

Министерство высшего и среднего специального
образования Республики Узбекистан

Национальный Университет Республики Узбекистан имени
Мирзо Улугбека
Географический факультет

Н.И. Сабитова

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

(для специалистов географического направления)

Ташкент-2007 г.

Министерство высшего и среднего специального
образования Республики Узбекистан

Национальный Университет Республики Узбекистан имени
Мирзо Улугбека
Географический факультет

Основы экологии

Учебное пособие
(для специалистов географического направления)

Ташкент – 2007 г.

Рецензенты: д.г.н., проф. Нигматов А.Н..
д.б. н., проф. Рахимова Т.У.
к.г.н., доц. Турсунов Х.
Отв.ред. к.г.н. доц. Махамадалиев Р.Й.

Географическая наука уделяет большое внимание всестороннему изучению природы. Данное пособие направлено на внедрение эколого-географического подхода в исследование природных систем.

Учебное пособие позволяет географам, экологам и специалистам, работающим в системе охраны окружающей среды получить не только необходимые знания об основных определениях и положениях экологии, но и осмыслить основные механизмы и закономерности существования био и геосистем разного уровня в условиях сложной и динамичной природной среды. Приведенные фактические данные в курсе «Основы экологии», читаемой автором на географическом факультете НУУз, должны помочь студентам, а также специалистам, интересующимся экологией, понять общие проблемы и направленность эколого-географических процессов. Основная задача курса помочь студентам сформировать экологический образ мышления в понимании физико-географических процессов, получить знания об экологических законах позволяющих понять сущность динамики и эволюции ландшафтов.

Настоящее учебное пособие утверждено и рекомендовано к печати на заседании Ученого Совета НУУз протоколом №5 от 29.12.05 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ

Глава 1. Научные основы экологии

- 1.1. Предмет экологии
- 1.2. Объекты исследования экологии
- 1.3. Методология и методы экологии
- 1.4. Законы и принципы экологии
- 1.5. Место и роль экологии в географических исследованиях

Глава 2. Основные факторы экологи

- 2.1. Общее представление об экологических факторах
- 2.2. Биотические факторы
- 2.3. Абиотические факторы
- 2.4. Антропогенный фактор

Глава 3. Биоценоз и биогеоценоз

- 3.1. Понятие и сущность биоценоза
- 3.2. Видовая структура биоценоза
- 3.3 Трофическая структура биоценозов и биогеоценозов

Глава 4. Экосистемы

- 4.1. Понятие и виды экосистем
- 4.2. Устойчивость и изменчивость экосистем
- 4.3. Экосистемы Узбекистана и сопредельных районов Средней Азии

Глава 5. Биосфера - как единая оболочка Земли для организмов

- 5.1. Эволюция биосферы
- 5.2. Литосфера
- 5.3. Гидросфера
- 5.4. Атмосфера

Глава 6. Экология и природопользование

- 6.1. Охрана окружающей среды и человек
- 6.2. Рациональное природопользование
- 6.3. Восстановление нарушенных экосистем

Используемая и рекомендуемая литература

Введение

Данное учебное пособие предназначается для студентов вузов, изучающих современную экологическую ситуацию в рамках географических дисциплин.

Слово «экология» стало сейчас широко известным и общеупотребительным. В начале века его знали учёные биологи. Во второй половине XX в., когда разразился глобальный кризис, возникло экологическое движение, принимавшее всё более широкий размах. В настоящее время предмет «экология» читается студентам разных специальностей с учётом специфики их будущей профессии.

Об Экологии знают все. Почти каждый человек понимает это слово по-своему. Чаще всего под экологией подразумевается негативные последствия, которые вносит человек в окружающую его среду. Переэксплуатация природных ресурсов, различные формы загрязнения воды и воздуха рассматриваются с позиций их отрицательного влияния на здоровье человека и условия его жизни. Такой подход к экологии оправдан в современных условиях кризисного состояния биосферы. Ликвидация вредных для человека последствий неправильного ведения хозяйства – важная задача сегодняшнего дня.

Однако негативные эффекты развития промышленности, транспорта и других форм деятельности человека имеют более широкое значение. Они приведут к нарушению функционирования природных сообществ живых организмов, совокупная деятельность которых обеспечивает саму важность существования жизни как глобального явления. Здесь человек представляет собой лишь одну из форм жизни, которая обладает на современном этапе, эффективными средствами воздействия на природу. Именно влияние человечества на всю взаимосвязанную совокупность живых существ представляет наиболее большую опасность, поскольку оно не прекращается даже в условиях устранения прямых форм ухудшения среды. Эти проблемы рассмотрены в учебном пособии, требуемых в объёме знаний географических дисциплин.

Установить правильные взаимоотношения с природными процессами, обеспечивающими устойчивое поддержание жизни на нашей планете, можно лишь на основе знаний законов формирования и функционирования биологических систем, обеспечивающих глобальный круговорот веществ. Такой подход отражает наиболее фундаментальные проблемы экология как науки. Эти проблемы решают в основном биологические дисциплины. Но без элементарных знаний о них нельзя понять многие проблемы физико-географических процессов

Экология – фундаментальная научная дисциплина, идеи которой имеют очень большое значение. Важность этой науки потребует научиться правильно пользоваться её знаниями, понятиями, терминами. Ведь они помогают людям правильно и рационально использовать природные богатства.

В учебном пособии дан синтез современных концепций экологии относящихся к биоценозу, биосфере и природным экосистемам. Детально рассмотрены основные компоненты экосистемы – среда и организм. В рамках географических дисциплин рассмотрены вопросы функционирования экосистем, их эволюции, а также уделено влияние биотическим отношениям. В работе экология выступает в качестве одного из возможных подходов к описанию, анализу, оценке и освоения хозяйственных природных комплексов. Именно такой подход сближает экологию с географией.

В данный момент развитие экологии как науки и внедрения экологических принципов в комплексное освоение природных ресурсов показывает большой интеграционный потенциал взаимодействия географии с экологией. Это связано с тем, что экология вышла за рамки биологии и всё чаще рассматривается как наука о взаимодействии природы и общества, и как особый подход к исследованию проблем взаимодействия организмов, сообщества и среды.

В настоящее время эколого-географические исследования успешно развиваются. Разрабатываются не только биологические (Т.У.Рахимова, Т.Хасанов, и др.) и географические (А.Н. Нигматов, У.К. Абдуназаров, Л.А. Алибеков, А.А. Абдулкасымов,

И.А. Хасанов, Н.И. Сабитова и др.) аспекты исследования природных компонентов, но и даётся их хозяйственная оценка, а также решаются вопросы комплексной физической географии (П. Гулямов, Ш.С. Зокиров и др.)

