее характеристики. Естественный отбор может воздействовать на разные типы изменений жизненного цикла, что приводит к появлению адаптивных свойств. Так, давление отбора может изменить сроки начала размножения, не затрагивая общее число производимых потомков, или отбор может влиять на величину выводка, не меняя сроков размножения (приведено по Ю. Одум, 1986).

Лекция № 6

Тема: Экология сообществ и концепция экосистемы.

- 1.1. Структура биоценоза. Биогеоценоз.
- 1.2. Основные отличия биогеоценоза от экосистемы.
- 1.3. Экологическая ниша.
- 1.4. Структурная организация экосистемы.
- 1.5. Круговорот веществ и энергии в экосистеме. Пищевые цепи и сети.
- 1.6. Типология экологических пирамид.
- 1.7. Аутогенные и аллогенные сукцессии.
- 1.8. Разнообразие природных экосистем.
- 1.9. Искусственные экосистемы (агроценозы и урбоэкосистемы).

Биоценоз (от греч. *bios* – жизнь, *koinos* – общий) – это исторически сложившаяся организованная группа популяций растений, животных и микроорганизмов, живущих совместно в одних и тех же условиях среды, возникшая на основе биогенного круговорота и обеспечивающая его в конкретных условиях среды (приведено по В.А. Радкевичу, 1997). Понятие «биоценоз» было предложено в 1877 году немецким ученым зоологом К. Мебиусом. Мебиус изучая устричные банки в Северном море, пришел к выводу, что каждая из них представляет собой сообщество живых организмов, все члены которого находятся в тесной взаимосвязи. Биоценоз является продуктом естественного отбора. Никакой биоценоз не может развиваться сам по себе, вне и независимо от среды. В природе складываются определенные комплексы состоящие из отдельных частей, которые поддерживаются и функционируют как единое целое на основе взаимной приспособленности. Условно биоценоз можно расчленить на отдельные

компоненты: фитоценоз – растительность; зооценоз – животный мир; микроценоз – микроорганизмы. Однако, ни в одном местообитании не может быть динамической системы, которая состояла бы только из растений, или только из животных. В биоценозах между различными видами организмов возникают определенные связи (биотические отношения). Основной формой этих связей являются пищевые отношения (трофические связи). **Трофические связи** возникают между видами, когда один вид питается другими: живыми особями, мертвыми остатками, продуктами жизнедеятельности. Безусловно, в каждой системе действуют еще и **топические связи** (проявляются в изменении одним видом условий обитания другого вида), и **форические связи** (возникают, когда один вид участвует в распространении другого), и **фабрические связи** (заключаются в том, что один вид использует для своих сооружений продукты выделения, мертвые остатки или даже живых особей другого вида).

Итак, биоценоз является системой. Что же значит термин «система»? Каковы признаки системы? В 1971 г немецкий профессор В. Тишлер вычленил важнейшие признаки системы:

1. Вся система возникает из сочетания готовых частей;
2. Части системы заменяемы и связаны не обязательно со всей системой, а только с основой ее существования;
3. Вся система поддерживается благодаря взаимной компенсации сил, следовательно, благодаря антагонизму, а не координации;
4. Существует лишь количественная, но не качественная способность к регуляции выпадающих компонентов системы;
5. Ограничение функционирования системы обусловлено внешними условиями, а не внутренними предпосылками.

В биоценозе, как в системе, можно выделить видовую, пространственную и экологическую структуры.

Видовая структура – это число видов, образующих данный биоценоз. Видовую структуру рассматривают также как соотношение видов по численности или биомассе. Биоценозы в отношении видового разнообразия бывают бедные и богатые. Богатыми считаются тропические леса, шельфовые зоны (или любой другой **эктон** – переходная зона между сообществами), некоторые островные сообщества. Бедные биоценозы приурочены к тундровым зонам, высокогорьям и к пустынным районам Земли. Различают α - и β -разнообразие. α -разнообразие – видовое разнообразие в данном местообитании; β -разнообразие – сумма всех видов всех местообитаний в данном регионе. В каждом биоценозе можно выделить **виды доминанты** – или виды, преобладающие по численности; и **виды эдификаторы** – виды средообразователи, или виды создающие условия для жизни других видов. Например, в таком биоценозе как сосновый лес, среди доминантов можно назвать сосну и мох кукушкин лен, который явно преобладает по численности в мохово-лишайниковом ярусе; а среди видов средообразователей, безусловно, будет сосна. На сфагновых торфяниках эдификатором будет сфагновый мох. Именно он будет создавать

специфические условия биоценоза, которые отличаются плохой аэрацией, низкой теплопроводностью торфа, кислой реакцией среды, бедностью элементов минерального питания. В степных биоценозах эдификатором служит ковыль. Виды, живущие в биоценозе за счет доминантов, получили название *предоминантов*. К примеру, в дубовом лесу таковыми являются кормящиеся на дубе насекомые, сойки, мышевидные грызуны.

Все виды, слагающие биоценоз, в определенной степени связаны с доминирующими видами и видами эдификаторами. Внутри биоценоза формируются более или менее тесные группировки, комплексы популяций, зависящие от структурных элементов биоценоза. Так создаются единицы биоценоза – *консорции*. Учение о консорциях было разработано в 50-х годах XX века В.Н. Беклемишевым и Л.Г. Раменским. **Консорция** – это совокупность популяций организмов, жизнедеятельность которых в пределах одного биоценоза трофически или топически связана с видом эдификатором – автотрофным растением. В консорции можно выделить ядро (вид эдификатор), и его окружение (сосуществующие вокруг ядра виды). Например, в сосняке, ядром консорции будет сосна, а ее окружением можно считать всех связанных с ней эпифитов, паразитов, симбионтов, мутуалов, и пр.

Пространственная структура – это распределение организмов в биоценозе по вертикали и по горизонтали. При вертикальной градации биоценоза выделяют ярусы. Например, в сосняке ягодниково-разнотравном можно выделить 6 ярусов: древесный ярус (образован взрослыми соснами), ярус подлеска (рябина, береза, осина), ярус подроста (молодые особи вида эдификатора, древесных растений подлеска), ярус кустарников (лещина, шиповник), травяно-кустарничковый ярус, мохово-лишайниковый ярус. Ярусность может быть как надземная, так и подземная. В любом биоценозе могут быть и внеярусные растения, например лианы. В лесах умеренных широт, к таковым можно отнести, например, княжик сибирский.

При горизонтальном членении биоценоза можно говорить о его *мозаичности*. Горизонтально выделенные структурные элементы биоценоза получили наименование *синузий*. Они образуются потому, что растения, распределяясь неравномерно, создают то большие, то меньшие скопления, придающие растительному покрову мозаичный характер. В геоботанике **синузия** рассматривается как структурная часть фитоценоза, характеризующаяся определенным видовым составом и эколого-биологическим единством входящих в нее видов. Например, синузия сосны, синузия черники, синузия брусники, синузия мха кукушкин лен, синузия сфагнома, и т.д. Помимо синузий, при горизонтальном членении биоценоза можно говорить о *парцелле*. **Парцелла** – это структурная часть при горизонтальном членении биоценоза, отличающаяся составом и свойствами компонентов, спецификой их связей и материально-энергетическим обменом. В отличие от синузии, парцелла – комплексная единица, так как в нее входят на правах участников обмена веществом и энергией не только растения, но и животные, и микроорганизмы, и почва, и атмосфера. Примером парцеллы

может быть участок мелколиственного леса со всем его населением внутри более крупного хвойного (соснового) фитоценоза.

Экологическая структура – это состав биоценоза из экологических групп организмов, выполняющих в сообществе в каждой экологической нише определенные функции. Например, экологическую структуру биоценоза отражает соотношение групп организмов объединенных сходным типом питания. В лесах преобладают сапрофаги, в степях и полупустынях – фитофаги, в глубинах Мирового океана – хищники и детритоеды. Разные экологические группы по отношению к абиотическим факторам также преобладают в определенных типах сообществ. Например, на болоте чаще встретишь растения гигрофиты; в степях и полупустынях – ксерофиты; во влажном тропическом лесу – мезофиты, мезо-гигрофиты, гигро-гидрофиты и т.д.

Пространство с более или менее однородными условиями, заселенное тем или иным сообществом организмов (биоценозом) называется биотопом.

Любой биоценоз образует совместно с биотопом биологическую макросистему более высокого ранга – **биогеоценоз**.

Термин «биогеоценоз» предложил в 1940 году В.Н. Сукачев. За исключением некоторых деталей, этот термин можно считать тождественным термину «**экосистема**», - предложенному в 1935 году английским исследователем А. Тенсли. Есть мнение, что термин «биогеоценоз» в большей степени отражает структурные особенности макросистемы. А термин «экосистема» больше описывает функциональные особенности системы. Впоследствии стали говорить о том, что принципиальным различием является то, что биогеоценоз всегда выделяется в рамках конкретного фитоценоза, а его границы можно отыскать на местности и нанести на карту, чего в отношении экосистемы сделать нельзя, поскольку «**экосистема**» - это устойчивая безразмерная система живых и неживых организмов, в которой осуществляется внешний и внутренний круговорот вещества и энергии. Экосистема это и капля воды с ее микробным населением, и пруд, и лес, и степь, и озеро, и город, и космический корабль, и аквариум, и т.д.

По В.Н. Сукачеву (1942) «**биогеоценоз**» - это совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений – атмосферы, горной породы, гидрологических условий, растительности, животного мира, мира микроорганизмов и почвы. Эта совокупность отличается спецификой взаимодействий слагающих ее компонентов, их особой структурой и определенным типом обмена веществ и энергии между собой и другими явлениями природы и представляет собой внутреннее противоречивое единство, находящееся в постоянном движении и развитии (1964). Экосистема – это понятие безранговое, «биогеоценоз» - имеет определенный ранг, поскольку это однородный участок наземной экосистемы, границы которого проведены по границам фитоценоза, выступающего в роли маркера этой единицы.

Экологическая ниша – это совокупность экологических факторов – абиотических и биотических – необходимых для существования популяции в экосистеме (приведено по Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, 2005). Еще одно определение экологической ниши звучит следующим образом: экологическая ниша это место вида в природе, включающее не только его положение в пространстве и отношение к абиотическим факторам, но и функциональную роль в сообществе (в первую очередь, трофический статус). Впервые в науке понятие «экологическая ниша» использовал в 1917 году Дж. Гринел, который под нишей понимал пространство, которое вид занимает в сообществе. Спустя 13 лет Ч. Элтон использовал понятие «экологическая ниша» для обозначения способа питания вида, т.е. его места в пищевых цепях. Однако наиболее полное представление о нише связывают с именем Дж. Хатчинсона (1957), который рассматривал экологическую нишу как всю сумму связей вида с абиотическими и биотическими факторами. По Ю. Одуму экологическая ниша – это «профессия» вида в экосистеме (т.е. из чего вид производит органику, куда это органика перераспределяется, каким образом это происходит, и т.д.). Например, два вида морских желудей на литорали в Шотландии занимают разные экологические ниши. Критерием разделения экологических ниш является продолжительность затопления. Один вид обитает в нижней части литорали, при ее более длительном затоплении, другой – в верхней, при более кратковременном затоплении. Важно в этой связи правило русского эколога Ф. Гаузе, в 30-х годах сформулировавшего принцип, получивший впоследствии его имя: «Два вида не могут сосуществовать, если они занимают одну экологическую нишу» (один из них должен погибнуть, либо уйти в другую экологическую нишу). Реально, в природе этот принцип действует относительно, поскольку сосуществованию видов способствуют флуктуирующие ресурсы. Также, всегда имеется третий вид, который сдерживает рост конкурирующих популяций, и безусловно всегда имеется мозаичность местообитания. В одной экологической нише виды могут сменять друг друга, т.е. действует своеобразная модель карусели. Экологические ниши можно выделять как у животных, так и у растений. Например, в высокогорьях Кавказа распространены сообщества пустошей, где лишайники занимают самый верхний слой почвы и используют как источник воды и минеральных элементов атмосферные осадки; в более глубоких слоях субстрата расположены подземные органы злаков, корни которых используют почвенную влагу. Д. Хатчинсон различает два варианта ниш: фундаментальную и реализованную.

Фундаментальная ниша – это ниша, которую вид может занять при отсутствии конкуренции. Она обусловлена генетически.

Реализованная ниша – это часть фундаментальной ниши, которую вид занимает при наличии конкуренции. Она обусловлена и генетически и экологически. Соотношение объемов фундаментальной и реализованной ниш – признак стратегии вида. Так у виолентов эти объемы практически равны.

Биотоп – это как бы «адрес» организма, а экологическая ниша – его «профессия». Группы видов, обладающих сходными функциями и нишами

одинакового размера, роль которых в сообществе подобна, называют *гильдиями*. Например, все мышевидные грызуны, в зоне степей. Виды, занимающие одинаковые ниши в разных природных зонах или географических областях, называют *экологическими эквивалентами*. Пример: бизоны в Северной Америке, зубры на территории Восточно-Европейской равнины.

Структурная организация экосистемы:

В 1990-е годы академик А.М. Гиляров отмечал, что четкого определения экосистемы не существует, но обычно считается, что это совокупность разных обитающих совместно организмов, а также физических и химических компонентов среды, необходимых для их существования, или являющихся продуктами их жизнедеятельности. Сегодня есть две трактовки экосистемы.

При узком понимании к экосистеме относят только такие совокупности организмов и условий среды, в которых имеется режим саморегуляции: лес, озеро, болото, море. Если такую экосистему незначительно нарушить, то она самовосстановится. Такого понятия придерживался А. Тенсли.

При широком понимании (по Ю. Одуму) к экосистеме относят любые совокупности взаимодействующих организмов и условий среды их обитания, вне зависимости от того, имеется в них механизм саморегуляции или нет. Примеры: город, ферма, лесопосадка, аквариум, космический корабль.

- трофическая структура; пищевые цепи и сети:

В каждой экосистеме можно выделить функциональные блоки, которые параллельно отражают трофическую структуру экосистемы. Это: продуценты, консументы и редуценты.

Продуценты – это автотрофные организмы, синтезирующие органические вещества из неорганического углерода, используя фотосинтез или хемосинтез (растения и цианобактерии – фотоавтотрофы, осуществляющие фотосинтез из углекислого газа и воды с выделением кислорода при использовании солнечной энергии и автотрофные бактерии – хемоавтотрофы, использующие для синтеза органических соединений химическую энергию окисления неорганических соединений).

Консументы – это организмы, которые используют готовое органическое вещество в живом или мертвом состоянии. Внутри консументов можно выделить следующие функциональные группы:

-фитофаги – растительноядные организмы. От насекомых, до крупных млекопитающих – лосей, слонов, жирафов;

-зоофаги – хищники. От крупных (лев, тигр, волк), до мелких (овод, слепень, комариха);

-паразиты – организмы, длительное время живущие внутри или на теле другого организма – хозяина, и питающиеся за его счет;

-симбиотрофы – микроорганизмы (грибы, бактерии, простейшие), связанные отношениями взаимовыгодного сотрудничества с растениями или животными. Они питаются прижизненными выделениями или продуктами пищеварения, получению которых способствуют;

-детритофаги – животные, питающиеся детритом (мертвыми тканями животных или растений или экскрементами).

