

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И
СПОРТА УКРАИНЫ
ОДЕССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по изучению дисциплины «Основы экологии»
для слушателей-иностранцев подготовительного отделения**

Одесса 2011

Методические указания по изучению дисциплины «Основы экологии» для слушателей-иностранцев подготовительного отделения.

Составитель: Чокан Л.А., ст. преп., Одесса, ОГЭКУ, 2011. – 55 с.;
рус. язык.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Понятия экологии. Развитие экологии как науки.....	5
2. Объект и предмет исследования экологии. Основные задачи экологии.....	6
3. Принципы и методы экологических исследований.....	8
4. Основные этапы развития экологической науки.....	10
5. Экология – междисциплинарная наука.....	12
6. Биосфера.....	14
6.1 Свойства биосферы.....	16
7. Ноосфера.....	18
8. Структура макроэкологии.....	20
9. Экосистема.....	22
9.1 Основные типы экосистем.....	24
10. Пищевые цепи и экологические пирамиды.....	26
11. Основные экологические законы.....	32
12. Круговороты веществ в экосистемах.....	39
12.1 Круговорот воды.....	40
12.2 Круговорот углерода.....	41
12.3 Круговорот кислорода.....	43
12.4 Круговорот азота.....	44
12.5 Круговорот фосфора, серы и неорганических катионов.....	46
13. Живое вещество.....	49
13.1 Функции живого вещества в биосфере.....	51
Литература.....	55

Введение

Методические указания по изучению дисциплины «Основы экологии» составлены в соответствии с базовой учебной программой (довузовская подготовка иностранных граждан) для слушателей подготовительного отделения и являются пособием по данному предмету.

Цель методических указаний – формирование у слушателей подготовительного отделения экологического мировоззрения, представления о человеке как о части природы, о единстве и самоценности всего живого, о невозможности выживания человечества без сохранения биосферы.

В методических указаниях рассмотрены основные темы и базовые понятия основ современной экологии. Каждый раздел методических указаний ставит перед слушателем подготовительного отделения конкретные задачи, выполнение которых формирует определенные знания и умения. После каждого тематического текста даны основные слова и словосочетания, которые необходимы для более глубокого усвоения темы.

Слушатели подготовительного отделения после усвоения основных разделов методических указаний должны знать:

- что изучает экология и как происходило ее становление;
- о соответствии между организмами и средой их обитания;
- о популяции и ее основных свойствах;
- о различных типах взаимодействия организмов;
- о составе и основных свойствах экосистем;
- о закономерностях продуцирования биологического вещества в биогеоценозах;

На основании полученных знаний слушатели подготовительного отделения должны уметь:

- решать простейшие экологические задачи;
- применять экологические знания для анализа различных видов хозяйственной деятельности;
- определять источники загрязнения окружающей среды.

1 Понятия экологии. Развитие экологии как науки

Экология – это наука, изучающая условия существования живых организмов и взаимосвязи между организмами и средой, в которой они обитают. Экология как наука сформировалась лишь в середине прошлого столетия, после того, как были накоплены сведения о многообразии живых организмов на Земле, об особенностях их образа жизни. Возникло понимание, что не только строение и развитие организмов, но и взаимоотношения их со средой обитания подчиняются определенным закономерностям, которые необходимо изучать.

Необходимо также решать такие важные проблемы современности, как рациональное использование природных ресурсов, загрязнение окружающей среды промышленными отходами, отходами транспорта, истощение природных ресурсов, сохранение генофонда животного и растительного мира. Проблема охраны природы, ее разумного и рационального использования на основе экологических законов становится одной из важнейших задач человечества.

Термин «экология» ввел немецкий зоолог Э. Геккель, который в трудах «Всеобщая морфология организмов» (1866) и «Естественная история миротворения» (1868) впервые попытался дать определение новой науки. Слово «экология» происходит от греческого *oikos* – «жилище», «местопребывание», «убежище» и *logos* – «учение». Геккель определял экологию как «общую науку об отношениях организмов к окружающей среде, куда мы относим все условия существования. Они частично органической, частично неорганической природы; но как те, так и другие условия имеют весьма большое значение для форм организмов, так как они принуждают приспособляться к себе». По Геккелю, экология представляет науку о «домашнем быте» живых организмов, она должна исследовать «все те запутанные взаимоотношения, которые Дарвин обозначил как борьбу за существование». После Геккеля в понятие «экология» вносились различные изменения, которые расширили предмет области этих знаний. Академик И. Герасимов (1985) писал, что «правильно толковать экологию как специфический общенаучный подход к изучению различных объектов природы и общества наряду с системными и другими подходами. Цель экологического подхода – выявление и исследование связей, существующих между изучаемым наукой объектом и окружающей его средой. Эколог должен базироваться на знаниях различных наук (география, биология, социология, математика и т.д.)».

Сегодня экология изучается как комплексная интегральная наука, которая исследует окружающую среду, влияние на нее человеческого общества и обратную реакцию природы на деятельность человека.

Экология – междисциплинарная наука, которая базируется на основах биологии, географии, технических, экономических и социальных наук.

Американский эколог Э. Макфедьен писал: «Экология посвящена изучению взаимоотношений живых организмов, растительных и/или животных со средой; она имеет целью выявить принципы, управляющие этими отношениями. Эколог исходит из того, что такие принципы существуют. После его исследований – это разнообразие жизненных условий, в которых находятся изучаемые растения и животные, их систематические положения, их реакция на воздействия среды и друг на друга, также изучение физических и абиотических факторов, образующих абиотическую среду».

В настоящее время экология представляет собой разветвленную систему наук. Некоторые авторы уделяют больше внимания общепhilosophическим и культурным аспектам, другие – социальным, третьи – эколого-экономическим, четвертые – биоэкологической детализации.

Как междисциплинарная наука, экология взяла на вооружение все методы теории систем и поэтому оказалась на перекрестке природных и гуманитарных наук.

Слова и словосочетания для активного усвоения

Экология	Промышленные отходы
Живые организмы	Транспорт
Окружающая среда	Условия существования
Природные ресурсы	Абиотические факторы

2 Объект и предмет исследования экологии.

Основные задачи экологии

Экология – наука о взаимоотношении живых организмов между собой, с окружающей средой, к которой относятся все условия существования.

Главное задание экологии – это установление закономерностей взаимоотношений между организмами, их сообществами и условиями их существования; исследование их структуры и функционирования сообществ организмов; разработка методов определения экологического состояния природных и искусственно созданных сообществ; наблюдение за изменениями в отдельных экосистемах и биосфере в целом, прогнозирование их последствий; создание базы данных и разработка рекомендаций для планирования экологически безопасной хозяйственной и социальной деятельности человека; использование экологических знаний

для охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

Одним из важнейших заданий экологии является оптимизация взаимоотношений между человеком с одной стороны и отдельными видами и популяциями, экосистемами – с другой стороны. Изменение экосистем под влиянием хозяйственной деятельности происходит во много раз быстрее, чем их естественное саморазвитие, происходит их упрощение, уменьшается их сложность и разнообразие. Человек заинтересован в получении максимума чистой продукции, для этого необходима оптимизация взаимоотношений между ним и окружающей средой. Необходимо учитывать уязвимость природной среды, не допускать превышения пределов ее прочности, глубже вникать в суть свойственных природе сложных и взаимосвязанных явлений, не вступать в противоречия с естественными закономерностями, чтобы не вызвать необратимых процессов.

Предметом экологии является разнообразие и структура связей между организмами, их сообществами и средой обитания, также строение и закономерности функционирования сообществ организмов: популяции, биогеоценозов, биосферы в целом.

Необходимо выделить основные задачи экологии человека.

1. Определить состояние здоровья человека.
2. Исследовать динамики здоровья в аспектах природно-исторического и социально-экономического развития.
3. Прогноз состояния здоровья будущих поколений.
4. Изучение действия отдельных факторов окружающей среды на здоровье и жизнедеятельность человека.
5. Исследование процессов сохранения и восстановления здоровья человека и его социально-трудового потенциала.
6. Анализ глобальных и региональных проблем экологии человека.
7. Разработка новых методов экологии человека (космических, биохимических).
8. Разработка путей повышения уровня здоровья и социально-трудового потенциала населения.

На современном этапе добавляются более конкретные задачи:

- создание экологического мониторинга – системы наблюдений за изменениями процессов жизнедеятельности человека в связи с воздействием различных факторов окружающей среды;
- составление медико-географических карт с картами загрязнений окружающей среды и установление корреляций между ними;

- определение научно-обоснованных значений предельно-допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ на организм человека.

Слова и словосочетания для активного усвоения

Закономерности	Природные ресурсы
Сообщества организмов	Популяция
Экосистема	Биогеоценоз
Биосфера	Мониторинг
Рациональное использование	Предельно-допустимая концентрация (ПДК)

3 Принципы и методы экологических исследований

Экология – точная наука, которая взаимосвязана с различными природными науками: морфологией, генетикой, биохимией, физиологией, физикой, химией, математикой, географией и др., поэтому она включает в себя концепции и методики, используемые различными дисциплинами.

Ученые-экологи используют различные способы и методы исследований.

Важное значение имеет метод экологической индикации – определение свойств и направления изменения природных экосистем по обитающим в данных условиях организмам. Для разработки общей теории экологической индикации и практического ее использования необходимо накопление огромного числа сведений аутэкологического и синэкологического плана, развитие синэкологической службы.

Для того чтобы проводить постоянные наблюдения, широко используют метод экологического мониторинга. Он бывает локальным, региональным или глобальным. При локальном мониторинге проводят наблюдения за изменениями на ограниченной территории, при региональном – на территории всего региона, а при глобальном – в биосфере в целом. Очень важным является мониторинг эталонных заповедных территорий ландшафтов, он дает возможность наблюдать за функциональными (продуктивность, круговорот веществ, поток энергии) и структурными (видовое разнообразие, численность видов и пр.) изменениями в конкретных экосистемах. Мониторинг осуществляют с помощью автоматических и дистанционных приборов, это дает возможность получать информацию с территорий, на которых нельзя непосредственно проводить наблюдения.

С помощью математического моделирования можно устанавливать взаимные связи между организмами в экосистемах, зависимость изменения

численности популяций и их продуктивности от действия экологических факторов. Математические модели дают возможность прогнозировать возможные варианты течения событий, определять конкретные связи, комбинировать их (например, какое количество диких животных можно отстреливать с природных популяций, чтобы не понижать их плотность на данной территории; предсказать резкое увеличение численности сельскохозяйственных вредителей; последствия антропогенного воздействия на отдельные экосистемы и биосферу в целом).

Основные методы экологических исследований: полевые, экспериментальные исследования с использованием экосистемного, популяционного, эволюционного и исторического подходов, изучения сообществ и анализ мест проживания.

Методы экологических исследований являются очень важной составной частью экологии, с их помощью появляются новые данные, факты, гипотезы, теории новых экологических явлений и процессов.

Важной задачей экологии является рассмотрение теоретических, принципиальных, методичных и техногенных вопросов разработки системы экологических исследований.

В экологии используются научные методы исследований. Они основаны на исследовании экологических проблем Украины, используются результаты экспедиций экологической направленности.

В экологии очень часто используют различные физико-химические методы определения некоторых химических ингредиентов в объектах природной среды (например, определение кислотности среды, химико-спектральный анализ, методы аналитического анализа).

Методы биохимических исследований используют для определения биохимических показателей для мониторинговой оценки состояния экосистем.

Наиболее эффективным методом исследований является паспортизация и атмосферный мониторинг, паспортизация водных объектов, составление паспортов токсических отходов.

Наглядным методом является экологическое картографирование – составление карты загрязнений атмосферного воздуха, карт загрязнений водных объектов, карт радиационного загрязнения, карт здоровья населения, карт экономического ущерба от чрезвычайных экологических ситуаций и пр.

Слова и словосочетания для активного усвоения

Индикация	Территория
Аутэкология	Ландшафт
Синэкология	Круговорот
Экологический мониторинг	Популяция
Локальный, региональный, глобальный мониторинг	Антропогенное воздействие
	Химико-спектральный анализ

4 Основные этапы развития экологической науки

Экология – относительно молодая наука, она сформировалась как наука не больше 100 лет назад.

Немецкий биолог-эволюционист Эрнест Геккель (1834 – 1919) первый ввел термин «экология» в 1866 году, он понимал под экологией сумму знаний про взаимоотношения животных с окружающей средой, прежде всего с живыми организмами, с которыми они взаимосвязаны. Вслед за Геккелем многие биологи рассматривали экологию как науку, изучающую места проживания живых организмов. Основы экологической науки можно найти в трудах многих ученых – Ж. Б. Ламарка, Э. Зюсса, А. Гумбольдта, В. Гольдшмидта, Ф. Кларка и др.

Но именно экологические исследования ученые стали проводить только в XX веке, где-то в 70-е годы, когда перед человечеством особо остро встали проблемы загрязнения природной среды, увеличение численности населения, нехватка пищевых продуктов, нехватка минеральных и энергетических ресурсов, и пр.

Современная экология является теоретической основой рационального природопользования, ей принадлежит ведущая роль в разработке стратегии взаимоотношений природы и человеческого общества.

В XVII – XVIII веках экологические сведения составляли значительную часть в работах, посвященных отдельным группам живых организмов, например, в трудах А. Реомюра о насекомых, Л. Трамбле о гидрах. В трудах С. П. Крашенинникова, И. И. Лепехина, П. С. Палласа и др. русских географов и натуралистов изучалась взаимосвязь изменения климата, растительности и животного мира в различных частях России.

Ж. Б. Ламарк (1744 – 1829), автор первого эволюционного учения, считал, что «влияние внешних обстоятельств» - одна из самых важных причин эволюции животных и растений.

Труды А. Гумбольдта (1804) определили новое экологическое направление в географии растений, он ввел в науку представление о том,

что «физиономия» ландшафта определяется внешним обликом растительности.

Профессор К. Ф. Рулье (1814 – 1858) разработал широкую систему экологического исследования животных, «зообиологии», в его понимании, и оставил ряд трудов экологического содержания, например, описание общих особенностей водных, наземных, позвоночных и др. Его ученик Н. А. Северцов (1827 – 1885) разработал труд «Периодические явления в жизни зверей, птиц Воронежской губернии» который был глубоким экологическим исследованием животного мира отдельного региона.

В 1859 г появилась книга Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь», и стало понятно, что взаимоотношения живых существ и связи их с окружающей средой – большая самостоятельная часть исследований.

В 1877 г немецкий гидробиолог К. Мёбиус обосновал представление о биоценозе как о глубоко закономерном сочетании организмов в определенных условиях среды.

Для развития биоценологии большое значение имели исследования В. Н. Сукачева, Б. А. Келлера, В. В. Алехина, которые разрабатывали разнообразные системы классификации растительности; представления об экологических индикаторах и пр.

Первый учебник по экологии животных опубликовал Д. Н. Кашкаров (1838).

Основоположником новой области экологической науки – популяционной экологии считается английский ученый Ч. Элтон, опубликовавший в 1927 г книгу «Экология животных».

В 1935 г английский ученый А. Тенсли ввел понятие «экосистемы», а в 1942 г В. Н. Сукачев обосновал представление о биогеоценозе. В этих понятиях нашла отражение идея о единстве круговоротов веществ и превращениях энергии.