Учебное пособие предназначено для студентов географического факультета, но может быть использовано также широким кругом специалистов, занимающихся проблемами экологии и охраны природы

Глава 1. Научные основы экологии

1.1. Предмет экологии

Слово экология ввел в науку немецкий биолог Эрнст Геккель в 1866 г. в работе «Generelle Morphologie der Organismen». Он дал следующее определение данной науки: «Это познание экономики природы, одновременное исследование всех взаимоотношений живого с органическими и неорганическими компонентами среды, включая непременно неонтогонистические и антогонистические взаимоотношения животных и растений, контактирующих друг с другом. Одним словом, экология- это наука, изучающая все сложные взаимосвязи и взаимоотношения в природе, рассматриваемые Дарвином как условия борьбы за существование». «...К сожалению, нам в большинстве случаев совершенно неизвестны эти крайне запутанные взаимоотношения, так как до сих пор им почти не уделялось внимания. Открывается огромная, столь же весьма интересная, сколь и чрезвычайно важная область для дальнейших исследований. Экология, или наука об экономии природы, которая до сих пор даже не упоминалась в учебниках, в этом отношении сулит блестящие и самые неожиданные плоды».

В разделе «Экология и хорология» Геккель пишет, что под экологией подразумевают общую науку об отношениях организма к окружающей среде. Куда относят все «условия существования» в широком смысле этого слова. Они частично органической, частично неорганической природы; поскольку они оказывают влияние на форму организмов, то тем самым они заставляют их приспособляться к этим условиям.

Экология (от греч. Ойкос- дом, жилище и логос- учение)- наука, изучающая условия существования живых организмов и взаимосвязи

между организмами и средой, в которой они обитают. Изначально, экология развивалась как составная часть биологической науки, в тесной связи с другими естественными науками- химией, физикой, географией, почвоведением, математикой.

Предметом экологии является совокупность и структура связей между организмами и средой. Главный объект изучения в экологии- экосистемы, т.е. единые природные комплексы, образованные живыми организмами и средой обитания, кроме того, в область её компетенции входит изучение отдельных видов организмов (организменный уровень), их популяций, т.е. совокупностей особей одного вида (популяционно- видовой уровень), биотических сообществ, т.е. совокупностей популяций (биоценологический уровень), и биосферы в целом (биосферный уровень).

К концу XIX в. термином «экология» начали пользоваться многие биологи, причем не только в Германии, но и в других странах. В 1868г. в России под редакцией известного физиолога И.И. Мечникова был опубликован труд Геккеля «Общая морфология», где впервые было упомянуто слово «экология» на русском языке.

Ещё задолго до работ Геккеля русские ученые активно включились в общее направление экологических исследований. Например, профессор Московского университета биолог, зоолог К.Ф. Рулье основывает первую научную экологическую школу. Он дал полный перечень принципиальных проблем экологии, но не определив термин для обозначения этой науки. В своих многочисленных научных трудах, в популярных изданиях, и в газетных статьях, он постоянно подчеркивает необходимость изучения животных в связи с условиями их обитания. Рулье доказал зависимость эволюции живых форм от изменения среды их обитания. Он первый четко сформулировал принцип, лежащий в основе всех наук о живом,- **принцип исторического единства организма и окружающей среды**. Рулье подчеркивал, что ни один из организмов не может существовать независимо от окружающей среды, причем среда изменяется организмами, а изменение организмов контролируется средой. Рулье следующим образом писал о всеобщей связи в природе: «Научный путь есть опытное исследование предмета или явления в его последовательном развитии не как

уединенного, оторванного, но как необходимо связанного с другими относительно внешними явлениями» (Маврищев, 2003).

Тем не менее экологию как самостоятельную науку следует отсчитывать от трудов Э. Геккеля, давшего четкое определение её содержания.

Экология— фундаментальная научная дисциплина. Надо научиться правильно пользоваться ее законами, понятиями, терминами, так как они помогают людям определять свое место в окружающей их среде, правильно и рационально использовать природные богатства.

Термин «экология» происходит от греческих корней «ойкос»- дом, жилище, местопребывание, обиталище и «логос»- «наука», т.е. это наука о взаимоотношениях организмов со средой обитания.

Значение «экология» с течением времени менялось.

В начале XX в. экология понималась как часть зоологии и не претендовала на науку, обобщающую всю сумму биологических знаний. Со временем термин экология имело два значения. Согласно одной, экология— это наука, изучающая взаимоотношения организмов и среды. Другие считают, что экология— это огромная отрасль знаний.

Так например Н.Ф. Реймерс дает такое определение этой науки: *«Современная экология— биологизированная (как и географизированная, математизированная и т.д.) биоцентричная наука, но не биология. Для экологии характерен широкий системный межотраслевой взгляд. Ее предмет— сохранение функциональной и структурной целостности того центрального объекта, который вычленяется в процессе исследования... Такая экология совсем не биология и никакая иная наука, она сама по себе, новый раздел знания, равный, а может быть, и более широкий, чем математика, физика, химия и так далее...»*. Далее: *«Это совокупность отраслей знания, исследующих взаимодействие между биологически значимыми отдельностями и между ними и окружающей их средой»*.

Как видно, с одной стороны, признается, что экология— это наука, а с другой подчеркивается, что это совокупность научных дисциплин.

Определений экологии в современной научной литературе много, однако большинство экологов считает, что экология— это наука изучающая условия существования живых организмов взаимосвязи между организмами и средой, в которой они обитают (Р. Дажо). По определению В.А. Радкевича: «Экология— это наука, исследующая закономерности жизнедеятельности организмов (в любых проявлениях, на всех уровнях интеграции) в их естественной среде обитания с учетом изменений, вносимых в среду деятельности человека». Е. Одум дает следующее определение: «Экология— это наука об обиталище, или, говоря более широко, об «условиях существования». Так как экология имеет дело с естественной историей и с функциональными процессами групп организмов на суше, в океане и в пресной воде, было бы правильнее придерживаться новейших идей и определить экологию как науку о строении и функциях природы».

Б.Г. Розанов считает, что «Экология занимается вопросами социологии растений, животных, микроорганизмов, их сочетаний».

В.Д. Федоров: «Экология относится к числу фундаментальных подразделений биологии, исследующей фундаментальные свойства жизни над организменного уровня организации. Иными словами, экология изучает совокупность живых организмов, взаимодействующих друг с другом и образующих с окружающей средой обитания единство, (т.е. систему), в пределах которого осуществляется процесс трансформации энергии и органического вещества».

По С.С. Шварцу: «Экология— это наука о популяциях, и популяция— основной объект изучения экологии».

Интересно определение Н.Н.Моисеева: «Экологию мы понимаем, как синоним науки, изучающей в переводе с греческого «собственный дом». Именно в таком контексте мы говорим об экологии человека, экологии общества, когда домом человечества становится не только природа, его непосредственно окружающая, но и вся биосфера. Качество экологической обстановки мы видим в

соответствии условий, определяемых окружающей средой, потребностями общества и, прежде всего, здоровьем населения, возможностями его стабильного существования».