Редуценты (деструкторы) – гетеротрофные организмы, как правило, бактерии и грибы, питающиеся органическими остатками и разлагающие их до минеральных веществ. Благодаря редуцентам в атмосферу возвращается большая часть углекислого газа, потребленного в процессе фотосинтеза, а также образуется метан при анаэробном разложении органического вещества в условиях повышенной влажности.

Питаясь друг другом, организмы образуют цепи питания.

Цепь питания – это последовательность организмов, по которой передается энергия, заключенная в пище, от ее первоначального источника. Каждое звено пищевой цепи – это самостоятельный пищевой уровень. Первый трофический уровень – продуценты, второй – растительноядные консументы, далее – хищники, затем – редуценты. Различают два типа пищевых цепей: **цепи выедания (пастбищные) и цепи разложения (детритные)**.

Пастбищные цепи – это пищевые цепи, начинающиеся с живых фотосинтезирующих организмов. Например: одуванчик – черепаха – ястреб – пухоед.

Детритные цепи – это пищевые цепи, начинающиеся с отмерших остатков растений, трупов или экскрементов. Например: детрит – земляной червь – ворона.

Пастбищные цепи преобладают в водных экосистемах; детритные – в экосистемах суши. В сообществах цепи переплетаются, поскольку в состав пищи каждого вида входит обычно не один, а несколько видов или продуктов питания. Таким образом, можно говорить о пищевых сетях. Благодаря их существованию и сложности выпадение какого либо вида, как правило, не нарушает равновесия в экосистеме.

- *энергетическая структура; экологические пирамиды:*

Существование жизни на Земле обусловлено круговоротом вещества и энергии. Этот так называемый биогенный круговорот важнейшая функция любого биогеоценоза. Его характер определяют изменения биомассы, структуры биогеоценоза, химизма среды. Однако, вещества, переходя с одного трофического уровня на другой, высвобождаясь и вновь включаясь в состав живого вещества, частично исключаются из круговорота. В результате на Земле происходит накопление органических соединений в виде залежей полезных ископаемых (торф, уголь, нефть, газ, горючие сланцы). Биогенный круговорот веществ принял определенный характер с появлением зеленых растений, осуществляющих процесс фотосинтеза. Солнечная энергия, полученная растением, лишь частично используется в процессе фотосинтеза углеводов. Фиксированная в углеводах энергия представляет собой валовую продукцию биогеоценоза. Углеводы идут на построение протоплазмы и рост растений, причем часть их энергии затрачивается на дыхание. Определенный объем созданных продуцентами веществ служит кормом фитофагов,

остальные в конце концов отмирают и перерабатываются редуцентами. Корм, ассимилированный фитофагами лишь частично используется для образования их биомассы. В основном он растрачивается на обеспечение энергией процессов дыхания и в некоторой степени выводится из организмов в виде экскрементов. Консументы второго порядка – хищники не истребляют всю биомассу своих жертв, а из съеденной пищи лишь часть используется на создание биомассы их собственного трофического уровня. Остальная же часть также затрачивается на энергию дыхания, теплоотдачу, выделяется с экскрементами. Таким образом, поток энергии, выраженный количеством ассимилированного в цепи питания вещества, уменьшается на каждом трофическом уровне.

Биологическая продуктивность – это воспроизведение биомассы растений, животных и микроорганизмов, входящих в состав биогеоценоза.

Поток энергии, заключенный в пище, в экосистеме (биогеоценозе) осуществляется направленно от автотрофов к гетеротрофам. На первом трофическом уровне зелеными растениями поглощается около 50% солнечной энергии. Часть этой энергии в процессе фотосинтеза преобразуется в энергию химических связей, - это **валовая первичная продукция**. Большая часть поглощенной растениями, но не усвоенной энергии, рассеивается в окружающую среду в виде тепловой энергии. Часть органических веществ окисляется, а высвобождающаяся энергия расходуется на поддержание метаболических процессов. В конечном счете, эта энергия также рассеивается в виде тепла. Оставшаяся часть новообразованных органических веществ составляет прирост биомассы и называется **чистой первичной продукцией**. В чистую первичную продукцию превращается только 1% поглощенной растением энергии. До второго трофического уровня доходит только часть чистой первичной продукции. Та часть, которую ассимилировали консументы, частично тратится на дыхание, частично выделяется с экскрементами, а остальное накапливается в виде **вторичной продукции**. Вторичная продукция на каждом последующем трофическом уровне консументов составляет около 10% предыдущей. В результате, чем длиннее пищевая цепь, тем меньше остается к ее концу накопленной в органическом веществе энергии. Отсюда, число трофических уровней никогда не бывает слишком большим.

Пищевые цепи можно представить в виде экологических пирамид. Различают три основных типа пирамид: **пирамида чисел** – отражает уменьшение численности организмов от продуцентов к консументам; **пирамида биомасс** – показывает изменение биомасс на каждом последующем трофическом уровне; **пирамида энергии** – имеет универсальный характер, и отражает уменьшение количества энергии, содержащейся в продукции, создаваемой на каждом следующем трофическом уровне.

Основание пирамиды образуют растения – продуценты. Над ними располагаются фитофаги. Следующее звено представлено консументами второго порядка. И так далее до вершины пирамиды, которую занимают

наиболее крупные хищники. Высота пирамиды обычно соответствует длине пищевой цепи. И поскольку на верхние этажи пирамиды энергия доходит в очень малых количествах, цепь редко состоит более чем из 5-6 звеньев.

Ю. Одум сделал расчеты потока энергии от звена к звену в упрощенной теоретической экосистеме, сведя ее к одной примитивной цепи, функционирующей в течение года. Он рассуждал следующим образом. Допустим, имеется посев люцерны на площади в 4 га. На этом поле кормятся телята (предполагается, что они едят только люцерну), а телятиной питается 12-летний мальчик. Результаты расчетов представленные в виде трех пирамид – численности, биомассы и энергии, свидетельствуют, что люцерна использует всего 0,24% всей падающей на поле энергии, из которой 8% приходится на телят; 0,7% энергии, накопленной телятами, расходуется на рост и развитие мальчика 12 лет. Схема, в целом, дает представление о масштабах снижения коэффициента полезного действия по мере перехода от основного звена в пирамиде к ее вершине: из всей солнечной энергии, падающей на 4 га люцернового поля, лишь немногим больше миллионной части ее хватает на пропитание мальчика в течение года (приведено по В.А. Радкевич, 1997). При оценке коэффициента усвоения энергии в пищевых цепях часто используют «число Линдемана»: с одного трофического уровня на другой в среднем передается 10% энергии, а 90% рассеивается. Однако это «число» чрезмерно упрощает и даже искажает реальную картину. Закон «10%» действует только при переходе энергии с первого трофического уровня на второй, да и то не во всех случаях. Эффективность усвоения энергии в следующих звеньях пищевой цепи – от фитофагов к зоофагам или к хищникам высших порядков – может достигать 60%. Поведение энергии подчиняется действию первого и второго законов термодинамики:

Первый закон – о сохранении количества энергии при переходе ее из одной формы в другую. Энергия поступает в систему извне с солнечным светом и усваивается продуцентами. Далее она частично используется консументами и симбиотрофами, частично редуцентами, и частично затрачена на дыхание. Если суммировать все эти фракции расхода энергии, то сумма будет равна той потенциальной энергии, которая накоплена при фотосинтезе.

Второй закон – о неизбежности рассеивания энергии при переходе ее из одной формы в другую. В соответствии с этим законом энергия теряется при ее передаче по пищевым цепям. В наиболее общем виде эти потери отражает «число Линдемана» (приведено по Б.М. Миркин, Л.Г. Наумова, 2005).

- *сукцессии:*

Сукцессии – это поступательные изменения в биоценозе, в конечном счете, приводящие к смене одного сообщества другим. Сукцессии выражаются в изменении видового состава и структуры сообщества. Ряд сменяющихся друг друга в сукцессии сообществ называется *сукцессионной серией*. По генезису сукцессии подразделяют на: *природные и антропогенные, аутогенные и аллогенные*.

Антропогенные сукцессии обусловлены деятельностью человека. Природные сукцессии происходят под воздействием естественных сил.

Аутогенные сукцессии (самопорождающиеся) возникают вследствие внутренних причин. Они представляют собой постепенные изменения экосистемы под влиянием жизнедеятельности ее биоты. Меняется состав видов и функциональные параметры экосистемы в направлении формирования равновесного с климатом устойчивого состояния – климакса. Все эти сукцессии можно подразделить на:

-*первичные автотрофные*, начинающиеся с нуля, т.е. в условиях, где практически не было жизни;

-*вторичные автотрофные (восстановительные)*, которые начинаются после полного или частичного разрушения экосистемы под влиянием нарушений, либо после прекращения процесса аллогенных сукцессий;

-*гетеротрофные (деградационные)*, в которых последовательно сменяют друг друга группы детритофагов и редуцентов и связанных с ними хищников и паразитов.

Аллогенные сукцессии вызваны внешними причинами. Эти сукцессии продолжаются до тех пор, пока действует внешний фактор, например меняется климат. Как только это действие прекращается, начинается вторичная восстановительная сукцессия.

В результате сукцессий возникают новые «ансамбли» видов. Эволюция экосистем, однако может быть не только прогрессивной, сопровождающейся усложнением состава экосистемы, но и регрессивной, при которой происходит обеднение состава биоты экосистемы.

В зависимости от субстрата, на котором возникает сукцессия, различают **Первичные и Вторичные сукцессии**. Первичные сукцессии развиваются там, где ранее не было живых организмов (вулканические острова, оползни, голые скалы, сыпучие пески). Вторичные сукцессии происходят на месте, где ранее уже существовало какое либо сообщество. Возникают они после нарушений в системе (пожар, вырубка, ураган). Сукцессионные изменения происходят до тех пор, пока не сформируется стабильная экосистема. Сообщество находящееся в равновесии с окружающей средой называется **климаксным**. Учение о равновесном состоянии экосистем было разработано американским экологом Ф. Клементсом. Клементс считал, что в любом географическом районе с одним типом климата есть только один тип экосистемы, который максимально соответствует этому климату. Например, в биоме тайги Восточной Европы это еловый лес. Позже сформулированные Клементсом представления претерпели ряд уточнений. Так, А. Тенсли и А. Найколсон показали, что в одном районе может сформироваться не один, а несколько климаксов, т.е. будут различными экосистемы формирующиеся при сукцессиях зарастания скал, озер, песков, суглинков и т.д. Концепция моноклимакса, сменилась на концепцию поликлимакса. Было также уточнено, что климакс – это не обязательно самая продуктивная и богатая видами экосистема. Как правило, максимальным богатством характеризуются «предклимаксовые» серийные экосистемы. Сукцессия не

является четко детерминированным процессом – приход и уход видов может происходить в разной очередности, к тому же некоторые виды вообще могут не участвовать в конкретной сукцессии.

Изменения экосистем могут быть **циклическими**: **суточными** (связанными с биоритмами, например, с жизнедеятельностью дневных и ночных животных); **сезонными** (обусловленными жизненными циклами животных и растений, например с миграциями, листопадом); **многолетними** (зависящими от климатических особенностей года, от динамики численности того или иного вида).

Разнообразие природных экосистем

Типы по источнику энергии		Типы по влиянию человека	
		<i>естественные</i>	<i>антропогенные</i>
автотрофные	фотоавтотрофные	Тундры, болота, степи, леса, луга, озера, моря	Агроценозы, лесопосадки, морские «огороды»
	хемоавтотрофные	Экосистемы подземных вод и рифтовых зон	-
гетеротрофные		Экосистемы высокогорных ледников, океанических глубин и темных пещер	Города и промышленные предприятия, очистные сооружения, рыбопроизводные пруды, плантации шампиньонов и др.

В основе классификации для наземных экосистем лежит тип естественной (исходной) растительности; для водных экосистем – гидрологические и физические особенности:

Наземные экосистемы:

1. тундра: арктическая и альпийская;
2. бореальные хвойные леса (тайга);
3. листопадный лес умеренной зоны (широколиственные леса);
4. степь умеренной зоны;
5. чапарраль (районы с дождливой зимой и засушливым летом);
6. тропические злаковники (графленд) и саванна;
7. пустыня: травянистая и кустарниковая;
8. полувечнозеленый сезонный (листопадный) тропический лес (районы с выраженными влажным и сухим сезонами);
9. вечнозеленый тропический дождевой лес.

Пресноводные экосистемы:

1. лентические (стоячие воды): озера, пруды, водохранилища;
2. лотические (текучие воды): реки, ручьи, родники и др.;
3. заболоченные угодья: болота, марши (приморские луга);

Морские экосистемы:

1. открытый океан (пелагическая экосистема);
2. воды континентального шельфа (прибрежные воды);
3. районы апвеллинга (плодородные районы рыболовства);
4. эстуарии (бухты, проливы, устья рек, лиманы);
5. глубоководные рифтовые зоны.

Кроме основных типов природных экосистем (**биомов**) различают переходные типы – **экотоны** (лесотундра, лесостепь, полупустыня) (приведено по Ю. Одум, 1986; И. Щукин, 2004; Б. Миркин, Л. Наумова, 2005).

Урбоэкосистемы и агроценозы

Сельскохозяйственные экосистемы занимают около 1/3 территории суши, при этом 10% - это пашня, а остальное естественные кормовые угодья. Для того, чтобы управлять агроценозом, человек затрачивает антропогенную энергию – на обработку почвы, на полив, на внесение удобрений и химических средств защиты растений, на обогрев животноводческих помещений, и т.п. Управление может быть интенсивным (высокое вложение энергии) и экстенсивным (низкие вложения энергии). Однако даже при интенсивной стратегии управления доля антропогенной энергии в энергетическом бюджете экосистемы составляет не более 1%.

Отличиями агроценозов от биоценозов являются:

1. малое видовое разнообразие;
2. короткие цепи питания;
3. неполный круговорот веществ;
4. антропогенная энергия, а не только энергия Солнца;
5. искусственный отбор;
6. отсутствие полной саморегуляции.

Городские экосистемы или урбоэкосистемы – это гетеротрофные антропогенные экосистемы. В отличие от агроценозов в них нет элементов саморегуляции. Для урбоэкосистем характерны следующие особенности:

1. зависимость, т.е. необходимость постоянного поступления ресурсов и энергии;
2. неравновесность, т.е. невозможность достижения экологического равновесия;
3. аккумуляция твердого вещества за счет превышения его ввоза в город над вывозом (примерно 10:1). Сегодня это ведет к увеличению массы строений и площади полигонов для хранения бытовых и промышленных отходов.

Ю. Одум назвал города «паразитами биосферы». В составе города можно выделить следующие территории: промышленные зоны; жилые зоны; рекреационные зоны, и транспортные системы и сооружения. На каждого горожанина работает от 1 до 3 га агроценозов. Идеальным вариантом городских экосистем являются «экосити» – небольшие, до 50-100 тыс. человек, хорошо озелененные города.

Лекция № 7

Тема: Строение и свойства биосферы.