Особое место в развитии экологии как науки принадлежит В. И. Вернадскому (1863 – 1945), он стал автором учения о биосфере; в своих идеях он намного опередил современную ему науку.

Развитие экологии началось с изучения окружающей среды, в которой живут и развиваются различные виды, изучения их взаимоотношений, симбиоза, взаимоотношений с другими видами. Это первая фаза в развитии экологии. В дальнейшем экология занимается изучением экосистем как функциональных природных объектов, которые представляют собой саморегулирующиеся объекты. В третьей фазе развития экологические исследования направлены на изучение взаимодействия экосистем, которые все вместе складываются в единое целое – в биосферу. Подробное изучение биосферы – это четвертая фаза развития биосферы.

Одной из первых среди множества государств Украины уравнила в правах экологию с физикой, химией, биологией, географией и др., признав ее самостоятельной научной дисциплиной. Тем самым было отдано должное одной из наиболее актуальных, перспективных и жизненно важных наук. Но этой чести удостоилась не геккелевская (традиционная) экология, чисто биологическая наука, а совсем другая – междисциплинарная наука, объединившая большинство ныне существующих наук для решения проблем выживания человечества, вставшего на грань экологической катастрофы.

Экология в том понимании, какое в нее вкладывали ее основатели, развившаяся в этом русле в течение столетия, существует и должна развиваться в дальнейшем, а научная дисциплина, зародившаяся в недрах геккелевской экологии, но ставящая целью разрешение глобальных проблем человечества называется неозоологией.

Слова и словосочетания для активного усвоения

Природопользование	Экологические индикаторы
Эволюционное учение	Популяция
Ландшафт	Экосистема
Естественный отбор	Круговорот
Биоценоз	Биосфера
Классификация	

5 Экология – междисциплинарная наука

Экология как наука сформировалась на основании многих наук.

Философия. По мнению многих ученых, экология – это не только наука, но и метод мышления, определенный подход.

Актуальным философским элементом подхода является экологическая этика, которая связана с экологически корректным поведением человека с природой, сознанием того, что все живые организмы имеют равные права с человеком для жизни на Земле.

Биологические науки. Экология базируется на материале из многих областей биологии: морфологии (наука про строение организмов, включает в себя анатомию), эмбриологии (наука о развитии зародышей), гистологии (наука о строении тканей), цитологии (наука о строении клетки) и др. наук, таких как ботаника, зоология, микробиология.

Математические науки. Экология – точная наука, поэтому все взаимодействия и закономерности оцениваются мерой и числом. В ней

широко используется математическое моделирование, прогнозирование процессов и явлений.

Химические науки. Организм человека и других живых существ представляет собой сложнейшую саморегулирующуюся биохимическую систему, которая на протяжении всей жизни находится в химическом взаимодействии со средой обитания. Это взаимодействие заключается в потреблении пищи, кислорода, воды и выделении продуктов распада. В живых организмах на протяжении всей жизни непрерывно осуществляется обмен веществ (метаболизм), в процессе которого выделяется необходимая организму энергия. Метаболизм по своей сути представляет совокупность процессов распада (катаболизма) и синтеза (анаболизма) биоорганических веществ в живом организме, обеспечивающих его самообновление и самовоспроизводство. Все это – химические процессы. В наше время сформировались новые науки о Земле: химия воды, химия грунтов, химия атмосферы, химия океана и совершенно новая наука – химия окружающей среды.

Физические науки. Закономерности биологических процессов превращения веществ в цепях питания, в атмосфере, в водной среде подчинены фундаментальным законам физики: закону сохранения массы и другим правилам термодинамики.

Географические науки. Чувствительность природных систем различных географических зон (и водных, и земельных) на антропогенные воздействия различна. Это необходимо учитывать при организации природопользования.

Экономические науки очень тесно связаны с экологией. Все развитые страны прошли путь от штрафов за загрязнение окружающей среды до квот как формы стимулирования охраны природы, теперь гораздо чаще используют налоговые льготы, продажу лицензий, что доказывает немалую ценность экологических нормативов для промышленных производств и окружающей среды.

Экологические требования влияют на структуру экономики, ценообразование, международные отношения.

Экология тесно связана с *политикой*. Сохранение ресурсов, создание гармоничного высокого качества окружающей среды с целью развития человечества – это направление развития экологии можно поддержать правильной политикой лицензирования, кредитования, ценообразования.

Экология тесно связана с *культурой*. В последние годы все более быстрыми темпами в обществе идет процесс осознания необходимости сохранения и рационального использования природных ресурсов, важности экологических знаний. Человечество представляет собой коллективный разум и на нем лежит ответственность за сохранение жизни на Земле, за жизнь будущих поколений. Для этого нужны новые знания, неотъемлемой частью которых должна стать экологическая составляющая,

обеспечивающая новую экологическую культуру и экологическую компетентность любого специалиста.

Экология связана с *правовыми науками*. С помощью экологического права, которое основано на знаниях законов развития природы и общества, человек может дисциплинировать свое поведение. Цель экологического права – являться юридическим инструментом регулирования поведения человека через установление взаимных прав и обязанностей государств и других субъектов международных отношений в сфере взаимодействия человеческого общества с окружающей средой.

Медицинские науки. Увеличение экологической опасности загрязнения природной среды в результате различных природных процессов или веществами антропогенного происхождения приводит к отклонению от конкретных физиологических условий, необходимых для развития живых организмов. Поэтому необходимо знать, к каким последствиям может привести действие вредных веществ на живые организмы, в каких концентрациях и дозах эти вещества являются опасными и неопасными, какое содержание загрязняющих веществ является предельно допустимым в окружающей среде, в живом организме.

Слова и словосочетания для активного усвоения

Мышление	Биохимическая система
Корректное поведение	Среда обитания
Морфология	Метаболизм
Эмбриология	Анаболизм
Гистология	Катаболизм
Цитология	Природопользование
Закономерность	Лицензирование
Моделирование	Экологическая составляющая
Прогнозирование	Экологическая культура

6 Биосфера

Впервые термин «биосфера» употребил Ламарк (1802). В науку термин «биосфера» ввел Зюсс (1875), понимая под этим особую земную оболочку, охваченную жизнью. Современное представление о биосфере сформировано В. И. Вернадским (1863 – 1945), который был Президентом Украинской Академии наук, академиком Петербургской АН, затем академиком АН СССР, членом многих иностранных академических наук.

Вернадский отбросил чисто биологический подход – т.е. изучение конкретного живого организма, разработал представление о биосфере как глобальной единой системе Земли, где весь основной ход геохимических и энергетических превращений определяется жизнью. Большинство

процессов, меняющих в течение геологического времени облик нашей планеты раньше рассматривали как чисто физические, химические или физико-химические явления (размыв, растворение, осаждение и т.п.), Вернадский впервые создал учение о геологической роли живых организмов, показав, что деятельность живых организмов является главным фактором преобразования земной коры.

Биосфера (по Вернадскому) – та область нашей планеты, в которой существует или когда либо существовала жизнь и которая постоянно подвергается или подвергалась воздействию живых организмов. Биосфера состоит из живого и неживого компонентов. Участие каждого отдельного организма в геологической истории Земли ничтожно мало. Но живых существ на Земле бесконечно много, они обладают высоким потенциалом размножения, активно взаимодействуют со средой обитания и в конечном счете представляют в своей совокупности особый, глобальный фактор, преобразующий верхние оболочки Земли.

Всю совокупность организмов на Земле Вернадский назвал живым веществом, рассматривая в качестве его основных характеристик суммарную массу, химический состав и энергию.

Биосфера – это часть основных оболочек планеты (атмосферы, гидросферы и литосферы), в которой сконцентрировано живое вещество – биота Земли, поэтому границы жизни на планете является одновременно и границами биосферы.

Атмосфера – самая легкая оболочка Земли, которая граничит с космическим пространством, через атмосферу осуществляется обмен веществом и энергией с космосом. Атмосфера состоит из тропосферы, стратосферы и ноосферы.

Гидросфера – водная оболочка Земли, совокупность океанов, морей, водных объектов суши (реки, озера, болота, водохранилища), подземных вод, включая ледники, снежный покров.

Литосфера – твердая оболочка Земли, включает земную кору и часть верхней мантии планеты.

Верхней границей атмосферы служит так называемый защитный озоновый экран на высоте 25 – 30 км, выше которого ультрафиолетовая часть солнечного излучения исключает существование жизни. Атмосфера же над поверхностью Земли насыщена многообразными живыми организмами, передвигающимися в воздухе активным или пассивным способом. Споры бактерий и грибов обнаруживают до высоты 22 км, но основная часть аэропланктона сосредоточена в слое до 1,5 км.

Нижняя граница биосферы простирается на 2-8 км ниже дна океана. В литосфере жизнь ограничивает прежде всего температура горных пород и подземных вод, которая постепенно возрастает с глубиной и на уровне 10 км достигает 100°C. Самая большая, на которой в породах земной коры были обнаружены бактерии, составляет 4 км. В океане жизнь

распространена до более значительных глубин и встречается даже на дне океанических впадин (10 км от поверхности), так как температура там около 0°C.

Согласно Вернадскому, биосфера складывается из трех категорий, субстанций:

- 1) живое вещество – совокупность всех живых организмов: микроорганизмов, грибов, растений и животных, их активная биомасса;
- 2) биогенное вещество – продукты жизнедеятельности организмов, торф, уголь, нефть и газ биогенного происхождения, также осадочные карбонаты, фосфориты и т.д.;
- 3) биокосное вещество – смеси живого вещества и биогенных веществ с минеральными породами небиогенного происхождения (почвы, илы, природные воды, часть осадочных пород, горные породы магматического происхождения).

Таким образом, к современной биосфере относятся вся совокупность живых организмов и все вещества литосферы, гидросферы, атмосферы, которые в настоящее время участвуют в природном круговороте, т.е. находятся под контролем потребления, трансформации и продуцирования живыми организмами.

Суммарная масса (биомасса) живых организмов Земли, по разным источникам, оценивается от $1,8 \cdot 10^{12}$ до $4,4 \cdot 10^{12}$ тонн.

Из работ Вернадского и его последователей понятно, что, изучая огромное влияние живого вещества на характер и процессы химических превращений в биосфере, нельзя не сделать вывод о взаимной связи в ней живого и неживого. То есть, не только совокупность организмов приспособлена к среде, в которой существует, но и среда приспособлена к организмам. Постоянный обмен веществом и энергией между организмом и средой осуществляется через размножение – главное и основное свойство жизни.

6.1 Свойства биосферы

Целостность и дискретность. Целостность биосферы обусловлена взаимосвязями составляющих ее компонентов, она достигается круговоротом веществ и энергии. Замена одного из компонентов приводит к изменению других компонентов и биосферы в целом. Причем, биосфера – это не механическая сумма компонентов, а качественно новое образование, которое обладает своими особенностями и развивается как единое целое.

Биосфера – система с прямыми и обратными (положительными и отрицательными) связями, которые обеспечивают механизм ее функционирования и устойчивость. На понятии целостности биосферы

основывается теория и практика рационального природопользования. Эта закономерность позволяет предсказывать возможные изменения в природе, прогнозировать результаты деятельности человека на окружающую среду.

Централизованность. Центральным звеном биосферы является живое вещество. Это свойство биосферы, к сожалению, недооценено человеком. Центральной фигурой биосферы считается человек (идея антропоцентризма).

Устойчивость и саморегуляция. Биосфера способна возвращаться в исходное состояние, т.к. это – открытая, сложная, многокомпонентная, саморегулирующаяся, связанная с космосом система живого вещества и минеральных соединений. Огромное внутреннее разнообразие биосферы определяет ее устойчивость, обеспечивающую блокирование (нейтрализацию) внешних и внутренних возмущений вплоть до возмущений, носящих катастрофический характер. Но есть предел этой устойчивости и саморегуляции. Если изменения в среде выходят за пределы периодических колебаний, к которым приспособлены организмы, то сложность экосистем и биосферы в целом нарушается.

Ритмичность. Для биосферы характерно ритмическое развитие – повторение во времени определенных явлений. В природе существуют ритмы различной продолжительности, основные из них – суточные, годовые, внутривековые и внешневековые. Суточный ритм выражается в изменении температуры, давления, влажности воздуха, силы ветра, приливах и отливах, циркуляции бризов, процессе фотосинтеза в растениях. Годовой ритм – это смена времен года, изменения в почвообразовании и разрушении горных пород, сезонная хозяйственная деятельность человека. Суточный ритм обусловлен вращением Земли вокруг собственной оси, годовой – вращением Земли по орбите вокруг Солнца. У различных систем – различный суточный и годовой ритм существования.

Круговорот веществ и энергетический фактор. Биосфера – открытая система, ее существование невозможно без поступления энергии извне. В отличие от солнечной энергии, количество атомов некоторых химических элементов на Земле является исчерпаемым. Круговорот веществ обеспечивает неисчерпаемость отдельных химических элементов. Например, если бы не биологический круговорот карбона, он бы уже не существовал как основной «строительный материал» всего живого.

Большое разнообразие. Биосфера – система, характеризующаяся большим разнообразием. Это свойство обусловлено следующими причинами: различными условиями жизни (некоторые организмы живут только в воде, некоторые – в грунте, некоторые – на земле и в атмосфере); разнообразием природных зон, которые различаются по климату, гидрологическим свойствам, по грунтам и др.; наличием регионов, которые отличаются по химическому составу (геохимические провинции);

биологическое разнообразие живых организмов (в наше время описано более 2 млн. видов, но реально их число на Земле – в несколько раз больше, чем описано: не учтено много видов насекомых, микроорганизмов, живущих в тропических лесах, глубоких частях океанов и других малодоступных местах).

Слова и словосочетания для активного усвоения

Фактор	Гидросфера
Живой и неживой компоненты	Литосфера
Размножение	Биокосное вещество
Среда обитания	Биомасса
Глобальный фактор	Размножение целостность
Живое вещество	Централизованность
Оболочка	Устойчивость
Биота	Саморегуляция
Озоновый экран	Ритмичность
Ультрафиолетовое излучение	Круговорот
Атмосфера	

7 Ноосфера

Автором ноосферной концепции является В. И. Вернадский, он писал: «... есть новое геологическое явление на нашей планете. В нем впервые человек становится крупнейшей геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше». К ноосферным идеям Вернадский пришел, изучая эволюцию биосферы, но самого термина «ноосфера» он еще не использовал. В то же время Вернадский отмечал, что человек неотделим от биосферы, а «его существование есть ее функция».

Силой своего разума и труда, для того чтобы обеспечить свое существование, человек перестраивает область своей жизни. В результате в XX веке все более резко химически и биологически меняются компоненты природной среды. И человек должен прилагать все больше усилий – умственных и трудовых для того, чтобы сохранить для грядущих поколений природную среду. Но человеком производятся не только никогда не существовавшие в природе минеральные вещества (например, самородный алюминий, который выплавляют в огромных количествах) и синтезируются все новые и новые органические соединения, но и создаются новые виды и расы животных, растений, бактерий.