Из выше изложенного следует, что экология – это, прежде всего наука, изучающая отношения организмов между собой и окружающей средой, между которыми возникает множество разнообразных связей. Организмы же благодаря этим связям существуют в природе не как хаотичные скопления, а образуют определенные сообщества – над организменные системы. К над организменным системам относятся популяции, биоценозы, экосистемы и биосфера. Исходя из выше изложенного ведущие специалисты занимающиеся в области экологии дают следующее определение экологии: *экология – наука, изучающая взаимоотношения организмов между собой и с окружающей их природной средой, а также структуру и функционирование над организменных систем.*

Следовательно, предметом изучения экологии является совокупность и структура связей между организмами и средой.

1.2. Объекты исследования экологии

Объекты исследования современной экологии можно представить как трехступенчатое сооружение. На первой ступени, находятся отдельные особи. Выше располагаются популяции и сообщества, последнюю ступень занимают экосистемы. Эти ступени характеризуются своими структурами и функциональными характеристиками. Следовательно, *объектами изучения экологии* являются отдельные организмы и экологические системы различной сложности – популяции, сообщества в определенных средах обитания, развивающиеся и действующие по своим законам.

Основным разделом экологии является изучение экосистем, которые, по сути, являются тем, что мы обычно называем окружающей нас природой. В отличие от популяции или сообщества экологическую систему можно считать самостоятельным объектом – в ней имеется все, что необходимо для ее существования. Поэтому экосистемы являются *главным предметом* экологии. Так как все живое организовано в экосистемы, то человек также оказывается

включенным в многочисленные экологические взаимосвязи. Экология изучает взаимосвязи: между организмами (включая пищевые и непищевые взаимосвязи); между организмами и средой их обитания; взаимосвязи внутри над- организменных систем.

Экологию подразделяют на два больших раздела: на общую и частную (специальную).

Общая экология (биоэкология) изучает популяции, взаимоотношения между организмами, организмом и средой, экологию сообществ (биогеоценозов), природные комплексы и биосферу.

Частная, или специальная экология занимается изучением экологических аспектов конкретных организмов (экология различных видов растений, животных, экология человека и т.д.) или сообществ (экология сельскохозяйственных экосистем – агроэкология, растительных сообществ – фитоценология и т.д.).

Взаимодействуя с природой на всех этапах своего развития, человечество столкнулось с проблемой безопасности жизнедеятельности. Развитие промышленности, сельскохозяйственного производства привело к возникновению негативных факторов, одинаково влияющих как на окружающую человека природу, так и на самого человека. В недрах специальной экологии сформировался еще один раздел – **прикладная экология**. Такие науки, как промышленная (инженерная), сельскохозяйственная, промысловая экология, изучают возможность использования природных ресурсов и среды жизни, допустимые нагрузки на них, формы управления и хозяйствования. Они исследуют воздействие промышленности, транспорта, сельского хозяйства на природу и, наоборот, влияние естественной природной среды на функционирование промышленных предприятий и сельскохозяйственных комплексов.

В экологии выделяют три основных направления: **аутэкология** (экология особей и составленных ими видов); **демэкология** (экология популяций); **синэкология** (экология сообществ, или биоценозов). Часто к этим основным разделам добавляют еще биогеоценологию – учение о биогеоценозах, или экологических системах, и биосферологию – учение о функционировании биосферы.

Аутэкология – изучает взаимоотношения организма (вида, особи) с окружающей средой и исследует действие среды на морфологию, физиологию и поведение организмов, определяет пределы устойчивости и предпочтения вида по отношению к различным экологическим факторам.

Демэкология – изучает динамику популяций, описывает и устанавливает причины колебания численности различных видов, изучает демографию и ряд других характеристик популяций в свете их отношений с окружающей средой.

Синэкология – исследует взаимоотношения популяций и сообществ со средой, изучает биотические сообщества и их взаимоотношения со средой, их энергетику, структуру, развитие и т.д.

Существуют более детальные классификации научных направлений, основывающиеся на общем фундаменте экологии. В зависимости от объекта изучения, выделяют такие направления экологии, как *экологию микроорганизмов, грибов, растений, животных и т.д.*

Типы экосистем изучают такие направления, как *экология тундр и арктических пустынь, лесная экология, экология степей и лугостепей, экология пустынь, гор, островов, континентальных вод, морских побережий, лиманов, эстуариев, океанов и т.д.*

Факторы и среды жизни изучают: *экология атмосферы, гидросферы, почв, литосферы, радиационная, химическая. Ландшафтная* – изучает взаимосвязи компонентов ландшафта, экологические особенности различных экосистем.

Глобальная экология изучает биосферу как глобальную экосистему.

Изучением факторов взаимодействия человека с окружающей средой занимаются следующие направления, как *историческая экология, экология человека, экология города (урбоэкология), инженерная, сельскохозяйственная, промысловая, рекреационная, медицинская экология.*

Различают также направления: *экология и культура, экология морали, экологическое право, экологическая пропаганда*

(экологическое образование и воспитание), *экологическое прогнозирование, экономическая экология, экология и политика.*

В последнее время экологию стали трактовать, как науку об охране и рациональном использовании природы. Все, что касается природного окружения, стали называть «экологией», в том числе и охрану природы и охраны окружающей человека среды. Исходя из конечных целей, охрана природы и охрана окружающей среды близки между собой, но все же не идентичны.

Охрана природы нацелена на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей средой с целью его сохранения и восстановления природных ресурсов и предупреждения вредного влияния результатов хозяйственной деятельности на природу и здоровье человека.

Охрана окружающей среды концентрирует свое внимание прежде всего на потребностях самого человека. Это комплекс самых различных мероприятий (административно-хозяйственных, технологических, юридических, общественных и пр.), направленных на обеспечение функционирования природных систем, необходимых для сохранения здоровья и благосостояния человека.

Природопользование нацелено на удовлетворение различных потребностей человека путем рационального использования природных ресурсов и природных условий.

Нельзя смешивать понятия «экология», «охрана природы», «охрана окружающей среды» и «природопользование», поскольку экология как фундаментальная наука о взаимоотношениях живых организмов и среды обитания значительно шире учения лишь об охране и защите этой природной среды. Экология является фундаментом, базисом, на основании ее развиваются указанные прикладные науки. Экология теснейшим образом переплетается с вопросами техники и технологии, политики, экономики, духовности, права, медицины, эстетики, с разделами геологии, географии, биохимии, информатики, термодинамики и ряда других дисциплин.

1.3. Методология и методы экологии

Системный подход в исследовании объектов экологии является одним из основных методов. Системный подход – это направление в методологии познания объектов, как систем. Система – это множество взаимосвязанных элементов, образующих определенную целостность, единство. Ее состав, структуру и свойства изучают посредством системного анализа, являющегося основой системного подхода и представляющего собой совокупность методологических средств, используемых для решения сложных научных проблем. В эту совокупность средств входит комплекс методов: от простых описательных - логических, до весьма сложных – математических. Техническая основа системного анализа – современные ЭВМ и информационные системы.