- 1.1. Общая характеристика биосферы, ее свойств и границ.
- 1.2. Взгляды В.И. Вернадского на сущность биосферы и ноосферу.
- 1.3. Типы вещества биосферы.
- 1.4. Функции живого вещества.
- 1.5. Гипотезы происхождения биосферы.
- 1.6. Воздействие человека на природу и важнейшие экологические проблемы современности (деградация биоты; кислотные дожди; разрушение «озонового слоя»; парниковый эффект; радиоактивное загрязнение среды).
- 1.7. Некоторые проблемы региональной экологии (на примере Урала и Свердловской области).

В 1875 году австрийский геолог Э. Зюсс для обозначения оболочки Земли, образованной совокупностью живых организмов, предложил использовать термин **«биосфера»**. Несколько позже известный русский ученый В.В. Докучаев сформулировал представление о влиянии живых существ на протекающие в природе процессы; он также показал зависимость процесса почвообразования от совокупного взаимодействия элементов неживой природы и живых существ. Основы учения о биосфере были изложены в книге «Биосфера» еще одним русским ученым академиком В.И. Вернадским в 1926 году; он же в 1944 году дал представление о переходе биосферы в такое ее состояние, когда развитие последней будет управляться разумом человека. Сам термин «сфера разума» - **«ноосфера»** - был предложен Э. Леруа (1927) и П. Тейяром де Шарденом (1930). Содержание термина **«ноосфера»** сегодня означает сферу разума, как высшую стадию развития биосферы, когда разумная человеческая деятельность становится главным, определяющим фактором ее развития. В.И. Вернадский считал, что на стадии ноосферы человек выступает как мощная геохимическая сила, преобразующая лик Земли. В то же время Вернадский видел противоречивость отдельных положений концепции о ноосфере (например, то что касается наиболее острых проблем человечества и невозможности их решить не только в текущий момент, но и в недалеком будущем). Ю. Одум считал, что несмотря на огромные возможности и способности человеческого разума к управлению природными процессами, тем не менее еще рано говорить о ноосфере, так как человек не может предугадать все последствия своих действий. Ряд ученых, например, Куражковский (1992) полагают, что правильнее говорить в настоящее время о существовании начальных стадий развития ноосферы (протоноосферы). Сегодня считают, что для изучения ноосферной стадии эволюции биосферы надо применять математическое моделирование, которое поможет нам предугадать результаты последствий антропогенного воздействия на биосферу. В этой связи любопытен 2-х летний проект американцев «Биосфера-2», осуществленный в Аризоне. На

площади 200 тыс. м³ под прозрачным покрытием около 16 м² были размещены различные биомы: влажные тропические леса, саванна, пустыня, болото, океан, агроценозы, люди (8 тыс. человек). Так, в системе влажного тропического леса было задействовано 300 видов; в саванне помимо акаций было размещено 35 видов злаковых и бобовых; была воспроизведена экосистема кораллового рифа с моллюсками и креветками. В комплекс были введены хищники, обезьяны, земноводные. В агроценозах имелись рисовые чеки и посадки зерновых. Этот эксперимент позволил смоделировать особенности биогеохимических циклов биофильных элементов (азота, фосфора, серы); изучить круговорот диоксида углерода (всего 4 дня). Но в то же время он выявил существенные нарушения «биосферного» равновесия в комплексе: повышенное содержание CO₂; уменьшение содержания кислорода с 21 до 16%; гибель некоторых видов растений и животных; недостаточную продуктивность в агроценозах. Подобный, но в меньших масштабах, эксперимент был осуществлен в институте биофизики в СО РАН. В аппарате «Биос-3» (объемом 300 м³) ученые выращивали с/х урожай, убирали и перерабатывали его. В результате экспериментов было установлено, что в целом система жизнеобеспечения, основанная на биологическом круговороте возможна, но нуждается в дальнейших разработках. Такие малые искусственные ноосферные модели смогут послужить для разработки принципов природопользования (приведено по В.А Вронскому, 1996).

Основные признаки превращения биосферы в ноосферу:

1. Возрастает количество механически извлекаемого материала земной коры. Геохимическая деятельность человека становится сравнимой по масштабам с биологическими и геологическими процессами. Резко возрастает в геологическом круговороте денудация;
2. Наблюдается массовое потребление продуктов фотосинтеза прошлых геологических эпох (нефти, газа, каменного угля);
3. Происходит рассеивание энергии, в отличие от ее накопления в биосфере до появления человека. Как следствие – энергетическое загрязнение биосферы;
4. Образуются в больших количествах вещества, ранее в биосфере отсутствующие (чистые металлы, пластмассы и др.). В результате наблюдается химическое загрязнение биосферы, ее металлизация, загрязнение промышленными и бытовыми отходами;
5. Создаются трансурановые элементы (плутоний и др.). Возникает угроза загрязнения биосферы отходами ядерной энергетики;
6. Расширяются границы ноосферы за пределы Земли в связи с существованием космических кораблей и спутников.

Биосфера – оболочка Земли, которая населена и активно преобразуется живыми организмами. Согласно В.И. Вернадскому состав, структура и свойства биосферы определяются не только настоящей, но и прошлой деятельностью живых организмов.

Границы биосферы проходят по нижней части атмосферы (до высоты озонового экрана 15-25 км), включают верхние слои литосферы (100 м – 2-6 км) и доходят в гидросфере до океанического дна (до дна Марианской впадины, приблизительно до глубины 11 км). Границы биосферы достаточно условны.

Свойства биосферы проявляются через ее ***целостность и дискретность, централизованность, ритмичность, устойчивость и саморегуляцию, горизонтальную зональность и высотную поясность, круговороты вещества и высокое биоразнообразие.***

Целостность выражается в взаимосвязи слагающих биосферу компонентов за счет круговоротов вещества и энергии; дискретность в том, что биосфера это качественно новое образование, обладающее своими особенностями, и развивающееся как единое целое. Центральным звеном биосферы является живое вещество (экоцентризм), а не человек (антропоцентризм). Биосфера способна гасить, по принципу Ле-Шателье, возникающие возмущения (вулканическую активность, землетрясения, изменение климата, смену растительных зон). В биосфере существуют ритмы различной продолжительности (суточные, сезонные, годовые, многолетние – 11, 22, 90-летние). Биосфера открытая система, она существует за счет притока энергии от Солнца. Горизонтальная зональность проявляется в смене географических поясов от экватора к полюсам, - она объясняется уменьшением количества солнечного тепла благодаря шарообразной форме планеты и неодинаковому углу падения солнечных лучей (на экваторе под прямым углом, у полюсов – по касательной). Природные зоны выделяют по господствующему типу растительности, которая распределяется внутри поясов в зависимости от соотношения тепла и влажности. Высотная поясность обусловлена изменением климата с высотой (на каждые 100 м температура падает на 0,6° и увеличивается количества осадков до высоты 2-3 км). Биоразнообразие на Земле характеризуется более чем 2 миллионами видов (каждый из которых имеет общую продолжительность около 10-30 млн лет).

Биосфера включает следующие типы вещества:

1. **Живое вещество** – образовано совокупностью живых организмов;
2. **Биогенное вещество** – создается и перерабатывается в процессе жизнедеятельности организмов (газы атмосферы, каменный уголь, нефть, сланцы, известняки и т.д.);
3. **Косное вещество** – объекты, образующиеся в результате процессов не связанных с деятельностью живых организмов (продукты тектонической деятельности – магматические и метаморфические породы, метеориты, некоторые осадочные породы);
4. **Биокосное вещество** – тела представляющие собой результат совместной деятельности живых организмов и абиогенных процессов (почва, кора выветривания).
5. **Радиоактивное вещество** – атомы радиоактивных элементов, например уран, торий, радий, радон, углерод ^{14}C , и др.

6. **Атомы веществ рассеянных в природе** – отдельные атомы элементов, встречающиеся в природе в рассеянном состоянии: молибден, кобальт, цинк, медь, золото и др.
7. **Вещество космического происхождения** – вещество, поступающее на Землю из космоса (метеориты, космическая пыль).

Живое вещество планеты обладает уникальными свойствами. Нет ни одного элемента из таблицы Менделеева, который бы отсутствовал в живых системах. Эволюция видов в природе идет в направлении, усиливающем биогенную миграцию химических элементов. Живые организмы все шире распространяются по планете, стимулируя перераспределение энергии и вещества.

Все разнообразие живых организмов сегодня заключено в термин «биоразнообразие». Чаще понятие «биоразнообразие» в науке и естественнонаучном образовании используют при характеристике множества видов животных, растений, грибов и микроорганизмов, сосуществующих ныне на Земле и населяющих все среды жизни: водную, наземно-воздушную, почвенную и организменную. Согласно представлениям зарубежных и российских ученых-биологов биоразнообразие живых существ – это результат очень длительного процесса эволюции. Ключом к его пониманию служат данные палеонтологической летописи. Они свидетельствуют о том, что в течение всей истории Земли на ней появлялись, переживали время своего расцвета и вымирали многие виды живых существ. Если учесть, что возраст планеты составляет примерно 4,5 млрд. лет, а продолжительность существования биосферы насчитывает 3,85 млрд., то становится понятным утверждение палеонтологов, считающих, что количество видов живых организмов, ныне населяющих Землю, составляет только тысячную долю от общего числа видов, обитавших на планете за весь прошедший период со времени возникновения жизни. Но и сегодня, грандиозны масштабы биоразнообразия живых существ. Они составляют несколько миллионов видов организмов, входящих в состав четырех царств: царства Бактерий (*Bacteria*, *Bacteriobionta*); царства Растений (*Plantae*, *Phitobiota*, *Vegetabilia*); царства Животных (*Animalia*, *Zoobionta*) и царства Грибов (*Fungi*, *Micobionta*, *Mycota*). *(В ряде учебников зарубежных авторов, например, в книге «Введение в биологию» Памелы Кемп и Карена Армса (1988), выделяется пять царств: Бактерий или Монер; Протистов; Растений; Животных и Грибов. Некоторые авторы, в частности Б.М. Медников (1994) считают возможным объединять в отдельное царство (*Vira*) все виды вирусов; другие, например С.И. Колесников (2004) приводит 2 классификации царств, в одной из которых фигурирует царство Архебактерии и царство Прокариотические водоросли, а во второй царство Дробянки, которое включает в себя три подцарства: Бактерии, Архебактерии и Цианобактерии). Отечественные и зарубежные биологи полагают, что сегодня на планете обитает свыше одного миллиона видов животных; около половины миллиона видов растений; более 70 тысяч видов грибов и лишайников и около 12 миллионов видов бактерий

и цианобактерий (Медников, 1994; и др.). Общеизвестно, что видовое разнообразие – это важнейший показатель состояния биосферы и составляющих ее экосистем. Поэтому в настоящее время биологи и экологи во всех странах мира путем регулярного проведения инвентаризации видового разнообразия флоры и фауны пытаются осуществлять контроль и принимать действенные меры по сохранению биоразнообразия растительного и животного мира отдельных территорий, регионов, стран, континентов и всей планеты в целом.

Как возникло биоразнообразие? Этот вопрос возникает из проблемы происхождения жизни на Земле. В.И. Вернадский был сторонником **гипотезы стационарного состояния**, которая заключалась в положении о том, что жизнь существовала всегда и будет существовать вечно. Кроме этой гипотезы на сегодняшний день существуют следующие:

1. **Креационизм** – жизнь создана богом;
2. **Панспермия** – жизнь на нашу планету занесена из космоса, например, на метеоритах;
3. **Самозарождение** – новые виды возникают благодаря перерождению старых, в том числе и из неживой материи – единственная гипотеза опровергнутая начиная с опытов Ф. Реди и заканчивая разработками Л. Пастера;
4. **Абиогенный синтез** – возможность зарождения живого из неживого в бескислородной атмосфере Земли, с последующей биохимической эволюцией. В 1953 г С. Миллер (США) в лаборатории получил аминокислоты при нагревании морской воды в запаянной колбе. Причем в процессе кипячения пары воды пропускались в стеклянную трубку, сначала подвергавшуюся воздействию электрических разрядов, имитирующих молнии, а затем охлаждавшейся, за счет вмонтированного холодильника. Сегодня опыт Стенли Миллера можно повторить, что доказывает возможность подобного процесса. Однако как далее из отдельных аминокислот появилась клетка и пусть самые примитивные, но организмы? На этот вопрос пытались дать ответ ученые разных стран на протяжении всего XX века:

В 1924 году А.И. Опарин предположил возможность образования в первичном океаническом бульоне - коацерватов – белково-липидных капель; Э. Геккель (1909) говорил о «голобиозе» - первичном единовременном возникновении клеток; А. Минчин (1915) предполагал первичность хроматина в теории «генобиоза»; П. Деккер (1970) ввел термин «биоид», под которым понимал структуру способную к эволюции, подверженную мутациям и приобретающую все новые биты информации; М. Эйген (80-е годы XX века) считал возможным существование «спаренных циклов» или «гиперциклов» - комплекса нуклеиновых кислот и белка, который позже В.А. Ратнером (1986) был назван молекулярно-генетической системой управления (МГСУ).

К свойствам живого вещества биосферы можно отнести следующие (по Н.А. Воронкову, 1997):

А/. Способность быстро занимать все свободное пространство («всюдность жизни»);

Б/. Движение не только пассивное, но и активное (например, против ветра, против силы тяжести);

В/. Устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти (образовавшаяся органика и неорганическое вещество включаются в круговороты);

Г/. Адаптации (высокая приспособляемость к среде обитания за счет морфологических, физиологических и этологических изменений, выработавшихся у организмов в процессе эволюции). Адаптации могут осуществляться *активным путем* – за счет усиления сопротивляемости и развития регуляторных процессов, позволяющих осуществлять все жизненные функции, несмотря на отклонение фактора от оптимума; *пассивным путем*, через подчинение жизненных функций организма изменению факторов среды, например впадение в анабиоз; и через *избегание неблагоприятных воздействий*, например, используя сезонные миграции.

Д/. Высокая скорость протекания реакций;

Е/. Высокая скорость обновления живого вещества (составляет в среднем для всей биосферы 8 лет).

Функции живого вещества по А.В. Лапо (1987):

1. **Энергетическая** (состоит в том, что благодаря фотосинтезу возможно создание органического вещества и последующая передачи энергии в виде органического вещества по пищевым сетям в экосистеме);
2. **Деструктивная** (состоит в разложении и минерализации мертвого органического вещества редуцентами-деструкторами; в химическом разложении горных пород и минералов, и в последующем вовлечении образовавшихся элементов в биотический круговорот);
3. **Концентрационная** (заключается в избирательном накоплении при жизнедеятельности организмов атомов веществ рассеянных в природе. Активной способностью концентрировать элементы из разбавленных растворов отличаются микроорганизмы);
4. **Средообразующая** (основана, на создании одними организмами среды обитания для других, заключается в трансформации физико-химических параметров среды в условия благоприятные для жизни).

Выделяют также:

5. **Газовую функцию** (способность изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом);
6. **Окислительно-восстановительную** (состоит в окислении и восстановлении различных веществ с помощью живых организмов, например, образуется сероводород, лимониты, минеральная сера и т.д.);
7. **Транспортную** – перенос вещества и энергии в результате активной формы движения организмов;
8. **Рассеивающую** – рассеивание вещества в окружающей среде, - проявляется через трофическую и транспортную функции организмов;

9. **Информационную** – накопление живыми организмами информации, закодированной в наследственных структурах: ДНК и РНК, и передача последующим поколениям.