Основные положения концепции В. И. Вернадского:

- 1) человечество – великая геологическая сила;
- 2) эта сила есть разум и воля человека как существа социально организованного;
- 3) облик планеты изменен человеком настолько глубоко, что оказался затронутым ее биохимический метаболизм;
- 4) человечество эволюционирует в сторону обособления от остальной биосферы.

Вернадский подчеркивал, что деятельность человека имеет как положительные, так и отрицательные последствия. К числу отрицательных проявлений нарушения экологического равновесия в природных процессах относятся:

- химические загрязнения компонентов биосферы;
- опасность неконтролируемого, неуправляемого использования атомной энергии.

Вернадский отмечал, что в XX веке впервые в истории Земли человек узнал и охватил всю биосферу, расселился по всей ее поверхности. И одновременно эволюция всего человеческого общества предстает как совокупная эволюция умственных способностей человека, освоения все более эффективных источников энергии, орудий и технологий труда, науки и культуры.

Опыт всех предшествующих поколений и настоящего времени показывает, что человечество, к сожалению, движется не к созданию гармоничной с природой ноосферы, а по пути деструкции биосферы и замены ее инженерно-техническими сооружениями (техносферой): почвенный покров заменяется асфальтом, растительность – жилыми и промышленными строениями.

Но Вернадский выражал твердую уверенность в том, что человечество рано или поздно осознает пагубность неконтролируемого вмешательства в природные процессы и неизбежно встанет на прогрессивный путь развития.

На рубеже XX и XXI веков человеческое общество начало осознавать конечность своего существования. Не успела отойти на второй план опасность гибели от ядерной войны, как приблизилась не менее страшная глобальная экологическая опасность.

В.А. Зубаков предлагает два крайних сценария будущего человечества. По первому сценарию человечество не сможет задержать приближение глобального экологического кризиса. Развитие мира будет идти в ближайшие 30 – 40 лет стихийно. В этих условиях даже без ядерной войны к концу XXI века деградация биосферы и замена ее техносферой станет реальностью.

По второму сценарию в течение ближайших двадцати лет человечество сможет либо найти выход из глобального экологического

кризиса, либо существенно его замедлить. Этого можно достичь только при условии политического объединения человечества, контроля рождаемости, полного экологизирования производства и переходя от классового противостояния к отношениям социальной справедливости. Путь к ноосфере лежит через переход от природопотребительского мышления к принципиально новому экологическому мышлению, нацеленному на органическое слияние человеческого общества с биосферой.

Слова и словосочетания для активного усвоения

Ноосфера	Техносфера
Геологическое явление	Прогресс
Концепция	Глобальная экологическая
Метаболизм	опасность
Эволюция	Деградация
Деструкция	Экологическое мышление

8 Структура макроэкологии

Современная экология – макроэкология – это комплекс фундаментальных и прикладных дисциплин, основными из которых являются общая экология, неозология, биоэкология, социальная экология, прикладная экология, геология.

Общая экология состоит в основном из теоретической, математической и экспериментальной экологии, также моделирования экологических систем и процессов.

Теоретическая экология устанавливает общие закономерности взаимодействия экологических систем. Природные экологические процессы довольно сложно изучать в реальных условиях, поэтому используют экспериментальные методы и математическое моделирование экологических проблем.

Неозология – новая отрасль знаний, самой главной особенностью является то, что она наследует основные традиции классической экологии, используя ее как фундамент, имея свой собственный объект, предмет и методы исследования и т.д.

Объектом исследования неозологии является антропосфера – уникальная и самая сложная из всех сфер, в пределах которой взаимодействуют различные уровни организации сложной системы «природа – хозяйство – население».

Предметом исследования неозологии являются законы, закономерности, правила развития и функционирования антропосферы и

биосферы, поиск оптимальных форм внутреннего взаимодействия, обеспечивающего экологически безопасную жизнедеятельность всех составляющих.

Геоэкология – практический раздел экологии, который занимается изучением региональных и глобальных изменений компонентов природной среды, обусловленных техногенным воздействием. В конкретной практике объектом изучения геоэкологии являются экосистемы – управляемые или контролируемые человеком территориальные системы, представляющие участки ландшафтной сферы с характерными для них процессами тепло- и влагообмена, биохимическими круговоротами, определенными видами хозяйственной деятельности и социокультурных отношений.

Биоэкология – изучает экологию групп организмов, экологию биосистем, эволюционную экологию и биосферу. Биоэкология является «прародительницей» всей экологии. Ее основная суть состоит в системности изучения экологии различных групп организмов – бактерий, грибов, растений, животных и роли различных экологических факторов в эволюционном развитии организмов. На основании изучения роли веществ, энергии, информации в жизнедеятельности организмов формируется представление про экологию как экономику природы.

Социальная экология объединяет экологию личности, семьи, социальных групп, экологию потребностей, экологию этносов и экологию человека. Социальная экология (экосоциология) представляет собой комплекс дисциплин, которые изучают взаимодействие человека как биологической особи или социального объекта с окружающей природной или социальной средой, благодаря приспособливанию человека к этой среде с учетом уровня культуры и цивилизации. Она исследует связь разных общественных структур (начиная с семьи) с природной и социальной средой. К социальной экологии относится экология культуры, цивилизации как главного отличия популяции человека. Вершиной этой области знаний является эволюционная экология человека.

Прикладная экология представляет собой инженерную экологию (строительства, транспорта), экологическую экономику природопользования, сельскохозяйственную экологию (агроэкологию, экологию сельскохозяйственных животных), промышленную экологию, коммунальную, медицинскую, космическую, военную экологию и др. Формируется строительная экология, которая рассматривает рациональное и безопасное использование промышленных отходов в качестве заменителей природных материалов, добавок, строительство конструкций из отходов, их взаимодействие с окружающей средой, действие окружающей среды на конструкции и сооружения. Важной отраслью прикладной экологии является экологическая экспертиза планов, проектов, технологий и продукции, которая выпускается. Сюда же относится

разработка технических приспособлений охраны окружающей среды от антропогенных воздействий, а также способов восстановления природных систем, нарушенных человеком.

Учитывая сегодняшнее широкое понятие термина «экология», наиболее верно использовать определение экологии как науки, которое дал известный американский эколог Ю. Одум: «Экология – междисциплинарная область знаний о строении и функционировании многоуровневых систем в природе и обществе и их взаимных связей».

Таким образом, макроэкология – это комплекс дисциплин, которые изучают различные области деятельности человека и его взаимоотношений с природной средой. В связи с этим исследовался механизм антропогенного воздействия на окружающую среду, формируются экологические критерии экономики, находят обоснование нормы рационального природопользования.

Слова и словосочетания для активного усвоения

Макроэкология	Эволюционная экология
Неоэкология	Экологический фактор
Геоэкология	Социальная экология
Техногенные воздействия	Социальный объект
Геосистемы	Рациональное использование
Территориальные системы	Промышленные отходы
Ландшафт	Экологическая экспертиза
Влагообмен	Антропогенные воздействия
Биоэкология	

9 Экосистема

К. Сытник так сформулировал определение понятия «система» в экологии: «Система саморавновешивающаяся и саморегулирующаяся, открытая (термодинамически), определенным образом упорядоченная материальная и/или энергетическая совокупность, существующая и управляющая как относительно устойчивое единое целое за счет взаимодействия, распределения и перераспределения имеющихся, поступающих извне и продуцируемых совокупностью веществ, энергии и информации, а также обеспечивающая преобладание внутренних связей (в том числе перемещений веществ, энергии, информации) над внешними».

Экологическая система имеет те же признаки, которыми обладает любая система. В их числе:

- 1) целостность и обособленность – изменение одного свойства обязательно вызывает изменение всех других – признак целостности, а наоборот – обособленности;
- 2) прогрессирующая изоляция – вызывает или распад, или рост;
- 3) прогрессирующая систематизация – изменения направлены в сторону целостности;
- 4) централизация – один элемент или одна подсистема играют доминирующую роль в функционировании системы.

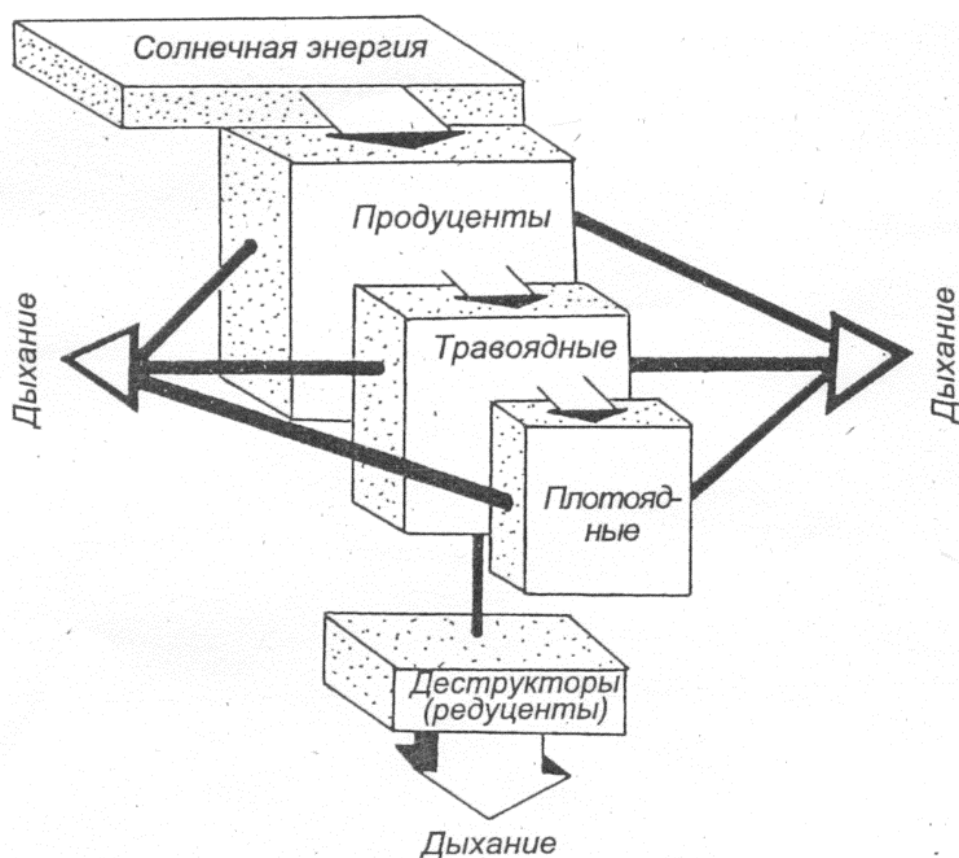


Рис.1 - Схема экосистемы

Необходимо учитывать еще одно свойство – эмерджентность. Это наличие в системе таких свойств, которые не наблюдаются ни у одного из ее элементов в отдельности.

Определить понятие «экосистема» нельзя без понятий «биоценоз» и «биогеоценоз».

Биоценоз – это совокупность популяций различных видов растений, животных и микроорганизмов, населяющих какой-либо участок земной поверхности. Термин «биоценоз» предложил К. Мёбиус (1877), он рассматривал биоценоз как составную часть биогеоценоза.

Биогеоценоз – исторически сформировавшийся взаимообусловленный комплекс живых и неживых компонентов однородного участка земной поверхности, связанных обменом вещества и энергии. Это понятие ввел С.Н. Сукачев (1940).

По С. Шварцу (1969) биогеоценоз представляет собой элементарную единицу биосферы.

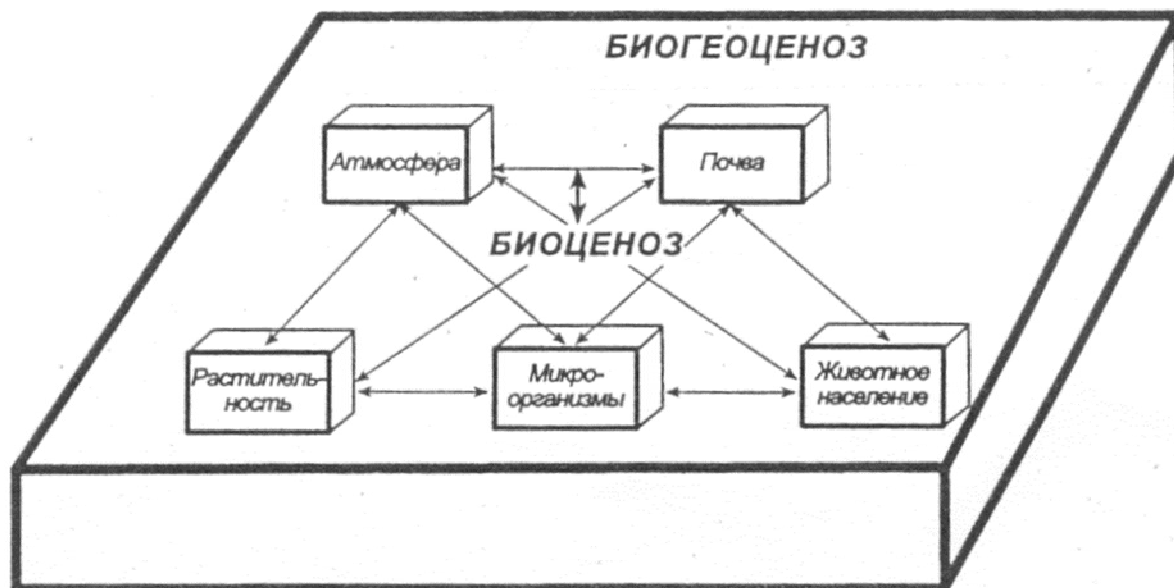


Рис. 2 - Схема биогеоценоза

Таким образом, биоценоз – это совокупность живых компонентов, биогеоценоз – это не только живая, но и неживая материя, которая взаимодействует с живой, делает определенный участок земной поверхности неповторимым.

Главное, что в экосистеме компоненты всегда неравноправны, то есть в ней всегда имеется «хозяин», по отношению к которому рассматриваются все другие компоненты, кроме того, для экосистемы характерно отсутствие четких границ между ее компонентами.

9.1 Основные типы экосистем

Экосистемы суши. Главными факторами, которые определяют характерные особенности пустынь, лесов или травянистых сообществ на конкретной территории есть среднегодовое количество выпавших осадков, среднегодовая температура, тип грунтов. Сочетание этих факторов приводит к возникновению тропических, умеренных и полярных вариантов пустынных, травянистых или лесных экосистем.

Пустыня – территория, на которой выпаривание превышает количество выпавших осадков (сумма выпавших осадков, обычно, меньше 250 мм в год). На таких территориях вырастает мизерная, редкая, очень

низкая растительность. Пустынные экосистемы занимают около 16% поверхности суши и расположены, главным образом, в тропических и субтропических районах. Существует 3 основных типа пустынь: тропические, умеренные и холодные. Растения и животные пустынь приспособлены улавливать и сохранять дефицитную влагу. Большинство животных, проживающих в пустыне, спасаются от дневной жары, прячась в норах, активны ночью.

Травянистые экосистемы характерны для регионов, где среднегодовое количество осадков достаточно для того, чтобы выросли травы, но выпадают они неравномерно, периодические засухи и пожары не дают возможности вырастить деревьям на больших площадях.