Основными системными принципами являются: целостность, структурность, взаимозависимость системы и среды, иерархичность, множественность описания каждой системы. Целостность - обобщенная характеристика системы, свойства которой несводимы к сумме свойств ее элементов и не выводимы из этих свойств (целостность организмов более полной будет в популяции, популяции – в биоценозе и т. д.). Структурность – установление структуры и взаимозависимости структурных элементов, обусловленности поведения системы ее структурой (структура биоценоза, трофическая структура экосистемы и др.). Взаимосвязанность системы и среды выражается в формировании и проявлении ее свойств в результате этого взаимодействия (взаимодействие биоценоза и биотопа, популяций в биоценозе и т. п.). Иерархичность – это когда каждый компонент системы может рассматриваться как самостоятельная система, а сама исследуемая система является составной частью более широкой системы (уровни биологической организации вплоть до глобальной системы – биосферы). Экосистемы – это весьма сложные самоорганизующиеся и целенаправленные, со сложной иерархической структурой системы, требующие множественного описания каждой системы, для чего необходимо широкое использование моделирования.

Традиционная схема научного исследования: исследователь – объект. Здесь исследователь получает информацию путем непосредственного изучения объекта. Например, биолог изучает

видовой состав фитопланктона под микроскопом. Но такое возможно лишь на достаточно простых объектах. В случае исследования целостной структуры экосистемы необходимо моделирование, при котором работает схема: исследователь – модель – объект изучения. Например, чтобы получить представление об энергетических потоках в экосистеме, необходимо представить себе модель в виде пирамиды энергии или хотя бы пирамиды Элтона и т. п.

Модель – это вспомогательный объект, находящийся в определенном объективном соответствии с познаваемым оригиналом и способный замещать его на отдельных этапах познания. Моделирование – это разработка, исследование модели и распространение модельной информации на оригинал (Коробкин, Передельский, 2002).

Модель должна соответствовать двум требованиям: 1) она должна отражать лишь те особенности оригинала, которые выступают в качестве предмета познания, и 2) она должна быть адекватна оригиналу. Сам процесс моделирования можно разделить на четыре этапа: качественный анализ, математическая реализация, верификация и изучение модели.

По составу построения все модели делят на два класса: материальные и абстрактные. Материальные модели по своей физической природе сходны с оригиналом. Они могут сохранить геометрическое подобие оригиналу, подобие протекания физических процессов с оригиналом – физическое моделирование и могут быть природными, т. е. натурными моделями. Материальные модели используются обычно в технических целях. Более подходящими для экологического моделирования являются абстрактные модели, представляющие собой описание оригинала в словесной форме или посредством символов и операций над ними, отражающих исследуемые особенности оригинала. Абстрактные модели подразделяются на три типа: вербальные, схематические и математические.

Вербальные модели – это формализованный вариант традиционного естественнонаучного описания в виде текста, таблиц и иллюстраций. Схематические модели разрабатываются в виде различного рода схем, рисунков, графиков и фотографий, их

достоинство – наглядность, информативность и простота построения (трофические цепи, пирамиды Элтона, схемы структуры, динамики и энергетики экосистем, биохимических круговоротов и др.).

Вербальные и схематические модели – неотъемлемая часть качественного анализа математического моделирования, позволяющая построить ее математическую модель. Практически эта модель – формула или система уравнений и неравенств.

По своему характеру выделяют модели: статические и динамические. Статическая модель – отражает объект (систему), не меняющий свое состояние во времени, а динамическая модель – объект (систему), изменяющий свое состояние во времени. Подавляющее большинство живых объектов и систем – динамические системы, которые могут быть отражены лишь динамическими моделями.

В экологии математические модели экосистем В. Д. Федоров и Т. Г. Гильлеанов разделяют: на модели популяционного, биоценотического и экосистемного уровней. Популяционные модели – описывают особенности отдельных популяций, отражают их по поставленным целям свойства и внутренние закономерности: модели, позволяющие оценить динамику численности и возрастного состава популяций в зависимости от рождаемости и смертности, заданных как функции предмета изучения лишь от общей плотности и возрастного состава популяций. Модели биоценотического уровня задаются как системы уравнений, изучая отражающих динамику биоценоза как функцию плотностей составляющих его популяций. Модели экосистемного уровня представляют собой систему уравнений, в число аргументов которых включены как внутренние переменные состояния, так и внешние физико-географические факторы воздействий и целостные свойства экосистем. Они учитывают и роль обратных связей в функционировании систем.

Системные идеи широко используются в экологии. На более высокую ступень эти идеи были подняты в учении В. И. Вернадского о биосфере и ноосфере, где научному познанию предложено новое понятие – глобальные системы. Такой глобальной экосистемой и является биосфера, объединяющая в основе иерархического принципа все системы Земли более низкого уровня. Применяемые в настоящее время в эколого-географических

исследованиях методы можно сгруппировать в зависимости от разных критериев. По поставленным целям: оценочные, аналитические, ратинирование и прогнозирование; посредством используемым для получения информации: картографические, индикационные, геохимические и геофизические; по характеру проводимых наблюдений : стационарные, полустационарные и дистанционные; по уровню в системе познания ; эмпирические и теоретические; по приемам обработки информации: балансовые статические и системные; по характеру предмета исследования: физико–географические, ландшафтные, агроэкологические. (таблица. 1.1.)