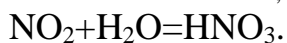
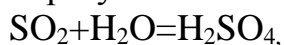
10. **Биогеохимическую деятельность человека** – превращение, добыча и перемещение вещества на расстояния от мест их производства или добычи.

Антропогенные воздействия привели к частичной деградации многих наземных экосистем, особенно в умеренных широтах Северного полушария.

Деградация ландшафта – это результат необратимых изменений, полностью разрушающих его структуру, причем выражается это в потере ландшафтом способности выполнять ресурсо- и средовоспроизводящие функции. В современных условиях деградация ландшафтов чаще происходит в результате неконтролируемой деятельности человека. Деградация ландшафта включает деградацию биоты, и деградацию биотопа. Так, деградация и уничтожение влажных тропических лесов влечет многие неблагоприятные последствия: снижение биологической продуктивности в целом, уменьшение генофонда растений и животных, нарушения глобальных биогеохимических циклов. Деградация в высоких широтах, например на Кольском полуострове происходит в результате сильного загрязнения окружающей среды соединениями серы и тяжелыми металлами от крупных промышленных центров (ПО «Апатит» и «Североникель»). Особенности антропогенного загрязнения окружающей среды лучше всего видны в крупных промышленных регионах. Рассмотрим их ниже на примере Урала.

Кислотные дожди – это любые осадки – дожди, туманы, снег, - кислотность которых выше нормальной. К ним также относят выпадение из атмосферы сухих кислых частиц, называемых также кислотными отложениями. На обширных территориях Европы и США выпадают осадки, кислотность которых превышает нормальную в 10-1000 раз. Кислотные свойства (кислый вкус и разъедание металлов) обусловлены присутствием чрезвычайно активных ионов H^+ , т.е. атомов водорода без электронной оболочки. Кислотой считается любое химическое вещество, высвобождающее при растворении в воде ионы водорода. Чем больше концентрация водородных ионов в растворе, тем выше его кислотность. Реальная кислотность ионов водорода выражается в единицах водородного показателя, или рН. Шкала рН строится от 0 (крайне высокая кислотность), через точку 7 (нейтральная среда), до 14 (крайне высокая основность). В точке рН=7 концентрация ионов водорода составляет 10^{-7} (0,0000001) г/л. Значение рН измеряют с помощью рН-метра или индикаторной бумаги. Бумага содержит пигменты, легко отдающие или присоединяющие ионы водорода в зависимости от рН среды и меняющие при этом цвет. Полоску индикаторной бумаги опускают в раствор и сверяют ее цвет с прилагаемым эталоном. У нормального дождя рН=5,6, т.е. он слабокислотный, т.к. растворяясь в воде углекислый газ образует слабую кислоту. Кислотными называют осадки с рН 5,5 и ниже. Химический

анализ кислотных осадков показывает присутствие серной (H_2SO_4) и азотной (HNO_3) кислот. Обычно кислотность на две трети обусловлена первой из них и на одну треть – второй. Известно, диоксид серы и оксиды азота образуются при сжигании топлива. При соединении с парами воды эти соединения образуют кислоты:



Вымывая из атмосферы эти кислоты, осадки становятся кислотными. Сильные дожди обычно менее кислотные, так как воды в них больше. Сегодня кислотные осадки связаны прежде всего с работой угольных электростанций, транспорта и промышленных предприятий. Влияние кислотных осадков на экосистемы было отмечено только около 50 лет тому назад. Впервые это было сделано для озер Швеции и Канады (провинция Онтарио), где рыбаки заметили резкое сокращение популяций рыбы. Шведские ученые первыми отметили, что все дело в повышении кислотности воды, и связали ее с ненормально низкими значениями рН осадков. Значение рН среды чрезвычайно важно, так как от него зависит деятельность ферментов, гормонов, и ряда других соединений, регулирующих метаболизм, рост и развитие организма. На крупные виды небольшие изменения значения рН среды могут не оказывать сильного влияния, т.к. кожа оказывает барьерную функцию и имеется метаболизм, поддерживающий внутренний рН на должном уровне. Однако, икра и молодь водных обитателей защищены недостаточно. При изменении рН всего лишь на одну единицу они погибают. Обычно рН пресных водоемов составляет 6-7 единиц. В период таяния снегов кислотность в водоемах резко увеличивается, поскольку накопившиеся за зиму кислотные осадки устремляются в реки. Кислотные осадки могут просачиваться сквозь почву и выщелачивать алюминий и тяжелые металлы. Обычно присутствие этих элементов в почве не создает проблем, так как они связаны в нерастворимые соединения и, следовательно не поглощаются организмами. Однако при низких значениях рН их соединения растворяются, становятся доступными и оказывают сильное токсичное воздействие как на растения, так и на животных. Например, алюминий, попадая в озера вызывает аномалии развития и гибель эмбрионов рыб, далее гибнут личинки насекомых, исчезают птицы ими питающиеся и, даже пропадают береговые млекопитающие животные, добывающие корм из воды. Кислотные осадки являются причиной гибели растительных сообществ. Кислоты попадая на лист, вызывают нарушения воскового налета и последующее повреждение эпидермиса, что способствует более быстрому повреждению листьев вредителями, грибами и патогенами. Через поврежденные листья испаряется больше влаги в период засух. При подкислении среды могут мобилизоваться кроме алюминия ртуть и свинец, которые действуя как синергисты, еще быстрее вызывают гибель деревьев. Ученые считают. Что можно сократить количество кислых осадков. Если это будет сделано хотя бы на 50%, то можно будет остановить дальнейшее подкисление окружающей среды. Что можно сделать? Ответ: заменить

топливо на низкосернистый уголь; перевести электростанции с угля на другие виды топлива; ставить скрубберы – жидкие фильтры; заниматься энергосбережением.

Озоновые дыры – это истончение слоя озона и его неспособность задерживать ультрафиолетовое излучение. Ультрафиолетовые лучи проникая через атмосферу поглощаются тканями живых организмов, - при этом могут разрушаться молекулы белка и ДНК. Если бы все ультрафиолетовое излучение достигало поверхности земли, то вряд ли бы на ней до сих пор существовала жизнь. Большая часть ультрафиолетового излучения (до 99%) поглощается слоем озона в стратосфере на высоте около 25 км от поверхности земли. Этот слой и называют озоновым экраном. По сути экран это тонкая пленка до 4 см толщиной опоясывающая землю. К сожалению, некоторые антропогенные загрязнения разрушают озон (O_3). Озон есть и в нижних и в верхних слоях атмосферы. Но слои не перемешиваются, и поэтому озон – как загрязнитель в нижних слоях атмосферы, и как существенный компонент стратосферы – совершенно разные вещи. Озон в стратосфере – продукт воздействия ультрафиолета (УФ) на молекулы кислорода (O_2). Некоторые молекулы могут распадаться на свободные атомы, а те в свою очередь могут присоединяться к другим молекулам кислорода с образованием озона. Однако весь кислород не превращается в озон, так как свободные атомы O , реагируя с молекулами озона, дают две молекулы O_2 . Таким, образом, количество озона в стратосфере представляет собой результат равновесия между этими двумя реакциями. Однако, ученые выяснили, что свободные атомы хлора катализируют процесс разложения озона. Большая часть хлора, используемого на земле, например для очистки воды, представлена водорастворимыми соединениями. Следовательно они могут вымываться из атмосферы осадками. ХФУ, в которых некоторые атомы водорода замещены хлором и фтором летучи и нерастворимы в воде. Они могут достичь стратосферы. Там они разлагаются, высвобождая атомарный хлор, который разрушает озон. Таким образом, ХФУ наносят ущерб, выступая в роли переносчиков атомов хлора в стратосферу. ХФУ используются в аэрозольных баллончиках; в холодильниках, кондиционерах, тепловых насосах как хладагенты. Их применяют при производстве пластмасс и в электронной промышленности для очистки компьютерных микросхем. ХФУ попадают в атмосферу. Первые «дыры» были обнаружены в озоновом экране над Южным полюсом. На огромной территории содержание озона сократилось на 50%. Частицы облаков, формирующиеся при очень низких температурах зимой, стимулировали высвобождение атомов хлора из ХФУ. Весной экран начал разрушаться активным хлором. В 1989 г подобные процессы были зафиксированы в Арктике. Было также установлено, что «дыры» могут смещаться. В 1985 году в Вене была подписана Конвенция о защите озонового слоя, которая к 1992 году ратифицирована 82 государствами. В 1986 г в рамках Программы по окружающей среде, в Монреале удалось подписать соглашение о сокращении производства ХФУ

на 50%. В дальнейшем планируется найти замену ХФУ, и полностью отказаться от их производства.

Парниковый эффект – резкое потепление климата, вызванное увеличением содержания в атмосфере углекислого газа. Световая энергия проникает сквозь атмосферу, поглощается поверхностью земли, преобразуется в ее тепловую энергию и выделяется в виде инфракрасного излучения. Однако углекислый газ в отличие от других природных компонентов атмосферы его поглощает. При этом он нагревается и в свою очередь нагревает атмосферу в целом. Значит, чем больше в ней углекислого газа, тем больше инфракрасных лучей будет поглощено, тем теплее она станет. Температура и климат, к которому мы привыкли, обеспечивается концентрацией углекислого газа в атмосфере на уровне 0,03%. Теперь мы увеличиваем эту концентрацию, и намечается тенденция к потеплению климата. Климат менялся и раньше. Но тогда изменения были постепенными. Сейчас же потепление происходит очень быстро, что приведет неминуемо к повышению уровня моря на 1,5 м, к подтаиванию горных ледников и вечной мерзлоты, и освобождению при этом метана, к сокращению биоразнообразия в следствии сокращения суши и возможно к переселению народов. Изменится картина циркуляции атмосферы. В каких то районах количество осадков увеличится, а где-то еще более сократится. Источниками углекислого газа является сжигаемое топливо. Каждый год сжигается около 2 млрд. т. ископаемого топлива, значит в атмосферу попадает почти 5,5 млрд. т. углекислого газа. Еще 1,7 млрд. т. попадает туда же за счет вырубки тропических лесов и окисления гумуса. Усугубляют проблему другие газы, выбрасываемые человеком: метан, хлорфторуглероды (ХФУ), оксиды азота, поглощающие инфракрасное излучение в 50-100 раз сильнее, чем углекислый газ. Следовательно, хотя их содержание в воздухе значительно ниже они влияют на температурный режим планеты почти также. Если допустить существующие тенденции, то к 2050 г концентрация углекислого газа в атмосфере удвоится, что повлечет за собой потепление на 4-5⁰С. Что же можно сделать, чтобы предотвратить парниковый эффект? Следует: увеличить к.п.д. использования горючего на транспорте; разработать и внедрить бестопливные источники энергии; прекратить вырубать леса, особенно тропические; садить деревья и поддерживать биоразнообразие на планете (приведено по Б. Небелу, 1993).

Урал – старейший горнорудный район России. Развитие рудной базы, горнодобывающей и металлургической промышленности имеет почти 300-летнюю историю. Современное состояние региона напрямую связано с развитием промышленности и урбанизацией территории. На Урале горнорудная база имеет свою специфику, которая определяется особенностями минерального сырья, включающего также токсичные для биологических систем и человека элементы: медь, цинк, никель, ртуть, мышьяк и др. При многокомпонентности исходного сырья из-за несовершенства технологии добычи и переработки происходит извлечение лишь одного или нескольких составляющих. Остальные элементы, часто

наиболее токсичные для природной среды и человека, переходят на хранения в отвалы и так называемые хвостохранилища. Причем, в случае каких либо природных катаклизмов, например, паводковых наводнений, отстойники токсичных веществ способны вызвать настоящую экологическую катастрофу. В результате ориентации производства Урала на добычу сырья открытым способом изменяется гидрологический режим территории. Накапливаются огромные объемы пустых вскрышных пород, занимающих большие площади. Электростанции Среднего Урала, работают на привозном угле из Казахстана (Экибастуз), отличающегося высокой зольностью, и при его сжигании в котлах Рефтинской ГРЭС образующаяся пыль разносится на значительные от станции расстояния. Также огромные площади занимают гидро- и золоотвалы, отличающиеся токсичными субстратами. Рекультивационные работы – единственный способ, каким то образом, хотя бы через 2-3 сотни лет, вернуть эти территории в хозяйственное использование. Контроль за состоянием атмосферного воздуха в Свердловской области осуществляется Уральским территориальным управлением по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, располагающим 18 постоянными постами наблюдения за состоянием воздуха в 11 городах. Согласно официальным данным выбросы токсических веществ в атмосферу Урала в год составляют по свинцу более 7600 тонн, - это почти 60% всех выбросов России; меди поступает более 2 тонн – 34% от выбросов России; шестивалентного хрома – почти 200 тонн, и это составляет также более 60% от выбросов России. На Свердловскую область приходится 1/3 от этих выбросов, - это делает экологическую обстановку во всех индустриальных центрах крайне неблагоприятной. Основными загрязнителями воздуха в области являются предприятия металлургической промышленности (54% от общей суммы атмосферных выбросов) и энергетического комплекса (31,5%). К ним относятся следующие крупные предприятия: Рефтинская, Верхнетагильская, Серовская ГРЭС; Нижнетагильский металлургический комбинат; Высокогорское рудоуправление; Богословский алюминиевый завод; Среднеуральский медеплавильный завод, Красноуральский и Кировградский медеплавильные комбинаты. Из всех видов топлива, наиболее экологически опасным является каменный уголь.

Вклад в общее загрязнение воздушного бассейна Свердловской области различных отраслей промышленности региона

производства	% от общего загрязнения
Черная металлургия	33,6
Цветная металлургия	20,3
Электроэнергетика	25,5
Тепловая энергетика	6,0
Лесная и деревообрабатывающая промышленность	2,1

Химическая нефтеперерабатывающая промышленность	и	1,2
Машиностроение металлообработка	и	3,3
Прочие		8,0

Более половины всех атмосферных выбросов в городах Урала, особенно в Екатеринбурге (70%) приходится на долю автотранспорта.

Острая экологическая ситуация складывается и в водных экосистемах Урала. При таянии снега поверхностные воды выносят в основные водные артерии области большое количество токсических веществ, накопленных снегом за зимний период. Другой источник загрязнения поверхностных вод – регулируемые промышленные и бытовые сбросы. Пик токсической нагрузки в водных экосистемах отмечается в период летнего цветения водоемов. Это связано с широким использованием в сельском хозяйстве азотных удобрений, которые частично выносятся водами в водные системы, создавая условия для развития фитопланктона (если водоем питьевой, то качеству воды грозит серьезная опасность). Основные токсичные вещества, поступающие в водоемы, образуют два класса. Тяжелые металлы, к которым относятся химические элементы, имеющие высокий атомный вес (все они ядовиты, поскольку, поступая в организмы и взаимодействуя с молекулами ферментов, снижают их активность, что может привести к тяжелым заболеваниям). И, органические вещества синтетического происхождения (поступают в результате производства пластмасс, синтетического волокна, лакокрасочных покрытий, растворителей, пестицидов и т.п.). Многие из синтетических веществ близки по своему строению природным соединениям, поэтому легко поступая в живые организмы, они нарушают их нормальное функционирование, приводя к канцерогенному, тератогенному или мутагенному эффекту. Так, например, в загрязнении реки Исеть принимают участие два крупнейших города Свердловской области – Екатеринбург и Каменск-Уральский. Только очистные сооружения Екатеринбурга в 1995 году сбрасывали в реку 2090 т органических веществ, 5070 т взвешенных веществ, 150 т нефтепродуктов, 720 т азота и почти 100 т железа.