Основные типы травянистых сообществ:

- 1) Тропические травянистые (саванны) расположены в регионах, для которых характерны высокие средние температуры, два длительных сухих сезона и обильные осадки в остальное время года;
- 2) Травянистые сообщества умеренных широт – это высокотравные и низкотравные прерии Среднего Запада и Запада США и Канады, пампы Южной Америки, вельды Южной Африки и степи, которые тянутся от Центральной Европы до Сибири.
- 3) Полярные травянистые сообщества или арктическая тундра находится под действием штормовых холодных ветров, покрыты снегом и льдом. Зимы здесь холодные и очень темные. Среднегодовое количество осадков невелико, в основном выпадает снег.

Основные типы лесов:

Влажные тропические леса расположены в приэкваториальных районах, для них характерны относительно высокие среднегодовые температуры, которые практически не изменяются по сезонам. Это, практически, самые богатые различными видами экосистемы: на 1 гектаре различных видов растений и деревьев растет больше, чем где-либо. В основном, это – широколиственные вечнозеленые виды, на открытых поверхностях растут пальмы. Очень много ползучих растений – лиан.

Лиственные леса умеренных широт растут в районах с невысокими средними температурами, которые изменяются в зависимости от сезона. Обычно, здесь долго продолжается лето, зимы – не очень суровые, осадки выпадают равномерно в течение всего года. Широколиственные породы деревьев смешаны с хвойными (туя, сосна, ель и др.).

Северные хвойные леса (тайга) расположены в районах субарктического климата. Зимы тут длинные и сухие с коротким световым днем и снегопадами. Эти леса состоят, в основном, из вечнозеленых елей, сосен, различных видов берез, осин и тополей.

Лимитирующими факторами водных экосистем являются: соленость – содержание растворимых солей, в основном, хлорида натрия в массе

воды; глубина проникновения солнечного света; количество растворимого кислорода; доступность питательных элементов; температура воды.

По степени солености вод водные экосистемы подразделяют на 2 больших класса: соленые (морские) и пресноводные.

В любом океане Земли можно выделить две основные зоны: прибрежную и открытый океан.

Прибрежная зона – это относительно теплое, богатое питательными веществами мелководье, которое протянулось от линии прилива на суше, до края подводного продолжения континента, которое называют континентальным шельфом. От открытого океана прибрежную зону отделяет область резкого увеличения глубин у края континентального шельфа.

Пресноводные озера – это обширные природные водоемы, которые образовались при заполнении впадин земной поверхности осадками, водами поверхностного и подземного стока.

По степени трансформации деятельности человека экосистемы делят на: природные, антропогенно-природные (лесные посадки, луга, поля хоть и состоят из природных компонентов, но созданы и регулируются человеком), антропогенные (города, промышленные узлы, села).

Слова и словосочетания для активного усвоения

Саморазвивающаяся и саморегулирующаяся система	Биогеоценоз
Прогрессирующая систематизация	Лимитирующий фактор
Эмерджентность	Трансформация
Биоценоз	Антропогенные

10 Пищевые цепи и экологические пирамиды

Биота от (греческого biote – жизнь) – исторически сложившаяся совокупность живых организмов, объединенных общей областью распространения в настоящее время или в прошедшие геологические эпохи. В состав биоты входят как представители клеточных организмов (растения, животные, грибы, бактерии и пр.) так и бесклеточные организмы (например, вирусы).

Биота является важной составной частью экосистемы и биосферы, она активно участвует в биогеохимических процессах. В отличие от биоценоза биота может характеризоваться отсутствием экологических связей между различными видами организмов (например, кенгуру и рыба ператодус, входящие в состав австралийской фауны).

Биогенное вещество – химическое соединение, возникшее в результате жизнедеятельности организмов (но не обязательно входящее в состав их тел), например, известняки, каменный уголь, нефть, торф и пр.

В числе ключевых понятий общей экологии – продуценты, консументы и редуценты

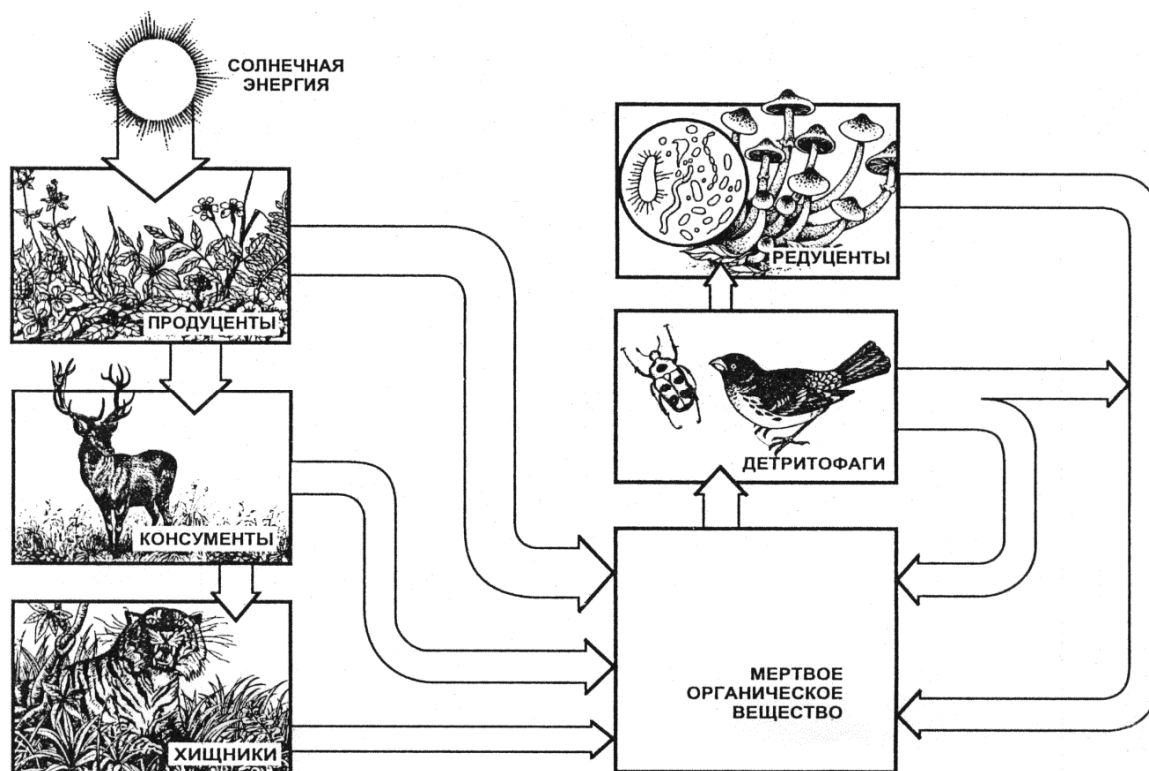


Рис. 3 - Обобщающая схема трофической структуры сообщества

Продуценты (производители) – 1) автотрофы, которые посредством фотосинтеза и хемосинтеза запасают потенциальную энергию в виде органического вещества, полученного из простых неорганических составляющих; 2) организмы, которые служат источником получения какого-либо вещества, используемого человеком (микроорганизмы – продуценты антибиотиков; растения – продуценты эфирных масел, фармакологически ценных соединений и др.).

Консументы – организмы, питающиеся органическими веществами, синтезированными автотрофами, непосредственно либо через другие организмы. Сюда относятся все животные, часть микроорганизмов (паразитические и сапрофитные) и растения.

Редуценты (деструкторы) – организмы, главным образом бактерии и грибы, в процессе жизнедеятельности минерализующие мертвое органическое вещество, то есть превращающие его в более или менее простые неорганические соединения, которые затем используются продуцентами. Редуценты – это «очистители» биосферы от загрязнителей.

Цепи питания, пищевые цепи, трофические цепи – объект особо пристального внимания традиционной экологии. Это виды растений, животных, грибов и микроорганизмов, связанные друг с другом отношениями типа пища – потребитель, то есть организмы каждого предыдущего звена служат пищей для последующего с потерей 80 – 90% потенциальной энергии. В цепь питания обычно входят четыре-пять звеньев. Существует два основных типа цепей питания – пастбищный и детритовый.

Внутри экологической системы органические вещества создаются автотрофными организмами (например, растениями). Растения поедают животные, которых, в свою очередь, поедают другие животные. Такая последовательность называется пищевой цепью, каждое звено пищевой цепи называется трофическим уровнем (от греч. *trophos* – «питание»).

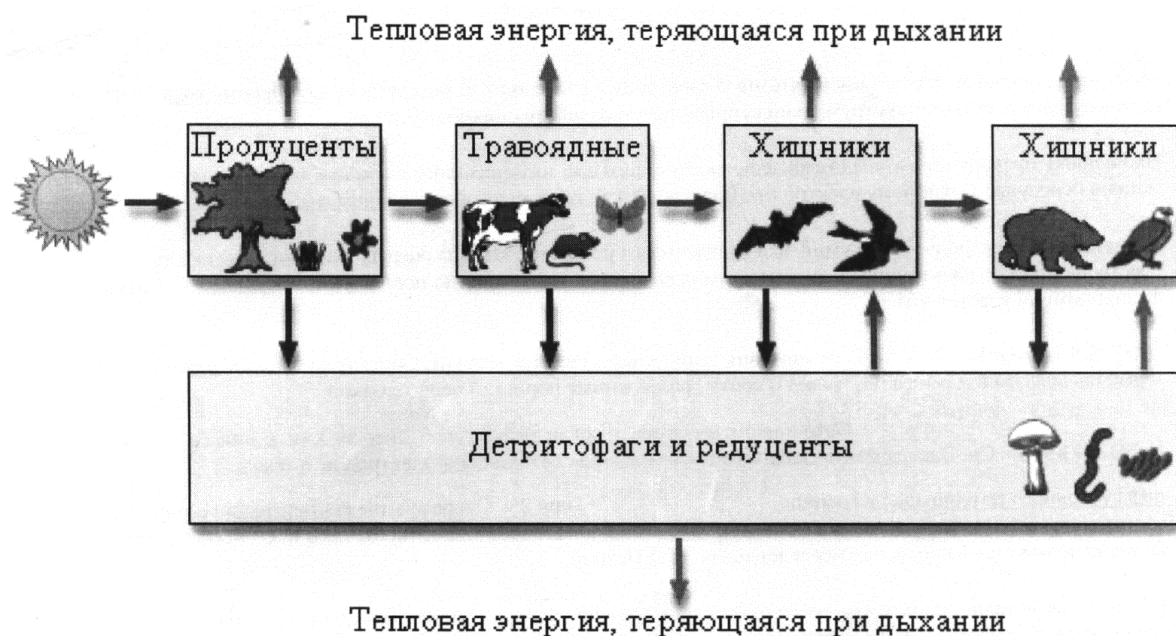


Рис. 4 - Поток энергии через типичную пищевую цепь

Организмы первого трофического уровня называются первичными продуцентами. На суше большую часть продуцентов составляют растения лесов и лугов; в воде это, в основном, зеленые водоросли. Кроме того, производить органические вещества могут сине-зеленые водоросли и некоторые бактерии.

Организмы второго трофического уровня называют первичными консументами, третьего трофического уровня – вторичными консументами и т.д. Первичные консументы – это травоядные животные (многие насекомые, птицы и звери на суше, моллюски и ракообразные в воде) и паразиты растений (например, паразитирующие грибы). Вторичные консументы – это плотоядные организмы: хищники либо паразиты. В типичных пищевых цепях хищники оказываются крупнее на каждом уровне, а паразиты – мельче. Существует еще одна группа организмов –

редуценты (деструкторы). Это сапрофиты (обычно, бактерии и грибы), питающиеся органическими остатками мертвых растений и животных (детритом). Детритом могут также питаться животные – детритофаги, ускоряя процесс разложения остатков. Детритофагов, в свою очередь, могут поедать хищники. В отличие от пастбищных пищевых цепей, начинающихся с первичных продуцентов (т.е. с живого органического вещества), детритные пищевые цепи начинаются с детрита (т.е. с мертвой органики).

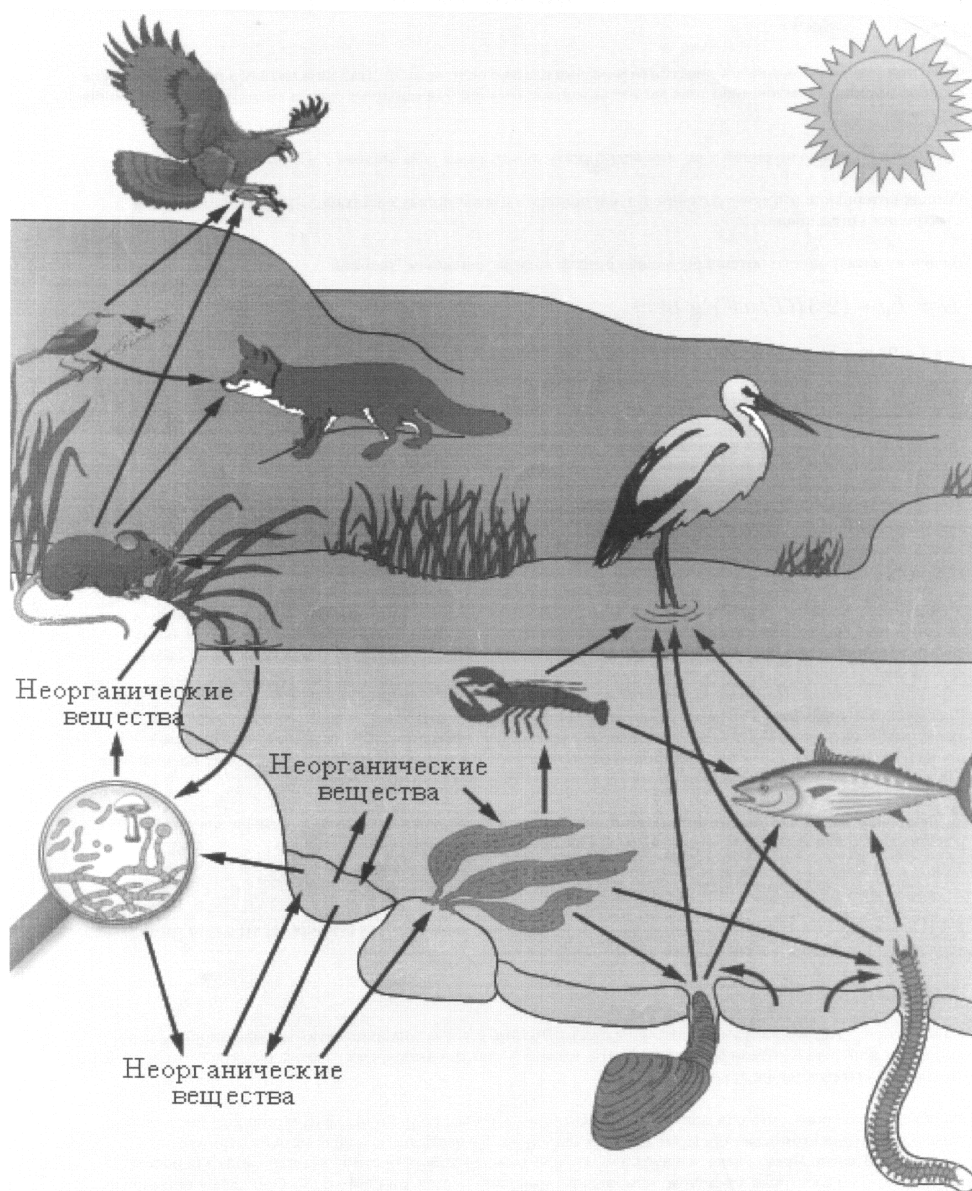


Рис. 5 - Пример пищевой сети

В схемах пищевых цепей каждый организм представлен питающимся организмами какого-то определенного типа. Действительность намного сложнее, и организмы (особенно хищники) могут питаться самыми разными организмами, даже из различных

пищевых цепей. Таким образом, пищевые цепи переплетаются, образуя пищевые сети. Пищевые сети служат основой для построения экологических пирамид. Простейшими из них являются пирамиды численности, которые отражают количество организмов (отдельных особей) на каждом трофическом уровне. Для удобства анализа эти количества отображаются прямоугольниками, длина которых пропорциональна количеству организмов, обитающих в изучаемой экосистеме.