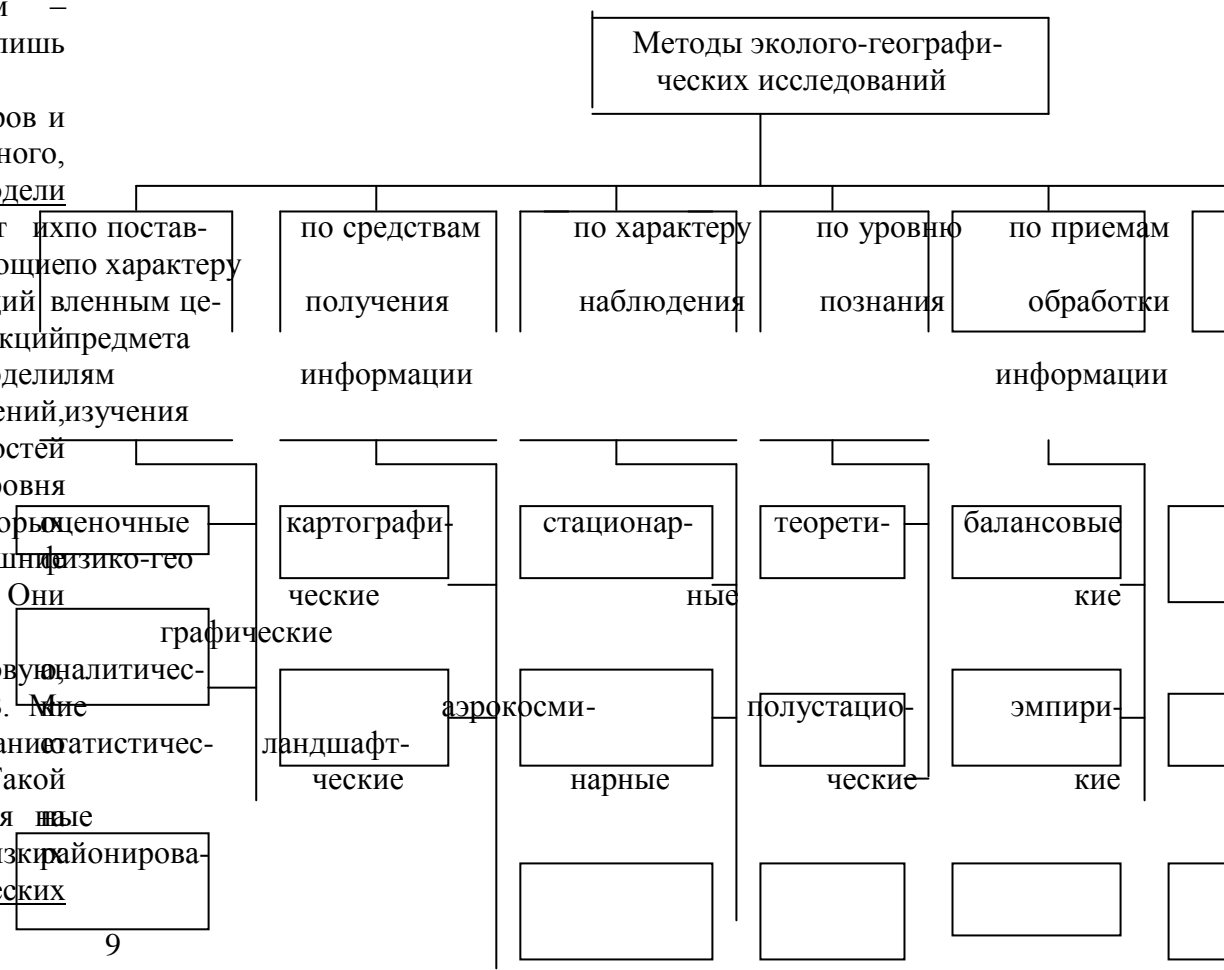




Таблица 1.1. Группировка методов эколого-географических исследований

1.4. Законы и принципы экологии

Экология изучает отношения, существующие как внутри экосистем так и между ними, а также составляющими их компонентами.

К категории отношения относятся особая группа объективно существующих и устойчивых отношений, определяющих функционирование и развитие материального мира, именуемая принципами. Объективность заключается в том, что отношения проявляются независимо от сознания и воли людей. Устойчивость проявляется через обязательность закономерность, если сохраняются необходимые для нее условия. Иногда эту черту называют повторяемостью из чего следует, что закономерности историчны.

Некоторые закономерности, отвечающие качеству сущности, называют законами.

Все законы и закономерности характеризуются наличием причинно-следственных связей, детерминированием одних явлений другими, при этом причина и следствие часто могут меняться местами. Другая особенность законов и закономерностей – их

автономность, т.е. относительная независимость друг от друга. Не один закон не «отменяет» другой, если для последнего сохранены условия и механизм его проявления. Так, социальные закономерности развития человечества не «отменяет» действие законов биологических, а последние – более общих законов материального мира. Однако автономность законов и закономерностей не исключает их воздействие между собой. Именно это взаимодействие и является в настоящее время одним из важнейших объектов научных исследований.

Задачей экологии, как любой другой науки, является поиск законов функционирования и развития данной области реальности. Исторически первым для экологии был закон, устанавливающий зависимость живых систем от факторов, ограничивающих их развитие (так называемых лимитирующих факторов).

Закон минимума Ц.Ю. Либих в 1840г. установил, что урожай зерна часто лимитируется не теми питательными веществами, которые требуются в больших количествах, а теми, которых нужно. Закон гласил: «Веществом, находящимся в минимуме, управляется урожай и определяется величина, и устойчивость последнего во времени». Впоследствии к питательным веществам добавили ряд других факторов, например температуру.

Действие данного закона ограничивают два принципа. Первый; закон Либиха строго применим только в условиях стационарного состояния. Более точная формулировка: «При стационарном состоянии лимитирующим будет то вещество, доступные количества которого наиболее близки к необходимому минимуму». Второй принцип рассматривает взаимодействия факторов. Высокая концентрация или доступность некоторого вещества может изменять потребление минимального питательного вещества. Организм иногда заменяет одно дефицитное вещество другим, имеющимся в избытке.

Закон толерантности: «отсутствие или невозможность развития экосистемы определяется не только недостатком, но и избытком любого из факторов (тепла, света, воды)». Отсюда следует, организмы характеризуются как экологическим минимумом, так и максимумом. Диапазон между max и min составляет пределы толерантности, в которых организм нормально реагирует на влияние

среды. Закон толерантности предложил В. Шелфорд в 1913г. Предложены следующие дополнения к закону:

- а) организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного фактора и узкий в отношении другого;
- б) организмы с широким диапазоном толерантности ко всем факторам, обычно наиболее широко распространены;
- в) если условия по одному экологическому фактору не оптимальны для вида, то может сузиться диапазон толерантности к другим экологическим факторам;
- г) в природе организмы очень часто оказываются в условиях, не соответствующих оптимальному значению того или иного фактора, определенному в лаборатории;
- д) период размножения обычно является критическим; в этот период многие факторы среды часто оказываются лимитирующими.

Живые организмы изменяют условия среды, чтобы ослабить лимитирующее влияние физических факторов. Виды с широким географическим распространением образуют адаптированные к местным условиям популяции, которые называются экотипами. Их оптимумы и пределы толерантности соответствуют местным условиям. В зависимости от того, закреплены ли экотипы генетически, говорят об образовании генетических рас или о простой физиологической акклиматизации.

Концепция лимитирующих факторов. Важными экологическими факторами на суше являются свет, температура и вода (осадки), а в море- свет, температура и соленость. Эти физические условия существования являются лимитирующими и влияющими благоприятно. Факторы среды зависят друг от друга и действуют согласованно.

Такими лимитирующими факторами являются атмосферные газы (углекислый газ, кислород) и биогенные соли. Формулируя закон минимума, Либих имел в виду лимитирующее воздействие жизненно важных химических элементов, присутствующих в среде в небольших и непостоянных количествах. Это так называемые микроэлементы - железо, медь, цинк, бор, кремний, молибден, хлор, ванадий, кобальт, йод, натрий. Микроэлементы, подобно витаминам, действуют как катализаторы. Фосфор, калий, кальций, сера, магний,

требующиеся организмам в сравнительно больших количествах, называются макроэлементами.

Кроме этого лимитирующим фактором в современных условиях является загрязнение природной среды. Данный процесс происходит в результате внесения в среду веществ, которых в ней либо не было, например металлы, новые синтезированные химические вещества, которые не разлагаются вовсе, либо существующих в биосфере, например, углекислый газ.

Загрязнение приводит к изменению физических, химических и биологических характеристик среды, которое оказывает неблагоприятное влияние на экосистемы и человека. Загрязнение увеличивается как в результате роста населения и его потребностей, так и в результате, использования новых технологий, обслуживающих эти потребности. Загрязнение бывает химическим, тепловым, шумовым.