И в то же время, чтобы избежать еще большего поступления токсичных веществ в водоемы прибегают к основным приемам очистки и обезвреживания сточных вод:

1. охлаждение горячих стоков на градирнях, в бассейнах;
2. осаждение взвешенных веществ в специальных ловушках;
3. нейтрализация кислых стоков известью или таким природным материалом, как доломит;
4. биологическая очистка стоков, содержащих органические загрязняющие вещества животного и растительного происхождения;
5. применение специальных физико-химических методов нейтрализации промышленных стоков;

б. использование в промышленности замкнутых циклов водоснабжения, когда вода многократно участвует в технологическом процессе.

По данным Уральского управления по гидрометеорологии, почвы Екатеринбурга уже длительное время загрязняются металлами, превышающими фоновые уровни по хромю не менее чем в 7 раз, по меди в 4 раза, по цинку - в 3,5 раза. Максимальные концентрации хрома в почвах обнаружены в районе Уралмаша (в 26 раз больше фоновых); цинка и меди в районе Вторчермета (в 10 раз); кадмия – в районе ВИЗа (в 6 раз). Большие масштабы загрязнения связаны с тем, что зоны влияния некоторых промышленных предприятий достигают 20 км и более. Наибольшее загрязнение почвенного покрова в Уральском регионе наблюдается в: Нижнем Тагиле, Каменск-Уральском, Краснотурьинске, Кировграде, Ревде, Первоуральске, Екатеринбурге.

Во времена индустриализации уральские леса с их большими запасами спелой древесины сыграли огромную роль в хозяйстве бывшего СССР. Но уже с конца 70-х годов лесосырьевые возможности Урала стали резко сокращаться в связи с вырубкой наиболее ценных и доступных лесных массивов. Еще с 30-х годов XIX века на Урале стали прибегать к практике массового и целенаправленного искусственного возобновления лесов. И в целом, благодаря принятым мерам в количественном отношении состояние лесных ресурсов сегодня на Среднем Урале не вызывает особого беспокойства. Однако, восстанавливая леса (деревья в которых очень часто болеют), мы не восстанавливаем естественные экосистемы. Восстановленный лес напоминает поле пшеницы, где все колосья (деревья) одного возраста и высоты. К тому же в таком лесу абсолютно не выражено биоразнообразие присущее естественным экосистемам. Если процесс освоения территории Урала будет продолжаться с той же скоростью, что и сегодня, то коренные северотаежные леса исчезнут через 140 лет, южнотаежные – через 60 лет, среднетаежные – через 140 лет. Уральские ученые считают, что если будет прекращено антропогенное воздействие на леса, то восстановление коренных лесов в Свердловской области возможно только к 2145 году.

Радиоактивное загрязнение среды складывается из двух источников: естественных и искусственных. Радиоактивные вещества вошли в состав Земли с самого начала ее возникновения. Во всякой биологической ткани присутствует незначительное количество радиоактивных источников: калий-40, радий, торий. Наиболее весомым из всех источников естественной радиации можно считать газ радон – продукт распада радия-226. Облучению от естественных источников радиации подвергается каждый житель планеты. Одни, живущие в горных областях, где есть выходы на дневную поверхность магматических горных пород, получают большие дозы радиации, другие – жители равнин – меньшие. К радиационному воздействию относятся космические лучи, это внешняя радиация; с другой стороны естественные радиоактивные вещества могут находиться в воздухе, воде или пище. Попадая в организм, они становятся источником внутреннего облучения. На территории Свердловской области сосредоточено свыше 1000 локальных зон

с повышенной естественной радиоактивностью, вызванной урановой, ториевой, урано-ториевой породами. Выявлены 4 эколого-радио-геохимические зоны: Висимская, Тагильская, Мурзино-Камышловская и Алапаевско-Коптеловская. Они характеризуются повышенным уровнем естественной радиоактивности верхней части литосферы, подземных вод и повышенной концентрации радона и тория в почвенном воздухе. В 1996 году в области принята программа «Радон» по принятию мер для снижения облучения населения от природных источников. За последние 50 лет человечество подвергалось облучению от радиоактивных осадков в результате испытания ядерного оружия (1954-1958 и 1961-1962). Испытания проводили главным образом США и СССР. В 1963 году был подписан договор об ограничении испытаний ядерного оружия в атмосфере, под водой и в космосе. Основным вклад в облучение современного человека вносят два изотопа: стронций-90 и цезий-137. Источниками облучения сегодня выступают АЭС (в России их 9). В результате работы систем очистки воздуха на АЭС в атмосферу поступают только короткоживущие инертные радиоактивные газы, не представляющие собой опасности для населения. Однако, в случае аварии, например, такой как на Чернобыльской АЭС в 1986 году, облучению подверглось 19 областей и республик страны. Радиоактивные выпадения были отмечены в Европе. Урал не избежал радиоактивного загрязнения искусственным путем. В 1949 году на севере Челябинской области был осуществлен пуск первого в стране промышленного комплекса по выработке плутония и переработке отработанного радиоактивного материала, на базе которого впоследствии было создано производственное объединение «Маяк». Из-за несовершенства технологий и неправильном захоронении отходов в период с 1949 по 1952 годы осуществлялся сброс радиоактивных отходов в реку Течу, являющуюся частью речной системы Исеть-Тобол-Иртыш-Обь. Было сброшено около 2,7 млрд. кюри радиоактивности. В 1957 году там же произошел взрыв одной из емкостей для хранения жидких высокордиоактивных отходов и выброшено 20 млн кюри, из которых 2 млн кюри были рассеяны ветром в северо-восточном направлении на территории 1 тыс.км². Впоследствии эта авария была названа Восточно-Уральским радиоактивным следом (ВУРС). Еще одна авария на «Маяке» была в 1967 году. К этому времени основные сбросы осуществлялись в озеро Карачай. Из-за сильной засухи береговая полоса обнажилась и в течение двух недель было разнесено ветром около 600 кюри радиоактивных веществ. В составе загрязнения сегодня в зоне ВУРСа присутствуют долгоживущие изотопы стронций-90, цезий-137 и плутоний-239. В районе головной части ВУРСа сегодня создан Восточно-Уральский заповедник, - это единственный заповедник, который охраняется вооруженной охраной. Радиационная обстановка на Урале определяется также взрывом на Тоцком полигоне (в связи с испытанием ядерного оружия в нашей стране в 1954 году); деятельностью Белоярской АЭС в г. Заречном (длительной эксплуатацией Ольховского болота в качестве хранилища радиоактивных отходов); бывшими захоронениями моноцитовых песков в

пос. Озерном Режевского района; отходами производства редких металлов в пос. Двуреченске Сысертского района и др (приведено по В.Н. Большаков, Г.И. Таршис, В.С. Безель, 2000).

Лекция № 8

Тема: Экология и здоровье человека.

- 8.1. Особенности биосоциальной природы человека.
- 8.2. Причины и последствия урбанизации.
- 8.3. Факторы риска и их классификация.
- 8.4. Состояние окружающей среды и здоровье человека.
- 8.5. Загрязнение среды и его виды.
- 8.6. Зоны экологической катастрофы и экологические законы Б. Коммонера.

«Человек – хоть будь он трижды гением, -
остаётся мыслящим растением.
С ним в родстве деревья, и трава, -
Не стыдитесь этого родства.
Нам даны от самого рождения:
сила, стойкость, жизненность растения!»

Особенности воздействия человека на окружающую природу и окружающую среду вытекают из его двойственного положения в биосфере. С одной стороны, человек – это биологический вид, являющийся элементом экосистемы и входящий в общую систему круговоротов вещества и энергии, с другой стороны – член социума, пользующийся всеми его достижениями.

Происхождение человека, его становление как биологического вида называется **антропогенезом**.

Движущимися факторами антропогенеза являются как биологические, так и социальные факторы.

Биологические факторы - это наследственность, изменчивость, борьба за существование и естественный отбор.

Социальные факторы – это трудовая деятельность человека, его общественный образ жизни, речь и мышление.

Человек имеет биосоциальную природу и развивается под воздействием двух программ: биологической и социальной. Первая определяет его морфофизиологические особенности, в результате второй – происходит формирование личности человека, его социо-культурных ценностей, морали, политических убеждений и т.п. Сегодня эволюция человека продолжается. Предположительно, она идет даже более быстрыми темпами, чем ранее. Во-первых, на всех стадиях онтогенеза присутствует естественный отбор, во-вторых, возросла доля мутаций как в соматических, так и в половых клетках человека, в связи с увеличением роли мутагенов, поступающих в окружающую среду из-за активно идущего техногенеза.

Мутации – это внезапно и случайно появляющиеся изменения в наследственной информации соматических клеток (соматическая мутация) или в зародышевых клетках, которые не являются следствием рекомбинации и которые наследуются. Фенотипически эти изменения проявляются в разной степени. Изменения признаков, вызванные мутацией, могут быть рецессивными и у особей с диплоидным набором хромосом могут явно не проявляться, а также не иметь заметных последствий.

- мутации в соматических клетках при митозе наследуются и передаются во все последующие поколения клеток. В этом случае особь наряду с клетками исходного генотипа будет иметь, кроме того мутантные клетки. Особь оказывается мозаичной. Изменчивость особи зависит от стадии развития, в ходе которой возникла мутация.
- Мутация в зародышевых клетках оказывает влияние на всю развивающуюся из оплодотворенной яйцеклетки особь. Измененная наследственная информация передается всем клеткам тела при митозе в ходе индивидуального развития, а при размножении наследуется потомками.
- Неядерные мутации касаются изменений, происходящих у млекопитающих в ДНК митохондрий. Они проявляются в сложных нарушениях всего организма, например, в виде дефектов дыхания.

Факторы вызывающие мутации называют **мутагенами**. Мутагены оказывают действие на весь организм, но действуют ненаправленно. К мутагенам можно отнести: радиоактивное и рентгеновское излучение; холодовой шок и высокие температуры; колхицин и никотин; азотистую кислоту и всевозможные газы, среди которых безусловно выделяется иприт.

При нормальной жизнедеятельности организма мутации могут возникнуть спонтанно, и тогда выяснить внешнюю причину мутаций сложно. Однако мутации могут быть индуцированными, т.е. вызываться физическими или химическими воздействиями. Однако, даже в этом случае, при использовании мутагенов не удается вызвать направленных мутаций.

Типология мутаций:

Генные мутации.

Изменения в наследственной информации отдельного гена. Возникает новая форма состояния гена – новый аллель. Генная мутация называется точковой. При такой мутации обменивается одно из нуклеотидных оснований в молекуле ДНК, в результате чего изменяется информационное содержание ДНК. При генной мутации нарушается считывание триплета, - транслируемый участок цепи ДНК сдвигается, - образуется, как следствие) укороченный полипептид или неактивный белок.

Хромосомные мутации.

Изменения структуры хромосом, затрагивающие несколько генов. Возникают, как правило, из-за разрывов хромосом, которые приводят к перестройке структур хромосом. Наиболее известными хромосомными мутациями считаются: делеция (состоящая в потере фрагмента); инверсия (обращение фрагмента); транслокация (обмен фрагментами) и дупликация (удвоение генов).

A		A		A		A		A	
B		B		B		B		B	G
C		C		E		C		C	H
D	G	D	G	D	G	D	G	D	G
E	H		H	C	H	H	E	E	H
F	I		I	F	I	I	F	F	I
Нормальный		Делеция		Инверсия		Транслокация		Дупликация	
Геном									

Геномные мутации. Количественные изменения набора хромосом за счет утраты или умножения числа отдельных хромосом, а также в результате изменения целых наборов хромосом. Геномные мутации вызываются нарушениями в функционировании веретена деления.

У человека бывает представлена анэуплоидия, - она вызывается аномалиями в развитии, когда 21-я хромосома представлена в хромосомном наборе трижды. В этом случае наблюдается синдром Дауна. При эуплоидии может происходить кратное увеличение целых хромосомных наборов, но как правило, такой дефект наблюдается у растений, например у кукурузы.

Спонтанные повреждения ДНК встречаются часто. Они могут присутствовать в любой клетке, однако, в большинстве случаев они репарируются специфическими ферментами. Таким образом, ошибочные структуры нити ДНК «вырезаются» и далее благодаря новому спариванию нуклеотидных оснований восстанавливаются до исходного состояния.

Вид человек разумный сегодня подразделен на 3 (5) рас: европеоидную, монголоидную, австрало-негроидную или на европеоидную, монголоидную, американскую, австралоидную и негроидную. Расы возникли вследствие расселения и последующей изоляции на долгое время популяций неантропов, живших в разных природно-климатических зонах. Различия между расами заключаются в цвете кожи, в форме носа, разрезе глаз, в особенностях потовыделения и т.п. Они сформировались вследствие адаптаций людей к определенному образу жизни. Однако все имеющиеся отличия не мешают людям разных рас создавать семьи и оставлять потомство.

В истории развития вида человек разумный произошло три революции: Неолитическая (около 10-12 тысяч лет назад), приведшая к тому, что человек

перестал вести кочевой образ жизни и начал заниматься сельским хозяйством; Промышленная (начало XIX века) – знаменовалась тем, что стало развиваться промышленное производство и сельскохозяйственные труженики стали наемными рабочими, и Экологическая (70-е годы XX века), - связана с техническими достижениями человечества и с ростом загрязнения окружающей среды. Начиная со второй революции – промышленной активно наметилась тенденция к урбанизации. **Урбанизация** – это исторический процесс, связанный с ростом городов и распространением городского образа жизни. Урбанизация носит объективный характер, однако она приносит в жизнь человечества очень много проблем, поскольку с улучшением условий существования происходит концентрация промышленных производств, увеличение транспорта, сокращение зеленых насаждений, и как следствие появление новых мутагенов и рисков для жизни человека. Сегодня на Земле проживает около 7 млрд. человек. Средняя продолжительность жизни по данным ООН составляет 62 года (63 – у женщин и 60 у мужчин). В России мужчины в среднем живут до 58 лет, женщины до 71 года. Есть страны (Япония), где средняя продолжительность жизни выше (мужчины до 75 лет, женщины до 81 года). По прогнозам ученых в дальнейшем ожидается увеличение общей численности населения, и как следствие дальнейшая активизация процесса урбанизации.

Существует несколько прогнозов роста численности населения (приведено по И. Щукину, 2004). По 1 варианту (*неустойчивое развитие*) – к концу XXI века возможен рост численности населения до 28-30 млрд. человек, что сделает затрудненным обеспечение населения продуктами питания. По 2 варианту (*устойчивое развитие*) – численность населения необходимо стабилизировать на уровне, не превышающем 10 млрд. человек, что будет соответствовать удовлетворению жизненных потребностей человека и дальнейшему нормальному развитию общества. Безусловно, также необходимо ограничить и общую численность проживающего в городах населения. Сегодня, существует несколько десятков городов миллионеров, среди которых самыми крупными мегаполисами можно считать Токио (27 млн. человек), Нью-Йорк и Сан-Паулу (17 млн. человек), Мехико, Шанхай, Бомбей (около 15 млн. человек). В Москве численность населения, вместе с приезжими составляет около 12 млн. человек. Безусловно столь заселенные территории, с высокой плотностью населения порождают массу проблем, среди которых на первом месте стоит загрязнение окружающей среды.