Часто пирамиды численности строят в расчете на единицу площади (в наземных системах) или объема (в водных экосистемах).

В пирамиде численности дерево и колосок учитываются одинаково, несмотря на их различную массу, поэтому более удобно использовать пирамиды биомассы, которые рассчитываются не по количеству особей на каждом трофическом уровне, а по их суммарной массе.

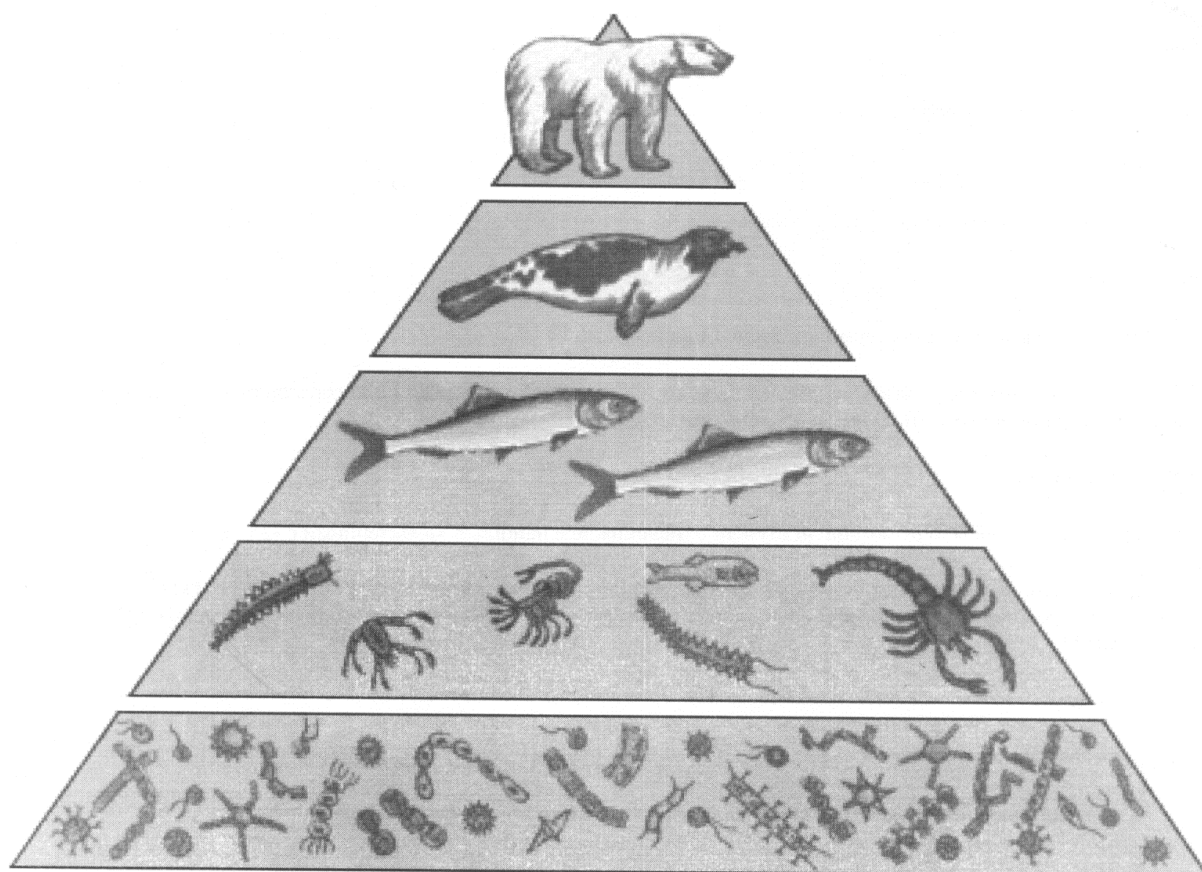


Рис. 6 – Упрощенный вариант экологической пирамиды

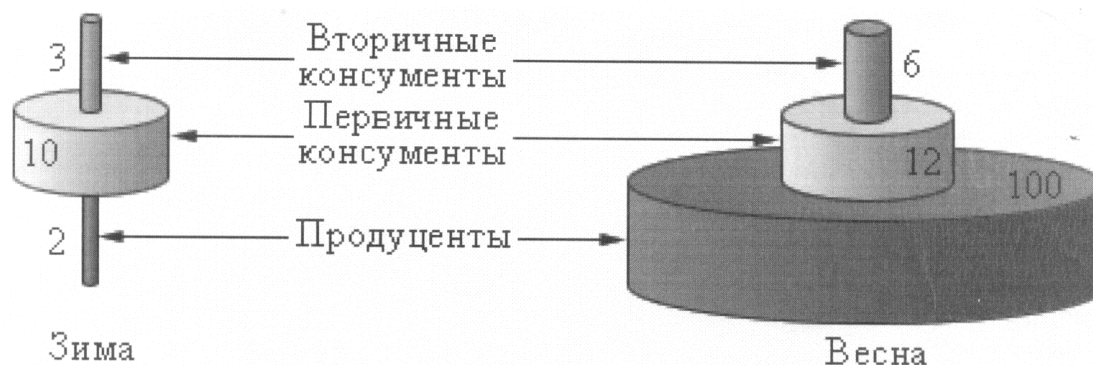


Рис. 7 – Пример сезонного изменения в пирамиде биомассы

Пирамиды биомассы не отражают энергетической значимости организмов и не учитывают скорость потребления биомассы. Это может приводить к аномалиям в виде перевернутых пирамид. Выходом из положения является построение наиболее сложных пирамид – пирамид энергии. Они показывают количество энергии, прошедшее через каждый трофический уровень экосистемы за определенный промежуток времени (например, за год – чтобы учесть сезонные колебания). В основание пирамиды энергии часто добавляют прямоугольник, показывающий приток солнечной энергии. Пирамиды энергии позволяют сравнивать энергетическую значимость популяций внутри экосистемы. Так, доля энергии, проходящей через почвенные бактерии, несмотря на их ничтожную биомассу, может составлять десятки процентов от общего потока энергии, проходящего через первичные консументы.

Органическое вещество, производимое автотрофами, называется первичной продукцией. Скорость накопления энергии первичными продуцентами называется валовой первичной продуктивностью (ВПП), а скорость накопления органических веществ – чистой первичной продуктивностью (ЧПП). ВПП примерно на 20% выше, чем ЧПП, т.к. часть энергии растения тратят на дыхание. Всего растения усваивают около 1% солнечной энергии, поглощенной ними.

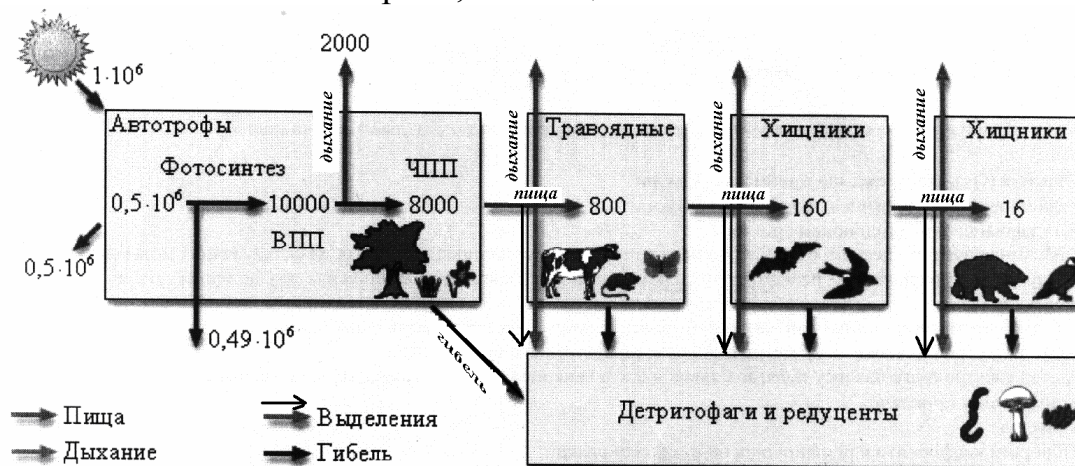


Рис. 8 – Поток энергии через пастбищную пищевую цепь

Все цифры на рис. 8 даны в кДж на метр в квадрате, умноженной на год.

При поедании одних организмов, другими вещество и пища переходят на следующий трофический уровень. Количество органического вещества, накопленного гетеротрофами, называется вторичной продукцией. Поскольку гетеротрофы дышат и выделяют непереваренные остатки, в каждом звене часть энергии теряется. Это накладывает существенное ограничение на длину пищевых цепей, количество звеньев в них редко бывает больше 6. Отметим, что эффективность переноса энергии от одних организмов к другим значительно выше, чем эффективность производства первичной продукции. Средняя эффективность переноса энергии от растения к животному составляют 10%, а от животного к животному – 20%. Обычно, растительная пища энергетически менее ценная, т.к. в ней содержится большое количество целлюлозы и древесины, не перевариваемых большинством животных.

Изучение продуктивности экосистем важно для их рационального использования. Эффективность экосистем может быть повышена за счет повышения урожайности, уменьшения помех со стороны других организмов (например, сорняков по отношению к другим сельскохозяйственным культурам), использование культур, более приспособленных к условиям данной экосистемы. По отношению к животным необходимо знать максимальный уровень добычи (т.е. количество особей которые можно изъять из популяции за определенный промежуток времени без ущерба для ее дальнейшей продуктивности).

Слова и словосочетания для активного усвоения

Биота	Автотрофные организмы
Биогенное вещество	Сапрофиты
Продуценты	Детриты, детритофаги
Консументы	Пищевые пирамиды
Редуценты	Пирамиды биомассы
Пищевые цепи	Продуктивность
Трофические цепи	

11 Основные экологические законы

1. Закон биогенной миграции атомов (закон Вернадского). Основой миграции является преобладающее влияние живого вещества организмов. Живое вещество либо участвует в биохимических процессах непосредственно, либо создает соответствующую, обогащенную кислородом, углекислым газом, водородом, азотом, фосфором и другими

веществами среду. Закон имеет большое теоретическое и практическое значение. Понимание всех химических процессов невозможно без учета действия биогенных факторов, в частности эволюционных. Сейчас человек влияет на функционирование всего. Негативное влияние его становится глобальным, неуправляемым (опустынивание, деградация, вымирание).

Этот закон позволяет «сознательно и активно упреждать развитие негативных явлений, управлять биохимическими процессами, используя мягкие экологические методы».

2. Закон внутреннего динамического равновесия. Вещество, энергия, информация тесно связаны между собой. Изменение одного вызывает изменение всех, но при этом сохраняются общие качества системы: вещественно-энергетические, информационные и динамические.

Следствие действия закона – после любых изменений обязательно развиваются цепные реакции, которые стремятся нейтрализовать эти изменения. Необходимо помнить, что незначительное изменение одного показателя может вызвать сильное отклонение у других и во всей экосистеме. Они могут быть необратимыми, перейти в глобальные. Изменения вызывают ответные реакции, которые обуславливают относительное постоянство эколого-экономического потенциала. Искусственный рост эколого-экономического потенциала ограничен термодинамической устойчивостью природных систем. Это ответ на вопрос, конечен ли рост эколого-экономического потенциала, и один из самых главных законов в природопользовании. Иначе говоря, при соблюдении закона **экологического императива** происходит саморегулирование, восстановление. Превышение требований экологического императива влечет за собой непредвиденные изменения на локальном, региональном и глобальном уровнях.

3. Закон генетического разнообразия. Все живое генетически разнито и имеет устойчивую тенденцию к увеличению биологического разнообразия. Это важно в сфере биотехнологии (генная инженерия, биопрепараты) потому, что, благодаря этому закону, всегда можно предвидеть результат нововведений во время выращивания новых микрокультур через возникающие мутации либо распространения действия на те виды организмов, на которые они были рассчитаны.

4. Закон исторической необходимости. Развитие биосферы и человечества как целого – процесс однонаправленный и происходит от начальных фаз к более поздним, общий процесс развития однонаправленный. Повторяются лишь отдельные элементы социальных отношений (рабство) или типы хозяйствования. Этот закон вероятнее всего социальный, а не экологический.

5. Закон константности (сформулирован В. Вернадским). Количество живого вещества биосферы (за определенное биологическое время) является величиной постоянной. Этот закон тесно связан с законом

внутреннего равновесия. По закону константности любое изменение количества живого вещества в одном из регионов биосферы неизбежно приводит к таким же по объему изменениям вещества в другом регионе, но с противоположным знаком.

Следствием действия закона есть правило обязательного заполнения экологических ниш.

6. Закон корреляции (сформулирован Ж. Кювье). В организме, как в целостной системе, все части соответствуют одна другой как по строению, так и по функциям. Изменения в одной части неизбежно вызывают изменения в других.

7. Закон максимизации энергии (сформулирован Ю. Одумом и дополнен Н. Ф. Реймерсом). В соревновании систем сохраняется та, которая больше всего способствует поступлению энергии и информации, использует максимальное их количество и наиболее эффективно. Максимизация – это повышение шансов на выживание. По этому закону система создает хранилища (накопители) высококачественной энергии, которая должна: а) обеспечить поступление новой энергии; б) нормальный круговорот; в) устойчивость системы и ее способность приспосабливаться к изменениям; г) налаживание обмена с другими системами; д) создает механизм регулирования, поддержания.

8. Закон максимума биогенной энергии (закон Вернадского – Бауэра). Любая биологическая и «бионесовершенная» система с биотой, которая пребывает в состоянии «устойчивого неравновесия» (динамически подвижного равновесия с окружающей средой), увеличивает, развиваясь, свое влияние на среду. По Вернадскому, выживают те, которые увеличивают биогенную геохимическую энергию. По мнению Бауэра, все живые системы никогда не бывают в состоянии равновесия и выполняет за счет своей свободной энергии полезную работу против равновесия, которого требуют законы физики и химии при существующих внешних условиях. Этот закон является основой для разработки стратегии природопользования.

9. Закон минимума (сформулирован Ю. Либихом). Устойчивость организма определяется наиболее слабым звеном в цепи его экологических потребностей. При удовлетворении минимума количества и качества экологических факторов организм выживает, если минимума нет, то система разрушается, поэтому всегда нужно искать наиболее слабое звено.