По Ю. Одуму, главный лимитирующий фактор - размеры и качество «ойкоса», или нашей «природной обители», а не просто число калорий, которые можно выжечь из земли. Ландшафт не только склад запасов, но и дом, в котором мы живем. «Следует стремиться к тому, чтобы сохранить, по меньшей мере, треть всей суши в качестве охраняемого открытого пространства. Это означает, что треть всей нашей среды обитания должны составлять национальные или местные парки, заповедники, зеленые зоны, участки дикой природы и т.п.» (Одум, 1975.с.541). Ограничение использования земли является аналогом природного регулирующего механизма, называемого «территориальным поведением». Таким образом, многие виды животных избегают скученности и вызываемого ею стресса.

Сокращение влияния лимитирующего фактора требует больших затрат вещества и энергии. Увеличение урожая в два раза требует десятикратного увеличения количества удобрений, ядохимикатов и мощностей (животных или машин).

Лимитирующим фактором является также численность популяции. Принцип Олли: «Степень агрегации (так же, как и общая плотность), при которой наблюдается оптимальный рост и выживание популяции, варьирует в зависимости от вида и условий, поэтому как «недонаселенность» (или отсутствие агрегации), так и

перенаселенность могут оказывать лимитирующее влияние». Принцип Олли часто рассматривают и по отношению к человеку.

Закон конкурентного исключения: два вида, занимающие одну экологическую нишу, не могут сосуществовать в одном месте неограниченно долго и то какой вид побеждает, зависит от внешних условий. В сходных условиях победить может каждый. Важным условием для победы является скорость роста популяции. Слабый вид неспособный к биотической конкуренции ведет его к необходимости приспособления к сложным условиям.

Рассмотренный выше закон конкурентного исключения работает и в человеческом обществе.

Развиваются не только организмы и виды, но и экосистемы. Процесс последовательной смены сообществ в данном районе, (как было указано выше) называется сукцессией. В экологии известно, что она происходит в результате изменения физической среды под действием сообщества, т.е. контролируется им. Смена видов в экосистемах вызывается тем, что популяции, стремясь, приспособится к окружающей среде, создают условия, благоприятные для других популяций.

Это продолжается до тех пор, пока не будет достигнуто равновесие между биотическими и абиотическими компонентами. Развитие экосистем во многом аналогично развитию отдельного организма и в то же время сходно с развитием биосферы в целом. Многие ведущие экологи большое внимание уделяют тому факту, что сукцессия в энергетическом смысле связана с фундаментальным сдвигом потока энергии в сторону увеличения количества энергии, направленной на поддержание системы. Она состоит из стадий роста, стабилизации и климакса.

Закон экологии: Высокая продуктивность дает низкую надежность. Направленность эволюции сообщества ведет к усилению симбиоза, сохранению биогенных веществ, повышению стабильности и содержания информации. Общая стратегия «направлена на достижение такой обширной и разнообразной органической структуры, какая только возможна в границах, установленных доступным притоком энергии и преобладающими физическими условиями существования почва, вода, климат и т.п.» (Одум, 1975).

Экосистемы стремятся «к наибольшей защите», человек стремится получить «максимум продукции». Для получения с осваиваемой территории максимальный урожай и для осуществления своей цели человек создает искусственные экосистемы, которые стремятся развиваться в направлении достижения максимальной стабильности. Любое повышение человеком эффективности экосистемы приводит к повышению затрат на ее поддержание вплоть до какого-то предела, когда дальнейшее повышение эффективности невыгодно из-за слишком большого роста затрат. Следовательно, необходимо достижение оптимального КПД экосистем и тем самым затраты должны быть экономически оправданными.

Законы детерминистского типа жестко регулируют взаимоотношения между компонентами экосистемы. Приведем основные законы, как они даны у А.А.Горелова (2002), большинство законов представляют собой законы как тенденции, которые действуют не во всех случаях.

1. Закон эмерджентности: целое всегда имеет особые свойства, отсутствующие его частей.

2. Закон необходимого разнообразия: система не может состоять из абсолютно идентичных элементов, но может иметь иерархическую организацию и интегративные уровни.

3. Закон необратимости эволюции: организм (популяция, вид) не может вернуться к прежнему состоянию, существовавшему в ряду его предков.

4. Закон усложнения организации: историческое развитие живых организмов приводит к усложнению их организации путем дифференциации органов и функций.

5. Биогенетический закон (Э. Геккель): онтогенез организма есть краткое повторение филогенеза данного вида, т.е. индивид в своем развитии повторяет сокращенно историческое развитие своего вида.

6. Закон неравномерности развития частей системы: системы одного уровня иерархии развиваются не строго синхронно- в то время, как одни достигают более высокой стадии развития, другие остаются в менее развитом состоянии. Этот закон непосредственно связан с законом необходимого разнообразия.

7. Закон сохранения жизни: жизнь может существовать только в процессе движения через живое тело потока веществ, энергии, информации.

8. Принцип сохранения упорядоченности (И. Пригожий): в открытых системах энтропия не возрастает, а уменьшается до тех пор, пока не достигается минимальная постоянная величина, всегда большая нуля.

9. Принцип Ле Шателье- Брауна: при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, это равновесие смещается в том направлении, при котором эффект внешнего воздействия ослабляется. Этот принцип в рамках биосферы нарушается современным человеком. «Если в конце прошлого века еще происходило увеличение биологической продуктивности и биомассы в ответ на возрастание концентрации углекислого газа в атмосфере, то с начала нашего века это явление не обнаруживается. Наоборот, биота выбрасывает углекислый газ, а биомасса ее автоматически снижается» (Реймерс, 1994).

10. Принцип экономии энергии (Л. Онсагер): при вероятности развития процесса в некотором множестве направлений, допускаемых началами термодинамики, реализуется то, которое обеспечивает минимум рассеивания энергии.

11. Закон максимизации энергии и информации: наилучшими шансами на самосохранение обладает система, в наибольшей степени способствующая поступлению, выработке и эффективному использованию энергии и информации; максимальное поступление вещества не гарантирует системе успеха в конкурентной борьбе.

12. Периодический закон географической зональности А.А. Григорьева- Н.Н. Будыко: со сменой физико-географических поясов Земли аналогичные ландшафтные зоны и некоторые общие свойства периодически повторяются, т.е. в каждом поясе- субарктическом, умеренном, субтропическом, тропическом и экваториальном - происходит смена зон по схеме: леса — степи — пустыни.

13. Закон развития системы за счет окружающей среды: любая система может развиваться только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды; абсолютно изолированное саморазвитие невозможно.

14. Принцип преломления действующего фактора в иерархии систем: фактор, действующий на систему, преломляется через всю иерархию ее подсистем. В силу наличия в системе «фильтров» данный фактор либо ослабляется, либо усиливается.

15. Правило затухания процессов: с увеличением степени равновесности с окружающей средой или внутреннего гомеостаза (в случае изолированности системы) динамические процессы в системе затухают.