Фактор риска – общее название факторов, не являющихся непосредственной причиной определенной болезни, но увеличивающих вероятность ее возникновения. Факторы риска можно подразделить на биологические, экологические и социальные.

К *биологическим факторам риска* относятся генетические и приобретенные в онтогенезе особенности организма человека. У многих людей существуют определенные предрасположенности, например к

гипертонической болезни, к сахарному диабету, к шизофрении, к язвенной болезни. Повышается вероятность заболеть гипертонией или сахарным диабетом у людей страдающих ожирением. Ожирение – это фактор риска. Шансов заболеть язвенной болезнью больше у тех, кто вдет неправильный образ жизни (ест в сухомятку) и при этом имеет повышенную кислотность желудочного сока. Фактор риска – неправильное питание. Наличие очагов хронической инфекции (насморк) приводит к заболеваниям сердечно-сосудистой системы и т.п.

К **экологическим факторам риска** относят изменения физических и химических свойств абиотических факторов среды (а также, их избыток или недостаток). Например, недостаток йода в продуктах питания и воде в местах с недостатком этого элемента в природе (в горных районах) приводит к развитию эндемического зоба. Изменения в магнитосфере земли у метеозависимых людей вызывают изменения кровяного давления. Ионизирующее излучение повышает риск онкозаболеваний. Аналогичным фактором риска является присутствие в воздухе помещений газа радона.

Социальные факторы риска – это неблагоприятные жилищные условия, наркомания, пьянство, токсикомания, гиподинамия, стресс. Все они приводят к возникновению многих тяжелых заболеваний. Например, пьянство способствует заболеваниям сердца, печени, и в целом ведет к десоциализации личности.

Таким образом, многие заболевания человека связаны с особенностями его жизни. Профилактика заболеваний является основой здорового образа жизни.

Здоровый образ жизни – есть способ жизнедеятельности, соответствующий генетически обусловленным особенностям данного человека, конкретным условиям жизни, и направленный на формирование, сохранение и укрепление здоровья, а также на полноценное выполнение человеком его социально-биологических функций.

Для соблюдения здорового образа жизни надо учитывать:

- 1/. Индивидуальные наследственные особенности;
- 2/. Природно-экологические и социально-экологические условия среды обитания человека;
- 3/. Возрастную и половую принадлежность, социально-экономические условия жизни;
- 4/. Личностно-мотивационные особенности человека.

Здоровый образ жизни должен определяться следующими факторами: оптимальным двигательным режимом, закаливанием, рациональным питанием, отсутствием вредных привычек.

Доминирующие факторы риска: гиподинамия, переедание, вредные привычки, стресс, загрязнение окружающей среды.

Сегодня загрязнение окружающей среды проявляется в: нарушении биоритмов, аллергиях, росте доли рождения недоношенных детей, возрастании удельного веса хронических заболеваний, росте профессиональных заболеваний.

Загрязнение – это привнесение в окружающую среду или возникновение в ней новых вредных химических, физических, биологических, информационных агентов.

По видам загрязняющих агентов выделяют:

Физическое загрязнение – тепловое, радиоактивное, шумовое, электромагнитное, световое.

Химическое – загрязнение тяжелыми металлами, пестицидами, аэрозолями, ПАВами – поверхностно активными веществами.

Биологическое – загрязнение патогенными микроорганизмами, продуктами генной инженерии и т.д.

Загрязнение может быть природным или антропогенным; глобальным или региональным и локальным (местным).

Антропогенная деградация среды приводит к тому, что на земле появляются особые зоны: зона экологической катастрофы, зона экологического риска, зона экологического кризиса, зона экологического бедствия.

Зона экологической катастрофы – это территория, на которой биогеоценозы из одного устойчивого состояния переходят в другое устойчивое состояние. В природе скачкообразный переход несколько растянут, и разрушения экосистем представляют собой постепенный переход в новое, как правило, нарушенное по сравнению с исходным, состояние. Например, взрывы, наводнения, пожары. В других случаях катастрофическая ситуация складывается в результате длительного воздействия на природные системы, например, металлургического комбината или химического производства. Растянутый во времени характер экологических катастроф предполагает наличие нескольких этапов нарушения экосистем, сопровождающихся возникновением ряда зон:

-зона экологического риска – территории с заметным снижением биологической продуктивности и устойчивости экосистем при сохранении возможности восстановления их естественного состояния.

-зона экологического кризиса – территории с сильным снижением биологической продуктивности и потерей устойчивости, трудно восстанавливаемыми нарушениями экосистем, предполагающих лишь выборочное хозяйственное использование и требующих глубокого улучшения их состояния. Данный вариант экологического неблагополучия представляет угрозу для здоровья человека.

-зона экологического бедствия (собственно экологическая катастрофа) – территории с полной потерей продуктивности, практически не восстанавливаемыми нарушениями, полностью исключающими эти территории из хозяйственного использования и требующих коренного улучшения (например, замены почвенного покрова). Экологическое неблагополучие возникает на основе прямого или косвенного воздействия человеческой деятельности и ведет к неблагоприятным экономическим последствиям и возможно к гибели части населения.

Экологический кризис и экологическое бедствие в зависимости от масштаба могут быть локальными, региональными и глобальными.

Барри Коммонер сформулировал экологические закономерности, которые призваны регулировать поведение человека в современном мире:

1. **«Все связано со всем».** Данный закон гласит, что изменения в какой-то одной части экосистемы неизбежно приводят к изменениям в другой ее части, в результате чего, либо нейтрализуется первоначальное воздействие, – либо, экосистема деформируется. Все процессы, происходящие в экосистемах и в глобальной экосистеме – биосфере, взаимосвязаны через глобальные круговороты вещества, перемещения в пространстве животных и диаспор, спор и семян растений, через геофизические процессы и благодаря влиянию антропогенного фактора во всех частях планеты.
2. **«Все должно куда-то деваться».** По сути, этот закон есть перефразированный закон сохранения массы вещества и энергии. Другими словами, если в процессе производства создается какой-то новый элемент, то должны существовать в природе круговороты, в которые он может встроиться или организмы редуценты, которые смогут его переработать. Следовательно, необходимо отслеживать поведение каждого химического элемента, - без чего невозможно определить истинное количество и состав отходов и выбросов в окружающую среду.
3. **«Ничто не дается даром».** В естественных экосистемах возникновение новых жизненных форм, появление новых видов или изменения в неживой природе неизбежно приводят к изменениям сложившихся взаимосвязей между элементами экосистемы. Это означает то, что человек не может безвозмездно использовать природные ресурсы, - он обязан, что-то возвращать в окружающую его природу.
4. **«Природа знает лучше».** Этот закон означает, что наши знания о природе весьма ограничены. Не смотря на то, что мы много знаем и умеем, - естественные экосистемы устойчивее агро- и урбоценозов, а естественный отбор надежнее искусственного.
5. **«За все нужно платить».** Этот закон говорит о том, что ни в коем случае нельзя наносить вред окружающей природе, и что в случае уничтожения отдельных видов или целых экосистем человечество лишает себя не только ценных лекарственных, пищевых или технических ресурсов, но и самой возможности комфортного существования в будущем.

Лекция № 9

Тема: Экологические принципы рационального природопользования.

- 9.1. Принципы рационального использования природных ресурсов.
- 9.2. Особо охраняемые природные территории (ООПТ).

- 9.3. Основы экономики природопользования.
- 9.4. Экозащитные технологии.
- 9.5. Основы экологического права.
- 9.6. Мониторинг и охрана окружающей среды.
- 9.7. Глобальные прогностические модели.
- 9.8. Международные и межправительственные программы по охране окружающей среды.

«Аэродромы, пирсы и перроны.....
Земля без птиц
И море без воды.
Все меньше окружающей природы, -
Все больше окружающей среды!»

Под **природопользованием** понимают использование природных ресурсов в целях удовлетворения материальных и культурных потребностей общества. Природопользование также рассматривают как науку, разрабатывающую принципы рационального природопользования. В свою очередь, под **рациональным природопользованием** видят хозяйственную деятельность человека, обеспечивающую экономное использование природных ресурсов и условий, их охрану и воспроизводство с учетом не только настоящих, но и будущих интересов общества.

Основоположником науки считают Ю.Н. Куражковского (1958).

По Ю.Н. Куражковскому задачи природопользования, как науки, сводятся к следующему: 1. к разработке общих принципов осуществления всякой деятельности, связанной с непосредственным использованием природы и ее отдельных ресурсов; 2. к изучению последствий наносимых природе хозяйственной деятельностью; 3. к оптимизации взаимоотношений человеческого общества и природы.

Природопользование, как область знания, включает в себя элементы естественных, общественных и технических наук. Фундаментом рационального природопользования является наука о взаимоотношениях организмов друг с другом и с окружающей средой - экология.

Выделяют следующие цели природопользования (приведено по И. Щукин (2004)):

- рациональное размещение производственных отраслей;
- определение целесообразности использования тех или иных природных ресурсов в зависимости от их свойств;
- организация рациональных взаимоотношений между производственными отраслями при совместном использовании территории и ресурсов;
- обеспечение воспроизводства природных ресурсов;
- комплексный подход в использовании природных ресурсов;
- создание здоровой среды обитания;

- предупреждение загрязнения окружающей среды и ликвидация последствий загрязнения;
- рациональное преобразование природы.

Конечной целью рационального природопользования является обеспечение благоприятных условий для жизни человека при постоянном развитии хозяйства, науки и культуры, - для удовлетворения потребностей всего человеческого общества. Для достижения данной конечной цели следует соблюдать принципы (правила) природопользования (приведено по И. Щукину, 2004):

1. **Правило прогнозирования:** использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться на основе предвидения и максимально возможного предотвращения негативных последствий природопользования;
2. **Правило повышения интенсивности освоения природных ресурсов:** использование природных ресурсов должно производиться на основе повышения интенсивности освоения природных ресурсов, в частности с уменьшением или устранением потерь полезных ископаемых при их добыче, транспортировке, обогащении и переработке;
3. **Правило множественного значения объектов и явлений природы:** использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться с учетом интересов разных отраслей хозяйства;
4. **Правило комплексности:** использование природных ресурсов должно реализоваться комплексно, разными отраслями народного хозяйства;
5. **Правило региональности:** использование и охрана природных ресурсов должны осуществляться с учетом местных условий;
6. **Правило косвенного использования и охраны:** использование или охрана одного объекта природы может приводить к косвенной охране другого, а может приносить ему вред;
7. **Правило единства использования и охраны природы:** охрана природы должна осуществляться в процессе ее использования. Охрана природы не должна быть самоцелью;
8. **Правило приоритета охраны природы над ее использованием:** при использовании природных ресурсов должен соблюдаться приоритет экологической безопасности над экономической выгодностью.

Различают три вида природопользования: *отраслевое, ресурсное и территориальное*. При отраслевом природопользовании осуществляется использование природных ресурсов в пределах одной производственной отрасли. При ресурсном природопользовании перерабатывают один природный ресурс. Территориальное природопользование предполагает использование природных ресурсов в пределах какой то конкретной территории.

Окружающая человека среда в современном обществе подразделяется на природные ресурсы и природные условия.

Природные ресурсы – это элементы природы, необходимые человеку в его жизнедеятельности и вовлекаемые им в производственный процесс (воздух, вода, почва, климат, полезные ископаемые, флора, фауна).

Природные условия – это элементы природы, влияющие на жизнедеятельность человека, но не вовлеченные в материальное производство. Со временем, природные условия могут становиться природными ресурсами.

Существует несколько классификаций природных ресурсов. Так, *по источникам и местоположению* ресурсы подразделяют на: энергетические, водные, климатические, флористические и фаунистические. *По использованию*, ресурсы делят на: сельскохозяйственные и промышленные (производственные), научные, бальнеологические, эстетические и пр. *По принципу использования* ресурсы подразделяют на: реальные и потенциальные. *По принципу заменимости* выделяют: заменимые (энергоресурсы) и незаменимые (атмосферный воздух, биоразнообразие). *По принципу возобновимости и исчерпаемости* все ресурсы можно подразделить на: исчерпаемые (невозобновимые и возобновимые) и неисчерпаемые.

Последнюю классификацию рассмотрим более подробно. Итак, к **исчерпаемым природным ресурсам** относятся те ресурсы, количество которых ограничено. **Невозобновимыми** считаются природные ресурсы количество которых, по мере увеличения хозяйственной деятельности сокращается и в дальнейшем не восстанавливается. Это: каменный и бурый уголь, нефть и газ. По большому счету в эту группу можно отнести и те из ресурсов, которые способны к восстановлению, но оно происходит значительно медленнее, чем растет их использование, это: болотные руды, торф и известняк. **Возобновимыми** природными ресурсами считаются те, которые, по прошествии времени, восстанавливаются. Это: почва, животный и растительный мир. Однако, на восстановление почвы уходит до 450 лет, а некоторые малочисленные виды растений и животных, вообще со временем могут перейти в разряд невозобновимых природных ресурсов. **Неисчерпаемыми природными ресурсами** следует считать те ресурсы, количество которых не ограничено. Это: морские и пресные воды, воздух, солнечная энергия, климатические ресурсы. Однако, сегодня каждому понятно, что например, чистого воздуха становится все меньше и меньше, впрочем то же самое относится и к чистым пресным водам. Другими словами, исчерпаемо качество неисчерпаемых природных ресурсов.

Антропогенные круговороты веществ в отличие от природных разомкнуты, - они сопровождаются большим расходом природных ресурсов и большим количеством отходов, вызывающих загрязнение окружающей среды. Даже самые совершенные очистные сооружения не решают эту проблему. Поэтому возникает необходимость в разработке безотходных технологий. Однако это по-видимому невозможно. Но есть возможность создать такие технологии, которые делали бы антропогенный круговорот более замкнутым. Итак, **малоотходные технологии** – это такой способ производства, который обеспечивает максимально эффективное

использование сырья и энергии, с минимумом отходов и потерь энергии. Малоотходные технологии включают:

1. рециркуляцию – повторное использование материальных ресурсов, позволяющее экономить сырье и энергию;
2. разработку бессточных систем и водообортных циклов на основе очистки сточных вод;
3. создание новых видов продукции, которую можно использовать повторно;
4. создание новых производственных процессов, позволяющих сократить те технологические стадии, на которых происходит образование отходов.

Сегодня среди малоотходных технологий используются методы Биотехнологии. Биотехнология включает методы и приемы получения полезных для человека продуктов, явлений и эффектов с помощью живых организмов (микроорганизмов).

Система ООПТ

В настоящее время наибольшую опасность для природных экосистем представляет хозяйственная деятельность человека. Уже в XIX веке встал вопрос о необходимости изъятия из хозяйственного использования отдельных участков естественной растительности, чтобы сохранить живущие там виды растений, животных и целых природных ландшафтов. Так появилась идея охраняемых территорий. Выделяют следующие ранги охраняемых территорий: заповедники, заказники, национальные парки, памятники природы и т.п.