10. Закон неограниченности прогресса. Определяется неограниченным развитием от простого к сложному в пределах биологической формы движения материи. Суть закона состоит в том, что все живое в своем вечном непрерывном и абсолютном движении стремится к относительной независимости от условий среды обитания. Но при этом ничто не может освободиться от этой среды.

11. Закон ограниченности природных ресурсов. Все ресурсы исчерпаемы. Планета является природно-ограниченным телом и на ней не могут существовать бесконечные составные части.

12. Закон однонаправленности потока энергии. Энергия, которую получает экосистема и которая усваивается продуцентами, рассеивается либо с биомассой необратимо передается консументам I, II и III порядков, а затем редуцентам. На каждом трофическом уровне происходят большие потери (примерно 0,25% начальной энергии возвращается в обратный поток). Именно поэтому термин «круговорот энергии» является достаточно условным.

13. Закон оптимальности. Ни одна система не может сужаться или расширяться до бесконечности. Ни один организм не может превышать определенные размеры, которые обеспечивают поддержание его энергетики. Размеры зависят от условий питания и факторов существования. В природопользовании – это размеры участков полей, выращиваемых животных, растений. Несоблюдение закона приводит к неестественному однообразию на больших территориях (монокулярность), вызывает нарушения функционирования экосистем, экологические кризисы.

14. Закон пирамиды энергии (сформулирован Р. Линдеманом). С одного трофического уровня экологической пирамиды на другой переходит в основном не более 10% энергии. Этот закон – основа планирования обеспечения населения продовольственными и другими ресурсами.

15. Закон почвоутомления (уменьшения плодородия). Постепенное снижение природного плодородия почв происходит из-за длительного их использования и нарушения природных процессов почвообразования, а также длительного выращивания монокультур (накапливаются токсичные вещества, выделяемые растениями, остатки пестицидов и минеральных удобрений).

16. Закон равнозначности условий жизни. Все необходимые для жизни природные условия среды играют равнозначные роли. Из этого следует другой закон – закон совместного действия экологических факторов, который часто игнорируется.

17. Закон развития окружающей среды. Любая природная система развивается лишь за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей среды.

Абсолютно изолированное саморазвитие невозможно – такой вывод из закона термодинамики. Следствие закона: а) абсолютно безотходное производство невозможно; б) более высокоорганизованная биотическая система является постоянной угрозой для менее организованных, поэтому в биосфере невозможно повторное зарождение жизни – она будет

уничтожена уже существующими организмами; в) биосфера Земли как система развивается за счет внутренних и космических ресурсов.

18. Закон совместного действия природных факторов (закон Митчерлиха – Тинемана – Бауле). Объем урожая зависит не от отдельного, пусть даже лимитирующего фактора, а от всей совокупности экологических факторов одновременно. Закон имеет силу при определенных условиях – когда влияние монотонно и максимально проявляется каждый фактор при неизменности других в той совокупности, которая рассматривается.

19. Закон уменьшения энергоотдачи в природопользовании. В процессе получения от природной системы полезной продукции со временем (в историческом аспекте на ее изготовление в среднем затрачивается все больше энергии) увеличиваются энергетические запасы на одного человека. Сейчас за сутки расходуется энергии в 60 раз больше, чем во времена наших далеких предков, то есть несколько тысяч лет назад. Это следует учитывать, планируя свои отношения с природой в целях их гармонизации.

20. Закон толерантности (закон Шелфорда). Лимитирующим фактором процветания организма может быть как минимум, так и максимум экологического влияния, диапазон между которыми определяет степень устойчивости (толерантности) организма к данному фактору. По этому закону любое чрезмерное количество вещества или энергии в экосистеме становится ее врагом, загрязнителем.

21. Закон физико-химического единства живого вещества (сформулирован В. Вернадским). Все живое на Земле имеет единую физико-химическую природу, поэтому, что вредно для одного живого вещества вредно и для другого, но в разной степени. Здесь проявляется устойчивость видов к действию того или иного агента. Устойчивость к физико-химическому воздействию, скорость отбора по устойчивости популяции к вредному агенту прямо пропорциональна скорости размножения организма и чередования поколений. Это означает, что длительное употребление пестицидов нецелесообразно, поскольку вредители быстро приспосабливаются и возникает необходимость увеличивать дозу.

22. Закон экологической корреляции. В экосистеме, как и в любой другой, все виды живого вещества и абиотические экологические компоненты функционально соответствуют один другому. Выпадение одной части системы (вида) неизбежно приводит к исключению другой части и к функциональным изменениям.

Американский ученый Б. Коммонер дал определение **четырем известным законам экологии**: 1) все связано со всем; 2) все должно куда-нибудь деваться; 3) природа лучше «знает»; 4) ничто не проходит бесследно (за все нужно платить).

Н.Ф. Реймерс указывает что первый закон Б. Коммонера повторяет известное диалектико-материалистическое положение про связь между веществами и явлениями; второй – неформальное перефразирование закона сохранения массы; третий – «распадается» на два относительно противоположных лозунга: один – назад к природе, другой призывает к осторожному обращению с природой. По четвертому закону Коммонера мы должны возвращать природе то, что берем от нее, иначе катастрофа неизбежна.

Таким образом, за последние 30 – 40 лет экология (неоэкология) стала многогранной комплексной наукой, главной целью которой является разработка научных основ спасения человечества и среды его существования – биосферы планеты, рационального природопользования и охраны природы. Сейчас, когда экологическим воспитанием охвачены все массы населения на планете, знание законов экологии поможет человечеству найти правильные пути к выходу из экологического кризиса, позволит взвешенно, обдуманно предвидеть далекую перспективу.

Правило неизбежности цепных реакций – следствие из закона внутреннего динамического равновесия.

Правило нелинейности внутренних взаимодействий – второе следствие из закона внутреннего динамического равновесия.

Правило необратимости нарушений – третье следствие из закона внутреннего динамического равновесия.

Правило постоянства эколого-экономического потенциала – четвертое следствие из закона внутреннего динамического равновесия.

Правило 10% вытекает из закона Линдемана, или закона пирамиды энергий.

Правило «мягкого» управления можно назвать правилом целесообразного преобразования природы. Мягкое, значит – опосредованное, направляющее, восстанавливающее природный баланс, а жесткое – технологическое. Это восстановление бывшей естественной продуктивности или ее повышение на основе объективных законов.

Правило 1% - изменение энергетики природных систем в пределах 1% - выводит природные системы из равновесного (квазистационарного) состояния. Когда происходит переход величины суммарной энергии за 1% энергии солнечного излучения, это приводит к существенным изменениям – резким климатическим аномалиям (мощным циклонам, извержениям вулканов и т.д.), переменам в характере растительности, крупным пожарам и т.д.

Принципы направленности эволюции (Л. Онсагера) вытекают из закона минимальной диссипации (рассеивания) энергии и других эволюционных теорем экологии. Эволюция всегда направлена на снижение рассеивания энергии, на ее неравномерное распределение. Этот

принцип среди других принципов экологии и природопользования служит для расшифровки закона оптимальности.

Принцип катастрофического толчка провозглашает, что резкие изменения среды сначала ведут к снижению разнообразия, а затем к взрыву формообразования.

Принцип сукцессионного замещения. Биотические сообщества формируют закономерный ряд ЭС, ведущих к наиболее устойчивой в данных условиях природной системе. Это следствие из систематического закона.

Принцип Ле Шателье – Брауна заключается в том, что при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, равновесие смещается в том направлении, где эффект воздействия ослабевает. Рассматриваемый принцип в числе других в значительной мере объясняет причины действия закона снижения энергетической эффективности природопользования: чем больше отклонение от состояния экологического равновесия, тем значительнее должны быть энергетические затраты для ослабления противодействия природных систем этому отклонению.

Принцип обманчивого благополучия подтверждает: первые успехи (или неудачи) в природопользовании по преобразованию природы или управлению ею объективно оцениваются лишь после выявления хода и результатов природных цепных реакций (10 – 30 лет) в пределах естественного природного цикла (молодой лес сначала иссушает землю, а затем вызывает повышенное увлажнение территории).

Принцип Реди – живое происходит только от живого, между живым и неживым веществом существует непреодолимая граница. Принцип был заново сформулирован В.И. Вернадским в 1924 г.

Слова и словосочетания для активного усвоения

Миграция	Закон корреляции
Эволюционные факторы	Выживание
Глобальное влияние	Природопользование
Негативное влияние	Экологические потребности
Информационные и динамические системы	Продовольственные ресурсы
Саморегулирование	Плодородие
Экологический императив	Почвообразование
Генетическое разнообразие	Закон толерантности
Биотехнология	Естественная продуктивность
Генная инженерия	Эволюция
Мутация	Сукцессионное замещение
	Энергетическая эффективность

12 Круговороты веществ в экосистемах

Круговорот веществ – многократное участие веществ в процессах, протекающих в атмосфере, гидросфере и литосфере, в том числе в тех их слоях, которые входят в биосферу планеты.

Особое значение имеет круговорот биофильных элементов – азота, фосфора, серы.

Биологический круговорот веществ – последовательная, непрерывная циркуляция химических элементов, которая происходит за счет солнечного излучения и поддерживается совокупностью организмов, объединенных посредством цепей питания. Он состоит из образования органических веществ из элементов, которые содержатся в воздухе, почвах, воде и последующего разложения этих веществ, в результате которого элементы переходят в минеральную форму.

Биологический круговорот веществ обеспечивает необходимыми элементами внешнюю и внутреннюю среду живых организмов и поддерживает ее устойчивость. Это прежде всего круговороты углерода, кислорода, азота, фосфора и т.д.

Следует подчеркнуть, что биологический круговорот – явление непрерывного, циклического, но неравномерного во времени и пространстве и сопровождающегося более или менее значительными потерями закономерного перераспределения вещества, энергии и информации в пределах экосистем различного иерархического уровня организации – от биогеоценоза до биосферы. Полного круговорота веществ в пределах биогеоценоза не происходит, так как часть веществ всегда уходит за его пределы.

Большой (биосферный) круг биотического обмена – безостановочный планетарный процесс закономерного циклического, неравномерного во времени и пространстве перераспределения вещества, энергии и информации, многократно входящих в непрерывно обновляющиеся экологические системы биосферы.

Главным параметром здесь является коэффициент экологической эффективности, который выражает отношение биомассы организмов к количеству потребляемого ими органического вещества. Этот коэффициент, как правило, не превосходит 10 - 20.

Интенсивность процессов обмена (метаболизма) на единицу веса живого организма обычно тем больше, чем меньше этот организм. Причина этого – существенная зависимость процессов обмена от скорости диффузии газов через поверхность организмов, которая увеличивается на единицу их биомассы по мере уменьшения размеров.

Общее количество биомассы на Земле, по оценкам В.А. Ковды (1969), равно $3 \cdot 10^{12}$ т, причем свыше 95% этой величины составляют

растения и только 5% - животные, сосредоточенные в основном в лесах континентов.

Рассмотрим отдельные круговороты в биосфере.

12.1 Круговорот воды

Вода не только среда обитания, но и составная часть тела человека, животных и растений. В процессе фотосинтеза она является поставщиком водорода для построения органических соединений. Вода, точнее, молекулы воды, - источник кислорода, выделяемого при фотосинтезе.

При дыхании растений (процесс, противоположный фотосинтезу) она образуется вновь (новообразование молекул воды).

И все же живое вещество не играет определяющей роли круговороте воды на земном шаре.

Движущей силой этого круговорота является энергия Солнца, которая расходуется на испарение воды с поверхности водных бассейнов или суши.

Испарение и выпадение осадков взаимно сбалансированы и составляют около 520 тыс. км³ в год.

Воды на Земле 1600 – 2500 млн. км², из них 86 – 98% находится в океанах и морях, остальное – лед и грунтовые воды.

В большом круговороте воды живое вещество имеет небольшой удельный вес, а вот в ландшафтах ее роль чрезвычайно велика.

Механизм круговорота воды определяется испарением и транспирацией. Попадая на землю, осадки частично задерживаются листьями, затем испаряются или поглощаются почвой. Характер этого процесса зависит от физических свойств почвы и содержания гумуса, которые определяют влагоемкость почвы. Инфильтрация в грунтовые воды зависит от влагоемкости, типа почв, растительного покрова, особенностей рельефа. Испарение в основном зависит от плотности почвы.

Транспирация определяется доступностью влаги в почве, температуры воздуха и почвы, их влажностью, силой ветра, видом растений их физиологическим состоянием и т.д.

За сутки 1 га леса транспирирует 10 – 50 т воды, 1 га пшеницы – от 25 до 45 т.

Для производства 1 т сухой массы необходимо 200 – 1000 т воды, при этом на фотосинтез расходуется всего 0,05 – 0,3% всей воды, прошедшей через растения.

В атмосферу в умеренных широтах через транспирацию возвращается 2 – 3 тыс. т воды с 1 га растительного покрова в год; в теплых широтах – до 4 – 6 тыс. т и более. Растительность мира за год транспирирует 30 тыс. км² воды, или 27 – 30% всей влаги, получаемой за

счет осадков. Для сравнения укажем, что на бытовые нужды уходит около 2,5% от общего количества осадков.

Транспирационный ток (почва – корни растений – листья – атмосфера) представляет собой основной путь воды через живое вещество в ее общепланетарном круговороте.

12.2 Круговорот углерода

Круговорот углерода является важнейшим в природе. Он непосредственно влияет на энергетику атмосферы, поскольку увеличение концентрации CO_2 в атмосфере приводит к так называемому парниковому эффекту.

Его физическая сущность достаточно проста – углекислый газ пропускает коротковолновое излучение, которое нагревает поверхность суши и океана, но задерживает длинноволновое (тепловое) излучение планеты, что приводит к повышению ее средней температуры. Содержание углерода в живом веществе, по данным геохимика О.П. Виноградова, составляет примерно 50%.

Под действием солнечной энергии в растениях происходит реакция фотосинтеза – углекислый газ расщепляется, при этом углерод превращается в органические вещества зеленой массы растений, а кислород возвращается в атмосферу. Образовавшаяся масса углерода (растения отмирают или съедаются животными), окисляясь, снова превращаются в углекислый газ. Но это наиболее упрощенная схема углеродного цикла. Одновременно происходит сложное взаимодействие атмосферной углекислоты с океаном. При определенных условиях океан поглощает CO_2 (например, при низкой температуре), в других обстоятельствах углекислый газ с его поверхности десорбируется. Наконец, некоторая часть углерода оказывается захороненной или выпадает в осадок, то есть исключается из круговорота. К настоящему времени в карбонатных осадочных породах связано примерно в 15000 раз больше углекислого газа, чем содержится в атмосфере. В то же время в гидросфере растворенного углерода содержится в 16 раз больше, чем в атмосфере (700 млрд. т в форме CO_2). Таким образом, наибольшее количество углерода содержится в литосфере (10^4 млрд. т).

Известно, что все многообразие органических веществ, биохимических процессов и жизненных факторов определяется углеродом, точнее, его свойствами и особенностями.