16. Закон физико-химического единства живого вещества В.И. Вернадского: все живое вещество Земли физико-химически едино, что не исключает биогеохимических различий.

17. Термодинамическое правило Вант-Гоффа-Аррениуса: подъем температуры на 10°C приводит к 2-3-кратному ускорению химических процессов. Отсюда опасность повышения температуры вследствие хозяйственной деятельности человека.

18. Правило Шредингера «о питании» организма отрицательной энтропией: упорядоченность организма выше окружающей среды, и организм отдает в эту среду больше неупорядоченности, чем получает. Это правило соотносится с принципом сохранения упорядоченности И. Пригожина.

19. Правило ускорения эволюции: с ростом сложности организации биосистем продолжительность существования вида в среднем сокращается, а темпы эволюции возрастают. Средняя продолжительность существования вида птиц- 2 млн. лет, вида млекопитающих- 800 тыс. лет. Число вымерших видов птиц и млекопитающих в сравнении со всем их количеством велико.

20. Принцип генетической преадаптации: способность к приспособлению организмов заложена изначально и обусловлена практической неисчерпаемостью генетического кода. В генетическом

многообразии всегда находятся необходимые для адаптации варианты.

21. Правило происхождения новых видов от неспециализированных предков: новые крупные группы организмов берут начало не от специализированных представителей предков, а от их сравнительных неспециализированных групп.

22. Принцип дивергенции Ч. Дарвина: филогенез любой группы сопровождается разделением ее на ряд филогенетических стволов, которые расходятся в разных адаптивных направлениях от среднего исходного состояния.

23. Принцип прогрессирующей специализации: группа, вступающая на путь специализации в дальнейшем развитии, будет идти по пути все более глубокой специализации.

24. Правило более высоких шансов вымирания глубоко специализированных форм (О. Марш): быстрее вымирают более специализированные формы, генетические резервы которых для дальнейшей адаптации снижены.

25. Закон увеличения размеров (роста) и веса (массы) организмов в филогенетической ветви. В.И. Вернадский так сформулировал этот закон: «По мере хода геологического времени выживающие формы увеличивают свои размеры (а, следовательно, и вес) и затем вымирают. Происходит это оттого, что чем мельче особи, тем труднее им противостоять процессам энтропии (ведущим к равномерному распределению энергии), закономерно организовывать энергетические потоки для осуществления жизненных функций. Эволюционно размер особей, поэтому увеличивается (хотя и является очень стойким морфофизиологическим явлением в коротком интервале времени)» (Реймерс, 1994).

26. Аксиома адаптированности Ч. Дарвина: каждый вид адаптирован к строго определенной, специфичной для него совокупности условий существования.

27. Экологическое правило С.С. Шварца: каждое изменение условий существования прямо или косвенно

вызывает соответствующие перемены в способах реализации энергетического баланса организма.

28. Закон относительной независимости адаптации: высокая адаптивность к одному из экологических факторов не дает такой же степени приспособления к другим условиям жизни (наоборот, она может ограничивать эти возможности в силу физиолого-морфологических особенностей организмов).

29. Закон единства «организм-среда»: жизнь развивается в результате постоянного обмена веществом и информацией на базе потока энергии в совокупном единстве среды и населяющих ее организмов.

30. Правило соответствия условий среды генетической предопределенности организма: вид может существовать до тех пор и постольку, поскольку окружающая его среда соответствует генетическим возможностям приспособления этого вида к ее колебаниям и изменениям.

31. Закон максимума биогенной энергии (энтропии) В.И. Вернадского - Э.С. Бауэра: любая биологическая или биокосная система, находясь в динамическом равновесии с окружающей средой и эволюционно развиваясь, увеличивает свое воздействие на среду, если этому не препятствуют внешние факторы.

32. Закон давления среды жизни, или ограниченного роста (Ч. Дарвин): имеются ограничения, препятствующие тому, чтобы потомство одной пары особей, размножаясь в геометрической прогрессии, заполонило весь земной шар.

33. Принцип минимального размера популяций: существует минимальный размер популяции, ниже которого ее численность не может опускаться.

34. Правило представительства рода одним видом: в однородных условиях и на ограниченной территории таксономический род, как правило, представлен только одним видом

35. Правило А. Уоллеса: по мере продвижения с севера на юг видовое разнообразие увеличивается. Причина в том, что северные биоценозы исторически моложе и находятся в условиях меньшего поступления энергии от Солнца.

36. Закон обеднения живого вещества в островных его сгущениях (Горелов, 2002) : «Индивидуальная система, работающая в... среде с уровнем организации более низким, чем уровень самой системы, обречена: постепенно теряя структуру, система через некоторое время растворится в окружающей... среде». Из этого следует важный вывод для человеческой природоохранной деятельности: искусственное сохранение экосистем малого размера (на ограниченной территории, например, заповедника) ведет к их постепенной деструкции и не обеспечивает сохранения видов сообществ.

37. Закон пирамиды энергий (Р. Линдемман): с одного трофического уровня экологической пирамиды переходит на другой, более высокий уровень в среднем около 10% поступившей на предыдущий уровень энергии. Обратный поток с более высоких на более низкие уровни на много слабее - не более 0,5-0,25%, и потому говорить о круговороте энергии в биоценозе не приходится.

38. Правило биологического усиления: при переходе на более высокий уровень экологической пирамиды накопление ряда веществ, в том числе токсичных и радиоактивных, увеличивается примерно в такой же пропорции.

39. Правило экологического дублирования: исчезнувший или уничтоженный вид в рамках одного уровня экологической пирамиды заменяет другой, аналогичный, по схеме: мелкий сменяет крупного, ниже организованный более высоко организованный, более генетически лабильный и мутабельный менее генетически изменчивого. Особи измельчаются, но общее количество биомассы увеличивается, так как никогда слоны не дадут той биомассы и продукции с единицы площади, какую способны дать саранча и еще более мелкие беспозвоночные.

40. Правило биоценотической надежности: надежность биоценоза зависит от его энергетической эффективности в данных условиях среды и возможности структурно-функциональной перестройки в ответ на изменение внешних воздействий.

41. Правило обязательности заполнения экологических ниш: пустующая экологическая ниша всегда и обязательно бывает естественно заполнена («природа не терпит пустоты»).

42. Правило экотона, или краевого эффекта: на стыках биоценозов увеличивается число видов и особей в них, так как возрастает число экологических ниш из-за возникновения на стыках новых системных свойств.

43. Правило взаимоприспособленности организмов в биоценозе К. Мёбиуса-Г.Ф. Морозова: виды в биоценозе приспособлены друг к другу настолько, что их сообщество составляет внутренне противоречивое, но единое и взаимноувязанное целое.

44. Принцип формирования экосистемы: длительное существование организмов возможно лишь в рамках экологических систем, где их компоненты и элементы дополняют друг друга и взаимно приспособлены.

45. Закон сукцессионного замедления: процессы, идущие в зрелых равновесных экосистемах, находящихся в устойчивом состоянии, как правило, проявляют тенденцию к снижению темпов.