Заповедники – это территории, полностью изъятые из хозяйственного использования, с ограниченным доступом посетителей. В заповедниках проводят научные исследования, следят за состоянием природы, ведут просветительскую работу. Территория заповедника – это эталон нетронутой дикой природы. Под заповедники стараются выделить местности с наиболее характерными сообществами и наибольшим видовым разнообразием. Так, в заповеднике «Кедровая Падь» представлено почти 50% видов растений Дальнего Востока. Большие по площади заповедники охватывают все разнообразие естественных растительных сообществ той или иной зоны. Наиболее крупными по площади заповедниками в России являются: Кроноцкий заповедник (Камчатка) – 960 т.га; Алтайский – 870 т.га; Печоро-Ильчский – 721 т.га. Однако есть совсем небольшие по площади заповедники, например в Московской области – Приокско-Тerrasный – 500 га. В небольших заповедниках охраняются редкие и особо ценные виды и сообщества. Схема строения заповедника такова: в центре – ядро (абсолютно охраняемая территория), вокруг нее – буферная зона (охраняемая территория, на которой частично ограничена хозяйственная деятельность), далее зона обычного, но строго рационального хозяйственного использования территории. Особую категорию составляют биосферные заповедники. Их начали создавать с 1973 года, по решению ООН, в рамках Международной научной программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера». На сегодняшний день,

в мире существует 300 биосферных заповедников. Цель биосферных заповедников состоит в том, чтобы проследить, как меняется дикая природа под влиянием хозяйственной деятельности человека, установить допустимые пределы этой деятельности и прогнозировать вероятные изменения природы в будущем. Всемирная сеть биосферных заповедников охватывает все основные зоны Земли. К 1995 году в России организовано 18 биосферных заповедников. Среди них: лесные – Центральнолесной, Окский и Приокско-террасный; лесостепной – Воронежский; степной – Центрально-черноземный; горные – Кавказский и Сихоте-Алинский. На Камчатке – Кроноцкий; на Кольском полуострове – Лапландский; в дельте Волги – Астраханский; на Урале – Печеро-Илычский; в Сибири – Центрально-сибирский и Саяно-Шушенский, Байкальский и Баргузинский (приведено по А.М. Былова, Н.И. Шорина, 1999; В.А. Вронский, 1996). Первые заповедники в Свердловской области созданы в 1946 году. Это Висимский и «Денежкин Камень» (впоследствии они были реорганизованы, и вновь утверждены в данном статусе в 70-е годы).

Заказники – это участки природных территорий, в пределах которых (временно или постоянно) запрещены отдельные виды и формы хозяйственной деятельности человека для обеспечения охраны одного или нескольких ценных объектов живой природы или живописных типов ландшафтов. В России в настоящее время около 3000 заказников, расположенных на площади около 40 млн. га. Заказники могут быть различного назначения: охотничьи, ботанические, геологические, гидрологические, зоологические, ландшафтные и др. В России система заказников широко используется в охотничьем хозяйстве как средство для увеличения численности промысловых животных. Аналогично, заказники служат в качестве сырьевой базы для выращивания лекарственных растений. Срок существования заказника республиканского заказника – 10 лет, местного – 5 лет (при необходимости он может быть увеличен). Среди заказников Свердловской области: озеро Исетское, озеро Таватуй, Ивдельские скалы, массив горы Шунут-Камень, болота Пышминское и Еланское, Черноисточинский пруд, долина р. Серги, гора Старик-Камень, Волчихинское водохранилище и др.

Национальные парки решают задачи не только охраны природы и контроля за ее состоянием, но и оздоровления, отдыха людей. Научно-исследовательская работа и пропаганда природоохранных знаний – важнейшие формы деятельности национальных парков. На их территории разрешен организованный отдых. Среди них: под Москвой – «Лосиный остров»; на Кавказе – «Сочинский»; на Урале – «Припышминские боры» (национальный парк) и «Оленьи ручьи» (природный парк).

Памятники природы – это территории создаваемые для охраны какого-то отдельного природного явления (рощи, озера, пещеры, отдельно стоящего дерева и т.п.). Часто к памятникам природы относят искусственную растительность и архитектурные сооружения (усадьбы, парки, пруды). Выделяют следующие памятники природы: ландшафтные, комплексные,

ботанические, геологические и геоморфологические, гидрологические и прочие.

Сегодня, на территории Свердловской области имеются следующие категории особо охраняемых природных территорий: два государственных природных заповедника, один национальный и один природный парк; 18 государственных заказников по охране промысловых зверей и птиц; 36 ландшафтных и 10 флористических заказников по охране лекарственных растений; 425 памятников природы. В последние годы выделено и описано еще более 60 новых объектов, имеющих природоохранное значение (приведено по справочнику: Природные резерваты Свердловской области, 2004).

На территории ООПТ активно проводятся работы по экологическому мониторингу. **Мониторинг окружающей среды** – это система наблюдения, оценки и прогнозирования состояния окружающей человека природной среды. Термин мониторинг появился перед проведением Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (июнь, 1972) в дополнение к понятию «контроль». Цель мониторинга – оптимизация отношений человека с природой. В зависимости от степени выраженности антропогенного воздействия различают мониторинг **импактный** (в зонах нарушенных деятельностью человека) и **фоновый** (в естественной ненарушенной среде). В зависимости от масштабов различают: глобальный (биосферный), региональный и локальный мониторинг. Глобальный мониторинг осуществляется, как правило, на территориях получивших статус «биосферных заповедников». Региональный мониторинг, например, на Урале выполняется территориальным Управлением по гидрометеорологии и органами санэпиднадзора. Так, в Свердловской области имеется 18 стационарных постов загрязненности атмосферного воздуха и воды. Четыре раза в каждом из пунктов берут пробы для определения содержания в них наиболее опасных для человека токсических веществ.

Экологический мониторинг включает три направления деятельности:

1. наблюдения за факторами воздействия и состоянием среды;
2. оценку фактического состояния среды;
3. прогноз состояния окружающей среды и оценку прогнозируемого состояния.

Объектами мониторинга могут быть: приземный слой воздуха; поверхностные воды; бытовые стоки; радиоактивные излучения; природные экосистемы; отдельные виды редких животных или растений; лесопосадки; атмосфера, и т.д. Сейчас выделяют особый раздел мониторинга – Биологический мониторинг. Это контроль состояния окружающей природной среды с помощью живых организмов. Главный метод этого мониторинга – биоиндикация. Она включает обнаружение и определение биологически и экологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ.

Экологическую безопасность населения должно обеспечивать соблюдение экологических нормативов. Существуют следующие

нормативы качества (санитарно-гигиенические):

- предельно допустимая концентрация вредных веществ (ПДК);
- предельно допустимый уровень вредных физических воздействий (ПДУ);

нормативы воздействия (производственно-хозяйственные):

- предельно допустимый выброс вредных веществ (ПДВ);
- предельно допустимый сброс вредных веществ (ПДС).

ПДК это количество вещества в окружающей среде, которое при постоянном или временном воздействии на человека не вызывает изменений здоровья у него или его потомства. ПДК устанавливают на основании комплексных исследований. Рассчитывают ПДК на единицу массы, объема или поверхности. При определении ПДК учитывают степень влияния загрязняющих веществ не только на человека, но и на различных обитателей биоты. Сегодня в России действует 1900 ПДК химически вредных веществ для водоемов; 500 – для атмосферного воздуха; 130 – для почв.

Экономика природопользования занимается оценкой природных ресурсов и ущербов от загрязнения среды. В задачи экономики природопользования входит следующее:

-экономическая оценка природных ресурсов (определение общественной полезности или денежное выражение народнохозяйственной ценности).

Оценка природных ресурсов может быть и внеэкономической. Последняя, предполагает определение экологической, здравоохранительной, социальной (моральной и культурной), религиозно-культурной и иной ценности природного ресурса;

-определение экономического ущерба в результате нерационального природопользования. Под **ущербом** понимают фактические или возможные экономические и социальные потери в результате изменения природной среды под воздействием хозяйственной деятельности человека. Ущерб могут быть исчислимые (экономические), например потери сырья, топлива и материалов в связи с выбросами, и условно-исчислимые (социальные и экологические), например, эстетический ущерб при деградации ландшафта или экологический ущерб в связи с потерей красивоцветущего вида растения;

-выбор наиболее эффективных вариантов использования природных ресурсов и природоохранной деятельности, оценка абсолютной и относительной эффективности природоохранных затрат. Под эффективностью природопользования понимают эколого-социально-экономическую результативность использования природных ресурсов и эксплуатации природной среды;

-разработка экономических методов управления природоохранной деятельностью и материального стимулирования охраны окружающей среды, предполагает эколого-социально-экономическую результативность проведения тех или иных природоохранных мероприятий.

Затраты на природоохранную деятельность должны быть такими, чтобы ущерба не возникало вообще. Расчет экономического эффекта

природоохранных мероприятий основывается на сопоставлении затрат на их осуществление с экономическим результатом, достигнутым благодаря этим мероприятиям. Этот результат выражается величиной ликвидированного или предотвращенного экономического ущерба от нарушения или потерь ресурса. Разность между результатом и затратами характеризует экономический эффект (приведено по И. Щукину, 2004).

Законом РФ «Об охране окружающей природной среды» (ст.20) предусмотрено два вида **платежей за ресурсы природы**:

- за право пользования природными ресурсами;
- за загрязнение окружающей природной среды.

Тем же законом, предусматривается три вида **платы за загрязнение**:

- выбросы, сбросы вредных веществ в пределах установленных лимитов;
- выбросы, сбросы вредных веществ сверх установленных норм либо без разрешения компетентных органов;
- плата за размещение отходов.

Платежи за выбросы и размещение отходов производятся за счет себестоимости продукции, а платежи за превышение лимитных загрязнений – за счет прибыли, которая остается в распоряжении предприятия-загрязнителя. Система мер по восстановлению и оздоровлению окружающей среды, денежная оценка природного ресурса определяются на основе кадастров природных ресурсов (сводов экономических, экологических, технических показателей, которые характеризуют количество и качество природного ресурса, а также состав и категории природопользователей этого ресурса). Существует земельный, водный, лесной, и другие кадастры.

Экологическая экспертиза – оценка уровня возможных негативных воздействий намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую природную среду, природные ресурсы и здоровье людей. То есть оценка хозяйственных и иных проектов на предмет их соответствия экологической безопасности и системе рационального природопользования.

Экологический аудит – оценка степени экологичности конкретного производства и разработка рекомендаций его перестройки для снижения экологических налогов, платы за ресурсы, стимулирование привлечения инвестиций государства или частного капитала. Позволяет повысить рентабельность предприятия. Результатом экологического аудита может стать *экологический паспорт предприятия*.

Экологическое право – это совокупность эколого-правовых норм, регулирующих экологические отношения в сфере взаимодействия общества и природы с целью охраны окружающей природной среды, предупреждения вредных экологических последствий, оздоровления и улучшения качества окружающей человека природной среды.

Источниками экологического права, образующими экологическое законодательство России являются следующие документы:

1. Конституция РФ;

2. законы и иные нормативные акты РФ и субъектов РФ в области природопользования и охраны окружающей среды;
3. указы и распоряжения Президента РФ и постановления Правительства РФ;
4. нормативные акты министерств и ведомств;
5. нормативные решения органов местного самоуправления.

Задачами природоохранного законодательства РФ является регулирование отношений в сфере взаимодействия общества и природы с целью сохранения природных богатств и естественной среды обитания человека; предотвращение экологически вредного воздействия хозяйственной и иной деятельности; оздоровление и улучшение качества окружающей природной среды; укрепление законности и правопорядка в интересах настоящего и будущего поколений людей. В основе природоохранного законодательства РФ лежит Федеральный закон «Об охране окружающей среды» (2002). В законе содержится 16 глав, включающих в том числе вопросы основ управления в области охраны окружающей среды; нормирование; оценку воздействий на окружающую среду и экологическую экспертизу; зоны экологического бедствия; экологический мониторинг; ответственность за нарушение законодательства, и т.д.

Несколько ранее были опубликованы законы РФ «Об экологической экспертизе» (1995); «Об особо охраняемых природных территориях» (1995); «Об охране атмосферного воздуха» (1999); «О радиационной безопасности населения» (1995); «Об отходах производства и потребления» (1998); «О недрах» (1992); «О животном мире» (1995), и т.д.

В нашей стране имеются специальные органы выполняющие природоохранные задачи. В 1988 году был создан Государственный комитет по охране природы СССР. В 1991 году функции охраны природы передаются в Министерство экологии и природных ресурсов РСФСР, впоследствии переименованное в Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов России. В 2000 году функции по рационализации природопользования и охране окружающей среды переданы Министерству природных ресурсов РФ.

Выделяют два основных типа экологического сознания:

АНТРОПОЦЕНТРИЗМ – основывается на представлениях о «человеческой исключительности», противопоставлении человека природе.

ЭКОЦЕНТРИЗМ – основывается на понимании необходимости коэволюции человека и биосферы. Для экоцентризма характерно:

1. ориентироваться на экологическую целесообразность, отсутствие противопоставления человека природе;
2. восприятие природных объектов как полноправных субъектов, партнеров по взаимодействию с человеком;
3. баланс прагматического и непрагматического взаимодействия с природой.

Международное сотрудничество решает задачи уменьшения экологической опасности и снижения международной напряженности в мире.

Среди наиболее известных правительственных и неправительственных природоохранных организаций выделяют следующие:

1. ЮНЕСКО – организация объединенных наций по вопросам образования, науки и культуры, - возглавляет разнообразные программы с 1946 года. Именно ЮНЕСКО организовала в Стокгольме первую международную конференция по вопросам охраны окружающей среды. Ее результат межправительственная программа ООН по окружающей среде ЮНЕП, которая координирует усилия по решению наиболее острых проблем разрушения биосферы человеком (опустынивание, деградация почв, исчезновение лесов, загрязнение океана);
2. МАГАТЭ – международное агентство по атомной энергии – способствует более широкому использованию атомной энергии, контролирует соблюдение на АЭС норм ядерной безопасности;
3. ФАО – продовольственная сельскохозяйственная организация Объединенных Наций – содействует улучшению питания и повышению уровня жизни людей, занимается вопросами повышения продуктивности сельского хозяйства, рыбоводства и лесоводства;
4. ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения – усилия направлены на борьбу с особо опасными болезнями. Сотрудники изучают и контролируют влияние на здоровье человека различных видов загрязнений;
5. ГЭФ – Глобальный экологический фонд – содействует выполнению национальных программ перехода к устойчивому развитию;
6. МСОП – международный союз охраны природы и природных ресурсов (создан при ЮНЕСКО) – издает «Красные книги»;
7. WWF – Всемирный фонд дикой природы – проводит фундаментальные исследования, учреждает заповедники и организует там режим охраны; финансирует и занимается просветительской деятельностью в сфере охраны природы (приведено по Миркин, Наумова, 2006).

Выделяют следующие направления международного сотрудничества:

- сотрудничество в международных организациях;
- сотрудничество по линии международных конвенций и соглашений;
- сотрудничество на двусторонней основе.