Основа круговорота углерода – процесс жизнедеятельности: возникновение, видоизменение, разложение. Поддержанию круговорота служит фотосинтезирующая деятельность наземных растений и океанического фитопланктона. Механизм биохимического цикла углерода можно описать следующим образом: растения поглощают углекислоту и с

помощью энергии солнечного света используют ее для построения первичных продуктов фотосинтеза, получая разнообразные вещества для своего тела. Цикл не является замкнутым, так как, помимо фиксации углекислого газа, происходит его возвращение в круговорот.

Образованная в ходе фотосинтеза первичная продукция постепенно убывает – потребляется животными, растениями и т.д. (пищевые цепи). Организмы, в свою очередь, выделяют в атмосферу углекислый газ (прежде всего за счет дыхания). Отмершие растения, трупы животных становятся пищей для грибов и микроорганизмов. Последние также дышат, формируется так называемое «почвенное дыхание», в котором участвуют корни растений, создавая значительную концентрацию углекислого газа в приземном слое атмосферы.

Не полностью разложившиеся и минерализованные органические вещества создают гумус. Однако и гумус под воздействием бактерий и грибов может разлагаться до углекислоты и минеральных соединений.

Между круговоротом углерода Мирового океана и суши существует принципиальное различие. Причина его – сама среда и населяющие ее организмы. На Земле продукция биомассы зависит от содержания влаги и колебаний температуры, в океане – прежде всего от содержания необходимых элементов минерального питания. Именно поэтому здесь слабо представлены организмы высших трофических уровней, а значит, отсутствуют многие звенья круговорота углерода.

И хотя разложение в океане идет быстро – размеры организмов микроскопичны, а продолжительность жизни фитопланктона мала – в результате создаются незначительные запасы фитомассы. Цикл обращения углерода здесь составляет не годы (как, например, у дерева), а дни и часы. То же в целом характерно и для зоопланктона. Соответственно и суммарное выделение углекислого газа весьма незначительно. Уменьшение общей биомассы в каждом последующем трофическом звене снижает долю участия океана в круговороте углерода.

Вместе с тем, воды океана представляют собой своего рода буферную зону, состоящую из угольной кислоты и ее солей (карбонатов). Это депо углекислоты, связанное с атмосферой через диффузию CO_2 из воды в атмосферу и обратно, воздействуя по следующей схеме:

CO_2 (атмосфера)

↕

CO_2 (вода) $\leftrightarrow$ H_2CO_3 $\leftrightarrow$ $\text{Ca}_2(\text{HCO})_3$ $\leftrightarrow$ CaCO_3 .

Днем углекислота усиленно расходуется, и карбонаты служат дополнительным источником ее образования. Ночью же за счет дыхания значительная часть ее снова входит в состав карбонатов.

Происходящие процессы идут в следующих направлениях:

Живое вещество $\leftrightarrow$ CO_2 $\leftrightarrow$ HCO_3 $\leftrightarrow$ $\text{Ca}_2(\text{HCO})_3$ $\leftrightarrow$ CaCO_3 .

Очевидно, что эти процессы являются основным регулятором содержания углекислого газа в атмосфере. В связи с тем, что часть углерода выходит из круговорота (органические вещества не минерализуются), за миллиарды лет существования биосферы огромные запасы углерода сосредоточились в известняках и других породах, в органических осадках. Поэтому в круговороте углерода сейчас участвуют лишь десятые доли процента углерода от общего количества, имеющегося на Земле.

Деятельность человека вносит существенные изменения в этот круговорот: изменяются ландшафты, в почву вносятся удобрения и пестициды. Сжигание человеком древесной растительности с началом использования огня увеличило выделение углекислого газа. Поначалу это обстоятельство не сказывалось на атмосфере, но с течением времени начал ускоряться цикл и увеличилась скорость круговорота углерода. Использование горючих ископаемых обеспечивает возвращение выведенного из круговорота CO_2 в атмосферу. За последние столетия его количество в атмосфере возросло на 13%.

В этой связи широко обсуждается вопрос о глобальном потеплении климата на 3 – 4 градуса и о вероятности повышения уровня океана на 50 – 60 м из за таяния арктических и антарктических льдов.

По некоторым данным, для нормального существования человека в составе воздуха должно быть 7% углекислоты и 2% кислорода, а в ряде районов Земли кислорода содержится до 21%. Это в 10 раз больше, чем необходимо, а углекислоты же повсеместно меньше.

12.3 Круговорот кислорода

Кислород – необходимое условие существования живого. Весь свободный кислород образуется в результате фотосинтеза.

Растительный покров в процессе фотосинтеза ежегодно выделяет около 430 – 470 млрд. т кислорода. Весь кислород атмосферы проходит через живое вещество примерно за 2000 лет. Полный круговорот воды, являющейся источником кислорода, осуществляется в биосфере примерно за 2 млн. лет. Таким образом, вся вода планеты, весь кислород и водород уже совершили множество циклов превращений фотосинтеза и обратных процессов – окисления органического вещества свободным кислородом. Только после появления фотосинтезирующих организмов, когда накопилось достаточно свободного кислорода и образовался озоновый экран, жизнь смогла выйти на сушу.

Кислород входит во все биологические соединения. Он обеспечивает дыхание всего живого. В связи с тем, что кислород входит в состав многих неорганических (вода, углекислота, карбонаты) и органических соединений (в живом веществе кислород составляет около 70%), его

круговорот достаточно сложен. Основные ветви круговорота – образование в процессе фотосинтеза и поглощение в процессе дыхания.

За счет кислорода образовался озоновый экран, огромную роль играет участие кислорода в окислительно-восстановительных процессах, окислении окиси углерода, выделившейся в результате вулканической деятельности, в накоплении сульфатных осадочных пород и т.д. Повсеместно присутствует молекулярный кислород фотосинтеза.

В настоящее время наибольшее влияние на круговорот кислорода оказывает деятельность человека. Человечество ежегодно потребляет около $1 \cdot 10^{10}$ т молекулярного кислорода. Огромное количество кислорода расходуется при работе двигателей внутреннего сгорания, в металлургическом производстве.

Интересно, что по расчетам исследователей общее количество молекулярного кислорода в атмосфере составляет $0,8 \cdot 10^{15}$ т, в воде Мирового океана – $0,2 \cdot 10^{15}$ т. Следовательно, всего на поверхности планеты содержится 10^{15} т кислорода.

Основные условия сохранения постоянства газового состава атмосферы – расширение площадей, занимаемых зеленой растительностью, повышение ее фотосинтезирующей способности и продуктивности.

12.4 Круговорот азота

Азот входит в состав большинства биологически важных органических веществ всех живых организмов: белков, нуклеиновых кислот, мукопротеидов, ферментов, хлорофилла и т.д. Атмосфера на 79% состоит из азота, и все же его часто не хватает для живых организмов. Газообразная форма азота в биосфере химически малоактивна и не может непосредственно использоваться высшими растениями и животным миром. Растения усваивают азот из почвы в виде ионов аммония или нитратных ионов, используя так называемый фиксированный азот.

Возникновение соединений азота в доступной для растений форме осуществляется в результате небиологической фиксации азота (образование окислов азота и аммиака) как в процессе ионизации атмосферы космическими лучами, так и при сильных электрических разрядах во время гроз.

В почву и водные бассейны аммонийный и нитратный азот попадает с атмосферными осадками, причем содержание нитратов в последних зависит от интенсивности и частоты гроз. Например, на экваторе, где достаточно часто происходят грозы, атмосферные осадки содержат около 2 – 3 мл/л азотной кислоты, в умеренных широтах – примерно в десять раз меньше. В атмосферных осадках могут содержаться и нитратная и

аммиачная формы азота. В среднем 1 км² поверхности Земли получает с атмосферными осадками за год около 1 т фиксированного азота.

И все же биологическая фиксация атмосферного азота значительно преобладает над небиологической природной фиксацией. Это связано прежде всего с деятельностью почвенных микроорганизмов и организмов, живущих в симбиозе с высшими растениями.

Свободно живущие в почве азотфиксирующие аэробные бактерии способны осуществлять фиксацию молекулярного азота атмосферы за счет энергии, получаемой при окислении органических веществ почвы в процессе дыхания, в конечном итоге связывая его с водородом и вводя в виде аминогруппы (-NH₂) в состав аминокислот своего тела. То же способны делать и анаэробные бактерии. Отмирая, и те и другие обогащают почву органическим азотом. Точных количественных данных нет, но принято считать, что в течение года на 1 км² вносится от 0,2 до 2,5 т фиксированного азота.

Наиболее эффективно фиксируют азот клубеньковые бактерии, обитающие на корнях бобовых растений. Именно они снабжают растение-хозяина доступным азотом. А семейство бобовых, как известно, насчитывает 13 тыс. видов, поэтому роль их в поддержании круговорота азота очень велика. Так, в посевах клевера и люцерны содержание связанного азота достигает 150 – 400 кг/га в год (15 – 40 т/км²).

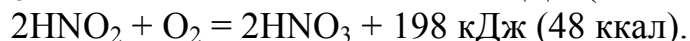
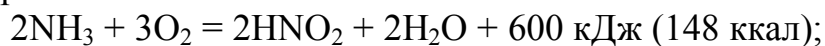
Помимо бобовых, это свойство присуще и другим растениям (ольха, облепиха и др.). Биологическая фиксация характерна и для некоторых фотосинтезирующих организмов (сине-зеленых водорослей и фотосинтезирующих бактерий). Сине-зеленые водоросли играют особую роль в обогащении азотом рисовых полей. Характерно, что, в отличие от углерода, фосфора, серы и других элементов-органогенов, соединения азота не образуют в природе аккумуляций. Исключением являются пустыни, где азот накапливается в виде нитратных и аммонийных солей, которые в условиях влажного климата используются растениями или вымываются водой. Вероятно. Поэтому наибольшие отложения селитры (нитратов калия или натрия) находятся на побережьях Перу и Чили, по соседству с пустыней Атакама, одним из самых засушливых мест на Земле.

Важная роль в азотном балансе почв принадлежит промышленной фиксации атмосферного азота человеком.

Усваивая азот, растения используют его для построения своего тела. Через растения обогащаются азотом весь животный мир и человечество. После завершения этого цикла связанный азот используется в трофических цепях биопродуцентов. Конечным звеном этих цепей является деятельность аммонийфиксирующих микроорганизмов, которые разлагают содержащие азот органические вещества (аминокислоты, мочевины) с образованием аммиака.

Часть органического азота превращается в гумусные вещества, битумы и компоненты осадочных пород.

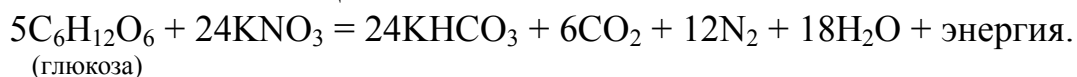
Аммиак (в виде аммонийного иона) снова поступает в корневую систему растений или может быть использован в процессах нитрофикации. Микроорганизмы используют энергию окисления аммиака до нитратов и нитритов до нитратов для обеспечения всех процессов жизнедеятельности. Это окисление может быть представлено следующим образом:



Нитраты, образовавшиеся в процессах нитрофикации, вновь поступают в биологический круговорот, поглощаются из почвы или, если процесс происходит в воде, - фитопланктоном и фитобентосом.

В засушливых районах может накапливаться много нитрата натрия, в результате чего образуются солончаковые почвы. Значительное количество нитратов имеется в птичьем помете, который, разлагаясь в условиях соответствующего климата (Южная Америка, Карибское море), образует гуано.

Существуют организмы, способные восстанавливать нитраты и нитриты до молекулярного азота, - денитрификсаторы. При недостатке кислорода (в почве или воде) они используют кислород нитратов для окисления питательных веществ:



Но денитрификация имеет подчиненное значение в круговороте азота, так как происходит только в почвах, где содержится большое количество органического вещества и резко ограничено поступление кислорода.

12.5 Круговорот фосфора, серы и неорганических катионов

Углерод, кислород, водород и азот в биологических круговоротах образуют газообразные соединения. Следовательно, миграционная способность этих элементов в атмосфере достаточно высока. Для всех остальных вовлеченных в биологический круговорот веществ, кроме серы, образование газообразных соединений нехарактерно. Миграция этих элементов происходит в основном в виде ионов и молекул, растворенных в воде.

Круговорот фосфора в биосфере поддерживается благодаря двум процессам – минерализации органического и выветриванию минерального фосфора.

Фосфор усваивается растениями в виде ионов ортофосфорной кислоты. Круговорот фосфора незамкнут. После поглощения растениями

фосфор по трофическим цепям в конечном итоге опять поступает в почву. Основное количество фосфора снова поглощается корнями, но часть вымывается со стоками дождевых вод из почвы в водные бассейны.

В естественных условиях растениям зачастую недостает фосфора, так как в щелочной и кислой средах он находится в нерастворимых соединениях.

Большое количество фосфатов содержится в ряде горных пород. Часть фосфора из них поступает в почву, часть перерабатывается в удобрения (5 – 6 млн. т), большое количество выщелачивается и вымывается в гидросферу, где его влияние сказывается на фитопланктоне и других водных организмах.

Годовое поступление фосфора с суши в океан составляет от 3,5 до 20 млн. т. В связи с интенсификацией распашки поступление фосфора с поверхностными водами за последние три десятилетия удвоилось.

В Мировом океане потери фосфора происходят в основном за счет отложения органических остатков на больших глубинах. Поскольку фосфор мигрирует с водой из литосферы в гидросферу, возврат его в литосферу осуществляется только биологическим путем: за счет потребления рыбы морскими птицами (образование гуано), использования бентоса и рыбной муки в качестве удобрений и т.п.

Сера входит в состав серосодержащих аминокислот (цистина, цистеина, метионина) и ряда других важных соединений. Эти аминокислоты поддерживают структуру белковых молекул.

Сера усваивается растениями только в окисленной форме в виде иона SO_4^{2-} . В растениях она восстанавливается и входит в состав аминокислот в виде сульфгидрильных ($-\text{SH}$) и дисульфидных ($-\text{S}-\text{S}-$) групп.

Животные организмы усваивают только восстановленную форму серы, включенную в состав органических веществ. После отмирания и тех и других происходит возврат серы в почву, где снова происходит ее преобразование микроорганизмами.

В аэробных условиях микроорганизмы окисляют органическую серу до сульфатов. А последние снова при посредстве корней растений включаются в круговорот. Часть сульфатов вовлекается в водную миграцию и выносится из почвы. В гумусовых образованиях или образованиях, богатых гумусом, сера находится в органических соединениях и не вымывается. В анаэробных условиях при разложении органических веществ образуется сероводород. При наличии сульфатов и органических веществ в бескислородной среде активизируется деятельность сульфатредуцирующих бактерий. Они используют кислород сульфатов для окисления органических веществ и получают необходимую энергию:



Сульфатредуцирующие бактерии распространены в подземных водах, илах и застойных морских водах. Сероводород – яд для живых организмов, поэтому в таких средах почти нет жизни. Таково, например, Черное море на глубинах свыше 200 м. Поэтому предпочтительно, когда окисление сероводорода происходит до сульфатных ионов, то есть сера переходит в доступную форму сернокислых солей. Это осуществляется в природе при участии серобактерий (бесцветных, зеленых и пурпурных). Очевидно, что в превращении серы огромная роль также принадлежит живым организмам.

Мировой океан – главный резервуар серы, так как в него с суши непрерывно поступают сульфатные ионы. Часть ее возвращается на сушу через атмосферу. Это происходит следующим образом: поступление серы в воздух, окисление ее до двуокиси серы, растворение последней в дождевой воде с образованием серной кислоты и сульфатов и, наконец, возвращение в почву.

Хозяйственная деятельность человека ускоряет круговорот серы в биосфере.

Человек извлекает из литосферы и гидросферы значительное количество сульфатов для промышленности и сельского хозяйства. Добываются элементарная сера и сульфиды.

При сжигании каменного угля, нефтепродуктов, переработке серы в воздух выбрасывается окись серы, которая при дальнейшем окислении и растворении превращается в серную кислоту, губительную для живого. Идет процесс обогащения почв сульфатами, интенсифицируется процесс коррозии металлов и др. Уже сейчас стало очевидным, что без совершенствования производственных процессов эти явления грозят экологическими катастрофами в самых разных регионах Земли.

Среди других макро- и микроэлементов, необходимых для осуществления жизненных процессов, следует выделить некоторые металлы.

С водой растения получают катионы металлов из окружающей среды. На суше главным источником неорганических катионов служит почва, в которой они оказались вследствие разрушения материнских пород. За этим следует передвижение катионов в листья и другие органы растений. Некоторые металлы (магний, железо, медь, молибден) входят в состав биологически важных молекул (хлорофилла, ферментов); другие, оставаясь в свободном состоянии, участвуют в поддержании необходимых коллоидных свойств цитоплазмы клеток и выполняют иные функции.

При отмирании неорганические катионы в ходе минерализации органических веществ возвращаются в почву. Но этот процесс не может считаться замкнутым из-за выщелачивания и выноса катионов металлов с

дождевыми водами, отторжения и выноса органического вещества человеком при возделывании сельскохозяйственных растений, рубке леса, скашивании трав и т.д.

Выщелачивание особенно интенсивно происходит во влажных районах жаркого пояса из-за обильных дождей и низкой поглощающей способности почв (недостаток гумуса). Здесь равновесие этих элементов поддерживать трудно. В умеренных широтах, где изобилие гумуса и меньше осадков, выщелачивание происходит медленнее.

Все круговороты тесно взаимосвязаны и образуют сложную неделимую систему – единый биологический круговорот веществ планеты Земля. Он охватывают всю биосферу и даже выходит за ее пределы, так как в нем участвуют вещества из тех областей атмосферы и литосферы, которые лежат далеко за границами биосферы.

Слова и словосочетания для активного усвоения

Биофильные элементы	Угольная кислота, карбонаты
Циркуляция	Озоновый экран
Биологический круговорот	Нуклеиновые кислоты
Коэффициент экологической эффективности	Ферменты
Метаболизм	Хлорофилл
Фотосинтез	Нитраты, аммиак
Ландшафт	Фиксация
Гумус	Азотофиксирующие аэробные бактерии
Транспирация	Клубеньковые бактерии
Влагоемкость	Ортофосфатная кислота
Парниковый эффект	Сульфатная кислота
Фитопанктон	Выщелачивание
Минеральное питание	

13 Живое вещество

Живое вещество – совокупность живых организмов биосферы, численно выраженная в элементарном химическом составе, массе и энергии.

Термин введен В.И. Вернадским. Живое вещество связано с биосферой материально и энергетически посредством биогенной миграции атомов в результате дыхания, питания, роста и размножения организмов. Представлено живое вещество автотрофными организмами (бесхлорофильные растения, все животные, человек), миксотрофными организмами, которые питаются готовыми органическими соединениями, хотя и способны их синтезировать.

Рассмотрим его основные свойства:

1. В живых организмах при ничтожных температурах протекают реакции между веществами, которые в воздухе не соединяются, даже в лабораторных печах при температуре 100°C . Живые организмы, например, способны фиксировать в своем теле молекулярный азот (N_2) атмосферы при нормальных атмосферных условиях, что в промышленных условиях требует температуры порядка 500°C и давлении 300 – 500 атмосфер.

2. Высокая скорость протекания реакций. Она на несколько порядков выше, чем в неживом веществе, например, некоторые гусеницы потребляют за день количество пищи, которое в 100 – 200 раз больше веса их тела; дождевые черви, совокупная масса которых в 10 раз больше биомассы всего человечества за 150 – 200 лет пропускают через свои организмы весь однометровый слой почвы; сурки, суслики и т.п. в результате своей деятельности создают своеобразный ландшафт местности; практически все осадочные породы (слой 3 и более километров) на 95 – 99% переработаны живыми организмами; вся углекислота проходит через живые организмы в процессе фотосинтеза за 6 – 7 лет, вся вода Земли – за 5 – 6 млн. лет.

3. Высокая скорость обновления живого вещества. В среднем для биосферы она составляет 8 лет, для суши – 14 лет, а для океана – 33 дня (здесь преобладают организмы с коротким периодом жизни). За всю историю существования жизни общая масса живого вещества, прошедшего через биосферу, примерно в 12 раз превышает массу Земли.

4. Способность быстро занимать все свободное пространство. Вернадский назвал это «всюдностью жизни». По его словам «живое вещество – совокупность организмов – подобно массе газа, растекается по земной поверхности и оказывает определенное давление в окружающей среде, обходит препятствия, мешающие его движению, или ими овладевает, их покрывает. Это движение достигается путем размножения организмов». Именно это свойство позволило сделать вывод о постоянстве количества живого вещества во все эпохи. Некоторые микроорганизмы могли бы освоить весь земной шар за несколько часов или дней, если бы не было факторов, сдерживающих их потенциальные возможности. Например, численность некоторых бактерий удваивается каждые 22 минуты. Кроме того, жизнь обладает способностью увеличивать поверхность своего тела, например, площадь листьев на 1 га составляет 8 – 10 га и более. То же относится и к корневым системам.

5. Активность движения вопреки принципу роста энтропии. Вся история жизни есть свидетельство борьбы с энтропией, т.е. с силами разрушения. Жизнь сопротивляется естественному ходу событий, направленному на установление равновесия в природе. Наиболее показательными в этом плане являются такие предметы, как движение рыб

против течения реки, движение птиц, против силы тяжести, и воздушных потоков и т. п.

6. Устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти. В любом живом организме, в том числе и в организме биосферы, жизнь и смерть не могут обходиться друг без друга. Мы живем потому, что в нас непрерывно что то умирает и заменяется новым, а нарождающееся через развитие приходит к своей гибели. Любая подсистема организмов после смерти должна вернуть вещество в круговорот жизни. Это обеспечивает бесконечность жизненного процесса.

7. Высокая приспособительная способность (адаптация). Например, некоторые организмы выносят температуры, близкие к абсолютному нулю, другие встречаются в термальных источниках с температурой в 140°C , в жерлах вулканов, в сверхглубоких впадинах океана, в водах атомных реакторов, бескислородной среде и т. п.

13.1 Функции живого вещества в биосфере

1. Энергетическая – аккумуляирование энергии и ее перераспределение по пищевым цепям. Жизнь возникает в соответствии с принципом Ле Шателье – Брауна, как ответ на рост энтропии, то есть на рассеяние энергии в окружающей среде. Поэтому концентрация энергии – это наиболее естественная функция жизни. Наличие живой оболочки планеты препятствует остыванию ее поверхности, аккумулируя в себе энергию, излучаемую в космос. Правда, сейчас жизнь биосферы развивается в основном в потоке солнечной энергии, аккумулируя ее в себе и препятствуя прямому отражению ее в космос. Эта энергия передается по пищевой цепи от одной формы жизни к другой. По мере этого движения ее энтропия значительно возрастает. В конечном итоге она переходит в тепловую форму и излучается за пределы планеты, поэтому энтропия излучения, отраженного с поверхности планеты, оказывается существенно больше энтропии излучения, поглощаемого планетой. Именно за счет разницы энтропий существует жизнь на Земле.

Таким образом, основным механизмом накопления энергии в биосфере является реакция фотосинтеза. Имеется также довольно незначительный процент хемосинтезирующих живых существ, чей жизненный цикл опирается на энергию химических соединений. Это разного рода бактерии (железобактерии, серобактерии, азотобактерии и др.). Обнаружены целые экосистемы, функционирование которых основано на активности хемосинтезирующих бактерий и не зависящих от продуктов фотосинтеза. Это глубоководные системы, где в абсолютной темноте вблизи выходов горячей вблизи, богатой минеральными солями и серой, помимо бактерий существуют и уникальные многоклеточные животные, типа двустворчатых моллюсков, длиной около 30 см и

трехметровые черви, получающие энергию от хемосинтезирующих бактерий.

2. Окислительно-восстановительная – окисление вещества в процессе жизнедеятельности и восстановление в процессе разложения при дефиците кислорода.

Наряду с фотосинтезом в зеленых растениях на Земле происходит почти равное ему по масштабу окисление органических веществ в процессе дыхания, брожения, гниения с выделением воды, углекислого газа и теплоты, которая после этого излучается в космическое пространство. Существенно меньшая часть энергии Солнца консервируется в земной коре или, по словам Вернадского, «уходят в геологию», формируя залежи каменного угля, нефти, торфа, т. п. Эти процессы связаны с протеканием в бескислородной среде реакций восстановления, сопровождающихся образованием и накоплением сероводорода и метана.

3. Газовая – способность изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом.

Фотосинтез привел к постепенному уменьшению в атмосфере углекислоты и накопления кислорода и озона. При этом в развитии биосферы наблюдалось по крайней мере два переломных момента: первая точка Пастера (1,2 млрд. лет назад), когда количество кислорода достигло 1% от современного уровня и появились первые аэробные организмы (живущие только в кислородной среде, в отличие от анаэробных, живущих в бескислородной среде); вторая точка Пастера, когда количество кислорода достигло 10% от современного уровня, создались условия для синтеза озона и озонового слоя, что защитило организмы от ультрафиолетовых лучей. До этого данную функцию выполняли густые водяные облака.

4. Деструктивная – разрушение погибшей биоорганики и костных веществ.

Это один из важнейших элементов круговорота веществ в биосфере, обеспечивающего непрерывность жизни путем превращения сложных органических соединений в минеральные вещества, необходимые для растений, стоящих в самых первых звеньях пищевых цепей. Практически все живые организмы биосферы за исключением растений в той или иной мере являются деструкторами (разрушителями). Однако, главная роль в этом процессе принадлежит грибам и бактериям. Пастер назвал бактерии «великими могильщиками природы». Одновременно жизнь участвует «в разрушении костных веществ (в частности горных пород), доводя их постепенно до состояния, после которого они могут быть вовлечены в круговорот жизни (так измельченные горные породы являются необходимым компонентом почвы).

5. Рассеивающая – рассеяние живого вещества на больших пространствах.

Например, рассеяние гемоглобина крови кровососущими или рассеяние органики экскрементов или трупов разного рода деструкторами.

6. Концентрационная – способность организмов концентрировать в своем теле рассеянные элементы окружающей среды.

Любое живое вещество в процессе своей жизнедеятельности буквально по молекулам собирает из окружающей среды необходимые для него вещества и консервирует их в своей структуре. Поэтому, например, концентрация марганца в теле некоторых организмов превышает его концентрацию в окружающей среде в миллионы раз. В условиях антропогенного загрязнения окружающей среды побочным следствием этого может являться накопление растениями, которые мы употребляем в пищу, веществ, которые являются токсичными для нашего организма. Результатом концентрационной деятельности живых организмов являются залежи руд, известняков, горючих ископаемых и т. д.

7. Транспортная – перенос и перераспределение вещества и энергии.

Это является одним из механизмов рассеивающей функции живого вещества. Часто такой перенос осуществляется на громадные расстояния, например, при миграции и кочевках животных.

Это может также способствовать и концентрации элементов среды, достаточно вспомнить птичьи базары.

8. Средообразующая – преобразование физико-химических параметров окружающей среды.

В широком смысле результатом данной функции является вся природная среда. Она создана живыми организмами, они же и поддерживают ее в определенном стабильном состоянии. Так состав атмосферы и гидросферы – это продукт жизнедеятельности в биосфере. Живые организмы создали особый тип биокостного вещества – почвы. Коралловые заросли создают в океанах целые острова. Примером могут также служить леса, в которых микроклимат существенно отличается от микроклимата поля. Анализ показывает, что при отсутствии жизни на Земле, условия на ней были бы такими, что по нашим понятиям жизнь на ней была бы попросту невозможной. Ее атмосфера на 98% состояла бы из углекислого газа (сейчас около 0,03%), на 1,9% – из азота (сейчас на Земле 79% азота, являющегося вопреки своему названию (азот – не поддерживающий жизни) основным элементом при построении аминокислот), кислорода практически не было бы (сейчас 21%), средняя температура поверхности $290 \pm 50^\circ \text{C}$, не оставляющая никаких шансов на наличие воды в жидком состоянии. Словом, условия весьма похожие на условия планеты Венера.

9. Информационная – накопление информации и закрепление ее в наследственных структурах.

Эта функция пока еще мало изучена. Но, по всей видимости, ее важность превосходит все остальные функции живого вещества.

Слова и словосочетания для активного усвоения

Живое вещество	Окислительно-восстановительная функция
Автотрофные организмы	Точка Пастера
Гетеротрофные организмы	Деструктивная функция
Ферменты	Биоорганика
Ландшафт	Костное вещество
Энтропия	Рассеивающая функция
Адаптация	Гемоглобин
Приспособительная способность	Концентрационная функция
Энергетическая функция	Антропогенное загрязнение
Аккумуляирование энергии	Транспортная функция
Фотосинтез	Средообразующая функция
Хемосинтезирующие существа	Информационная функция
Годовая функция	
Годовая функция	

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Некос В.Е. Основы общей экологии и неозологии: Учеб. пособие /Ч.1. Основы общей и глобальной традиционной экологии. – 2-е изд., доп. И перераб. – Х.: Торнадо, 1999 – 192 с.
2. Некос В.Є. Основи загальної екології та неоекології: Навчальний посібник у 2-х ч. – Ч.2. – Основи загальної та глобальної неоекології. – Х.: Прапор – 2001. – 287 с.
3. Некос В.Е., Бруснецова О.Д., Титенко А.В. Начала экологии и неозологии: Учебное пособие по русскому языку для иностранных студентов I курса геолого-географического факультета специальности “Экология и охрана окружающей среды” – Х.: ХНУ им. В.Н. Каразина, 2004 – 124 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Сафранов Т.А. Екологічні основи природокористування: Навчальний посібник. – Львів: “Новий світ”, 2003 – 248 с.
2. Сафранов Т.А. Загальна екологія та неоекологія: Конспект лекцій. – К.: КНТ, 2005 – 188 с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

**по изучению дисциплины «Основы экологии»
для слушателей-иностранцев подготовительного отделения**

Составитель: Чокан Лариса Александровна, старший преподаватель.

Подп. к печати _____ Формат _____ Бумага
Условн. печ. лист. _____ Тираж _____ Зам. №

Напечатано с готового оригинал-макета

Одесский государственный экологический университет,
65016, м. Одесса, ул. Львовская, 15