В 1970 году на XV1 сессии Генеральной конференции ЮНЕСКО была принята международная программа «Человек и Биосфера» (МАБ). На первом этапе эта программа включала 14 научно-исследовательских направлений по важнейшим проблемам экологии. Вот некоторые из них:

- экологическое воздействие деятельности человека на тропические и субтропические экосистемы;

- экологическое воздействие различных видов землепользования и практики хозяйствования на леса умеренной зоны и Средиземноморья;
- влияние деятельности человека на горные и тундровые экосистемы;
- сохранение природных территорий и содержащегося в них генетического материала;
- изучение загрязнения окружающей среды и его воздействия на биосферу, и т.д.

Ученые более 20 стран (в том числе и СССР) приняли активное участие в разработке 14 актуальных экологических проблем и получили многочисленные экспериментальные данные по антропогенному воздействию на биосферу Земли. В дальнейшем процессе работ, проводившихся по этой программе более 20 лет стало очевидным, что МАБ должна быть расширена за счет введения четырех новых направлений научных исследований:

- 1/ функционирование экосистем при антропогенном воздействии различной интенсивности;
- 2/ управление ресурсами, испытывающими антропогенное воздействие, и их восстановление;
- 3/ человеческие затраты и использование ресурсов;
- 4/ реакция человека на экологические стрессоры, которыми, по мнению, секретаря программы МАБ Б. фон Дроста, необходимо охватить следующие семь экосистем и физико-географических районов Земли:
 - а) городские экосистемы;
 - б) внутриматериковые водоемы и болотные угодья;
 - в) островные и прибрежные экосистемы;
 - г) высокогорные экосистемы;
 - д) умеренные, средиземноморские, бореальные экосистемы;
 - е) аридные и семиаридные территории;
 - ж) тропические и субтропические экосистемы.

Особую роль в этих исследованиях призваны играть биосферные заповедники.

Разработке наиболее острых экологических проблем, стоящих перед человечеством – ухудшению качества и уменьшению количества пресной воды на земле, загрязнению океана, опустыниванию земель, деградации почв, обезлесиванию и т.д. была посвящена Межправительственная программа-2 ООН по окружающей человека среде (ЮНЕП). Она была предложена на Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде в 1972 году, и в 1973 году утверждена решением Генеральной Ассамблеи ООН. В работе программы участвовали ученые из 58 стран, в том числе из республик СССР: России, Белоруссии, Украины.

В 1979 г в Женеве подписана Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Документ стимулировал разработку 5 специализированных программ международного сотрудничества, среди которых: Европейская программа мониторинга переноса воздушных

загрязнений; Программа лесного мониторинга; Программа интегрального мониторинга.

В 1982 г Генеральная Ассамблея ООН приняла Всемирную Хартию Природы, принципы которой гласят:

- 1). Природа должна охраняться, а основные процессы в ней не нарушаться;
- 2). Генетическое разнообразие на Земле не должно ставиться под угрозу;
- 3). Принципы охраны природы должны распространяться на всю Землю – на сушу, и на океан;
- 4). Все экосистемы и природные ресурсы должны использоваться так, чтобы сохранялась оптимальная устойчивая продуктивность;
- 5). Природа должна быть застрахована от деградации, связанной с военными действиями.

Угроза быстрого ухудшения экологической обстановки на планете и сокращения биологического разнообразия организмов биосферы широко обсуждалась на Конференции ООН по окружающей среде и развитию, состоявшейся в 1992 году в Рио-де-Жанейро (Бразилия). В работе конференции приняли участие 178 правительственных делегаций. На конференции был утвержден ряд важных документов, определяющих стратегию реализации устойчивого развития в странах мирового сообщества. Среди них нужно выделить следующие:

1. Конвенция ООН по изменению климата. В ней шла речь о необходимости ограничения выбросов в атмосферу парниковых газов;
2. Конвенция ООН о биологическом разнообразии. В конвенции подтверждаются права государств на свои биологические ресурсы и возлагается ответственность за их сохранение и устойчивое использование;
3. Конвенция ООН по сохранению лесного покрова планеты;
4. Повестка дня на XXI век. Представляет собой программу по подготовке мирового сообщества к решению тех проблем, с которыми наша цивилизация столкнется, вступая в XXI век.

Устойчивое развитие предполагает с одной стороны повышение качества жизни, с другой – обеспечение безопасности жизни, которая в свою очередь предполагает сохранение здоровья населения и качества окружающей природной среды.

В Рио-де-Жанейро был подписан новый международный закон, так называемая «Конвенция о биологическом разнообразии» (Convention on Biological Diversity – CBD). К декабрю 1993 года 128 стран ратифицировали Конвенцию, тем самым, взяв на себя обязательства работать над исполнением всех статей закона. В 1997 году число стран подписавших Конвенцию достигло уже 162. Среди этих стран была и Россия. Фактически с 1992 года новая концепция биоразнообразия приобрела глобальное значение. Ее целью было сохранить биологическое разнообразие организмов на Земле, включая все растения, животных, грибы и микроорганизмы, населяющие биосферу. Согласно Конвенции под биологическим разнообразием понимается три его составляющие компонента: внутривидовое разнообразие,

видовое разнообразие и разнообразие экосистем. Кроме сохранения биоразнообразия, среди задач Конвенции для стран-участниц устанавливались еще две: длительное использование на устойчивой основе всех трех компонентов биологического разнообразия, а также, равномерное или справедливое распределение выгод (доходов) от использования генетических ресурсов, включая гарантию доступа к ним, перенос технологий и наличие соответствующих фондов. Одной из особенностей Конвенции по биоразнообразию, отличающих ее от других международных законов было наличие статей 12 и 13, - имеющих прямое отношение к образованию в области биоразнообразия. Очень важно то, что в статье 12 напрямую связаны исследования и обучение в области экологии, систематики, биогеографии, ботанике и другим направлениям биологии. Статья 13 устанавливает для стран-участниц в качестве приоритетной следующую задачу: «осуществлять образование населения и развитие экологического просвещения, через разработку образовательных программ, способствующих усвоению учащимися понятия «биоразнообразие» и осознания ими необходимости сохранения биоразнообразия».

В 2002 году в Йоханнесбурге (ЮАР) состоялся Всемирный форум по устойчивому развитию (World Summit on Sustainable Development – WSSD). В документах Форума, наряду с 8 основными задачами, направленными на продвижение идей устойчивого развития, подчеркивалась огромная роль образования и приводилась рекомендация Генеральной Ассамблеи ООН объявить период с 2005 по 2015 гг. декадой «образования для устойчивого развития». Следует отметить, что еще в 1987 году в Докладе Международной Комиссии по Охране окружающей среды и развитию (МКОСР) было сформулировано определение устойчивого развития, понимаемого как «...развитие, которое удовлетворяет потребностям сегодняшнего дня, не угрожая возможности будущих поколений удовлетворять их потребности в будущем». Это определение послужило основой Концепции «Образование для устойчивого развития», широко используемой сегодня государственными и общественными организациями, а также средствами массовой информации в разных странах мира. Две авторитетные международные организации дали следующие определения этой концепции: «Образование для устойчивого развития – это динамичная концепция, которая открывает новый взгляд на образование, и направлена на то, чтобы дать возможность людям всех возрастов проявить ответственность за создание устойчивого будущего (ЮНЕСКО, 2004)», и «Образование для устойчивого развития стимулирует, вооружает и вовлекает человека и социальные группы в размышления о том, насколько правильно мы живем и работаем, а также принимаем обоснованные решения для создания путей к более устойчивому миру (Комиссия по образованию и коммуникациям Всемирного союза охраны природы - IUCN, 2004).

Принципы перехода к устойчивому развитию России изложены в указе Президента РФ «Концепция перехода РФ к устойчивому развитию». Согласно этому документу в стране должно быть на перспективу обеспечено

комплексное и сбалансированное решение социально-экономических проблем при сохранении благоприятной окружающей среды и природных ресурсов, а также при удовлетворении потребностей настоящих и будущих поколений людей.

Основные направления перехода РФ к устойчивому развитию заключаются в следующем:

- создание правовой системы перехода к устойчивому развитию, включая совершенствование современной правовой базы и существующего законодательства, включая экономические механизмы регулирования ООС и рационального природопользования;
- оценка потенциальных возможностей различных экосистем для хозяйственного использования и определения границ допустимого антропогенного воздействия;
- разработка систем стимулирования хозяйственной деятельности и установление ответственности за экологические последствия;
- восприятие биосферы не только как поставщика ресурсов, но как базисного основания жизни, сохранение которого является главным условием функционирования социально-экономической системы;
- пропагандирование идей устойчивого развития, создание системы воспитания и образования для их реализации (приведено по Трифонова, Селиванова, Мищенко, 2005).

Как же двигаться к устойчивому развитию? Существует семь направлений, трансформация в которых необходима для достижения устойчивого развития. Это:

1. Скорейший переход к стабильной демографической ситуации;
2. Переход к миру без массовой бедности;
3. Использование экологически чистых технологий (нового поколения);
4. Переход к рыночной системе, в которой цены отражают полную экологическую стоимость товара;
5. Переход к «экологически устойчивому» потреблению – использование экологически безопасных продуктов;
6. Изменение в системе управления (поддержка тех компаний, которые производят «экологически чистую продукцию»);
7. Трансформации в культуре и в общественном сознании (рост экологического сознания общества).

Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды стало наиболее активным после Стокгольмской конференции (1972). Более 200 разнообразных договоров и соглашений подписано с того времени до наших дней. Важнейшая роль отводится следующим направлениям международного сотрудничества:

1. Базельская конвенция о контроле над трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением (1989);
2. Киотский протокол (1997) важнейшее соглашение, регламентирующее выбросы в атмосферу техногенного углерода, который является одной

- из причин потепления климата (данный документ создал предпосылки для торговли квотами на выбросы);
3. Монреальский протокол (1987) – регламентирует выбросы в атмосферу газов, разрушающих озоновый слой;
 4. Вашингтонская конвенция - СИТЕС (1973) о международной торговле видами дикой флоры и фауны, находящимися под угрозой исчезновения;
 5. Рио-92 – конвенция о сохранении биоразнообразия.

В настоящее время футурологи предсказывают разные варианты развития человеческого общества. Начало прогностическим моделям развития цивилизации положила группа ученых, собравшаяся в Риме в 1968 году и получившая название **«Римский клуб»**. С того же года этими учеными начала издаваться серия публикаций под названием **«Доклады Римского клуба»**.

Первый доклад **«Пределы роста»** был подготовлен в 1972 году под руководством супругов Д. и Д. Медоуз (США). В докладе на результатах моделирования было показано, что при сохранении современных экономических и политических методов промышленный рост и потребление ресурсов и энергии будут продолжать увеличиваться до тех пор, пока не будет достигнут некий предел. Затем произойдет катастрофа. Главными ее причинами является увеличивающийся рост численности населения планеты.

Второй доклад: **«Человечество на перепутье»** был подготовлен М. Месеровичем и Э. Пестелем (США и ФРГ). В нем авторы выразили мысль о том, что пассивное следование стихийному развитию ведет к гибели, поэтому мир не должен развиваться стихийно. Стихийное развитие увеличивает пропасть между человеком и природой.

Третий доклад: **«Перестройка международного порядка»** был подготовлен голландским экономистом Я. Тинбергеном, в нем он и его соавторы показывали, что сочетание локальных и глобальных целей возможно.

Четвертый доклад: **«Цели для глобального общества»** был составлен философом Э. Ласло и освещал два вопроса: в чем заключаются цели человечества и согласны ли мы предпочесть материальному росту развитие духовных человеческих качеств?

«Римский клуб» первым среди остальных перешел от анализа и диагностики ситуации к поиску средств и путей выхода из сложившегося положения вещей и предполагаемого итога развития общества.

В 1991 году была принята Всемирная стратегия охраны природы. Этот документ получил название **«Забота о Земле – стратегия устойчивого существования»**. Стратегия дает основные ориентиры и ставит две задачи: выживание человечества и философское определение смысла жизни человека. В Стратегии также сформулировано понятие **«духовности»** (приведено по И. Щукину, 2004).

Рекомендуемая литература

Основная:

1. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Основы общей экологии: Учебное пособие. М.: Университетская книга, 2005.
2. Пономарева И.Н. Экология. –СПб.: «Вентана-Граф», 2007.
3. Чернова Н.М., Былова А.М. Общая экология. М.: Дрофа, 2004.
4. Щукин И. Экология для студентов вузов. Серия «Шпаргалки». Ростов н/Д: «Феникс», 2004.

Дополнительная:

1. Бигон М., Харпер Д., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества: В 2 т. Т. 1,2. М.: Мир, 1989.
2. Вернадский В.И. Биосфера. М.: Наука, 1967.
3. Биологический энциклопедический словарь. М., 1986.
4. Большаков В.Н., Таршис Л.Г., Безель В.С., Таршис Г.И. Практикум по региональной экологии. Екатеринбург: ИД «Сократ», 2003.
5. Гиляров А.М. Популяционная экология: Учеб. Пособие. М.: Изд-во МГУ, 1990.
6. Жигальский О.А., Белан О.Р. Основы экологии. Курс лекций в 2 т. Екатеринбург: УГТУ-УПИ Т. 1 2001; Т. 2 2004.
7. Небел Б. Наука об окружающей среде. В 2 Т. М.: «Мир», 1993.
8. Новоженев Ю.И. Биологическая теория происхождения человека. Екатеринбург: Банк культурной информации, 1997.
9. Нолтинг Б. Новейшие методы исследования биосистем. М.: Техносфера, 2005.
10. Одум Ю. Экология. В 2 т. Т. 1,2. М.: Мир, 1986.
11. Петров К.М. Общая экология (взаимодействие общества и природы). Санкт-Петербург: «Химия», 1997.
12. Радкевич В.А. Экология. Минск: Высшая школа, 1997.
13. Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. М.: Россия молодая, 1994.
14. Риклефс Р. Основы общей экологии. М.: Мир, 1979.
15. Трифонова Т.А., Селиванова Н.В., Мищенко Н.В. Прикладная экология: Учеб. Пособие для вузов. М.: Академический Проект: Традиция, 2005.
16. Шилов И.А. Экология. М.: Высшая школа, 1997.

Содержание

<i>Лекция 1.</i> Предмет, задачи, методы экологии. Краткий очерк истории экологии	3
<i>Лекция 2.</i> Среды жизни. Внутривидовые и межвидовые отношения . .	13
<i>Лекция 3.</i> Экологические факторы среды. Экологические группы организмов.	23
<i>Лекция 4.</i> Жизненные формы организмов и типы стратегий живого. . .	32
<i>Лекция 5.</i> Экология популяций	42
<i>Лекция 6.</i> Экология сообществ и концепция экосистемы.	55
<i>Лекция 7.</i> Строение и свойства биосферы.	67
<i>Лекция 8.</i> Экология и здоровье человека.	81
<i>Лекция 9.</i> Экологические принципы рационального природопользования	88
<i>Литература</i>	103

КУРС ЛЕКЦИЙ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ «ЭКОЛОГИЯ»

для специальности/по направлению «050100 –

Педагогическое образование»

(для ООП бакалавриата) – профессиональный цикл

Подписано в печать

Формат 60x84/16

Бумага для множительных аппаратов. Усл. Печ. Л.

Тираж 100 экз. Заказ 3775

Уральский государственный педагогический университет
620017 Екатеринбург, пр. Космонавтов, 26.