46. Правило максимума энергии поддержания зрелой системы: сукцессия идет в направлении фундаментального сдвига потока энергий в сторону увеличения ее количества, направленного на поддержание системы.

47. Закон исторического саморазвития биосистем (Э. Бауэр): развитие биологических систем есть результат увеличения их внешней работы- воздействия этих систем на окружающую среду.

48. Правило константности числа видов в биосфере: число появляющихся видов в среднем равно числу вымерших, и общее видовое разнообразие в биосфере есть константа. Это правило справедливо для сформировавшейся биосферы.

49. Правило множественности экосистем: множественность конкурентно-взаимодействующих экосистем обязательна для поддержания надежности биосферы.

Из этих экологических законов следуют выводы, справедливые для системы «человек - природная среда». Они относятся к типу закона; как ограничения разнообразия, т.е. накладывают ограничения на природообразовательную деятельность человека. Рассмотрим эти основные законы и принципы.

1. Правило исторического роста продукции за счет сукцессионного омоложения экосистем.

2. Закон бумеранга: все, что извлечено из биосферы человеческим трудом, должно быть возвращено ей.

3. Закон незаменимости биосферы: биосферу нельзя заменить искусственной средой, как, скажем, нельзя создать новые виды жизни. Человек не может построить вечный двигатель, в то время как биосфера и есть практически «вечный» двигатель.

4. Закон убывающего естественного плодородия: «В связи с постоянными изъятиями урожая, а потому органики и химических элементов из почвы, нарушением естественных процессов почвообразования, а также при длительной монокультуре в результате накопления токсичных веществ, выделяемых растениями (самоотравление почв), на культивируемых землях происходит снижение естественного плодородия почв... [К настоящему времени примерно половина пахотных угодий мира в различной степени потеряла плодородие, а полностью выбыло из интенсивного сельскохозяйственного оборота столько же земель, сколько сейчас обрабатывается (в 80-е гг. терялось около 7 млн. га в год)» (Реймерс Н.Ф.). Второе толкование закона: каждое последующее прибавление какого-либо полезного для организма фактора дает меньший эффект, чем результат, полученный от предшествующей дозы того же фактора.

5. Закон шагреневой кожи: глобальный исходный природно-ресурсный потенциал в ходе исторического развития непрерывно истощается. Это следует из того, что никаких принципиально новых ресурсов, которые могли бы появиться в настоящее время, нет. «Для жизни каждого человека в год необходимо 200т твердых веществ, которые он с помощью 800т воды и в среднем 1000 Вт энергии превращает в полезный для себя продукт» (Реймерс Н. Ф.). Все это человек берет из уже имеющегося в природе.

6. Принцип неполноты информации: «Информация при проведении акций по преобразованию и вообще любому изменению природы всегда недостаточна для априорного суждения о всех возможных результатах таких действий, особенно в далекой

перспективе, когда разовьются все природные цепные реакции» (Реймерс Н.Ф.).

7. Принцип обманчивого благополучия: первые успехи в осуществлении цели, ради которой и был задуман проект, создают атмосферу благодушия и заставляют забыть о возможных отрицательных последствиях, которых никто не ждет.

8. Принцип удаленности события: потомки что-нибудь придумают для предотвращения возможных отрицательных последствий.

Вопрос о том, насколько законы экологии можно переносить на взаимоотношения человека с окружающей средой, остается открытым, так как человек отличается от всех других видов. Например, у большинства видов скорость роста популяции уменьшается с увеличением, ее плотности; у человека, наоборот, рост населения в этом случае ускоряется

1.5. Место и роль экологии в географических исследованиях

Экология как наука сложна и многогранна. Условно ее можно подразделять на отдельные направления. Одно из наиболее ранних направлений- ландшафтная экология, которая изучает приспособления организмов к разной географической среде, формировании биоценологических комплексов различных ландшафтов, биологические характеристики этих комплексов, их влияние на среду обитания. Многие проблемы ландшафтной экологии имеют практическое значение, так как климатическими и иными физико-географическими условиями определяется набор видов, их продуктивность, возможность акклиматизации различных форм организмов, условия формирования и устойчивость природных очагов болезней и т.п.

Другое направление экологии исследует конкретные механизмы, с помощью которых осуществляются приспособление организмов к изменчивым условиям среды, необходимое для бесперебойного функционирования биологических систем разного

уровня. Это направление называют функциональной или физиологической экологии, так как большинство адаптивных механизмов имеет физиологическую природу. Изучение механизмов и закономерностей адаптации важно для решения ряда проблем географии, геологии, почвоведения, растениеводства, биологии, медицины и т.д.

Вопрос о соотношениях географии и экологии в последние годы привлек особое внимание географов в связи с активным вторжением слова «экология» в нашу жизнь и явным соприкосновением целей и задач обеих наук. Экология— это наука об условиях существования живых организмов и их связям со средой обитания (Одум, 1975). В центре внимания эколога— живые организмы и их сообщества; абиотическая среда рассматривается биологической наукой. Одной из фундаментальных понятий современной экологии— это экосистема, как некоторое единство отдельного организма, популяции или сообщества и среды обитания.

Одним из объектов исследования географии является геосистема. Многие географы используют термин «геосистема» для обозначения самых разнообразных территориальных систем. По мнению В.Б. Сочавы данный термин охватывает весь иерархический ряд природно-географических единств, включая географическую оболочку и до ее элементарных— структурных подразделений.

Как отмечает А.Г. Исаченко (1991) геосистемы составляют жизненную среду человечества, они обладают экологическим и ресурсным потенциалом. Геосистемы обеспечивают все биологические потребности людей, и необходимые энергетические и сырьевые источники для развития производства. Экологическое благополучие ландшафтов определяет воспроизводство таких жизненных ресурсов человечества, как свободный кислород, вода, почвенное плодородие и биомасса. Угроза истощения и сокращения производства естественных ресурсов и вместе с тем ухудшение экологических качеств среды из-за ее загрязнения промышленными отходами, сокращение площади лесов и т.д., со всей остротой поставили проблему рационального использования и охраны природной среды, ее оптимизации.

На первый взгляд может показаться, что экосистема тождественна геосистеме, и некоторые специалисты пытались поставить между ними знак равенства. В действительности между экосистемой и геосистемой существуют принципиальные различия. Экосистема, подобно геосистеме, включает биотические и абиотические компоненты природы, но при изучении экосистем рассматривают лишь те связи, которые имеют отношение к организмам. В геосистеме же все компоненты равноправны и взаимосвязаны, и существующая между ними связь подлежат изучению. Таким образом, геосистема охватывает значительно больше связей и отношений, чем экосистема. Экосистему можно рассматривать как систему частную (порциальную) по отношению к геосистеме.

Другое отличие экосистемы от геосистемы состоит в том, что она не имеет строгого объема, она как бы безразмерна. В качестве экосистемы можно рассматривать и каплю воды и дупло дерева, и какой либо водоем, и «персональную» среду обитания отдельного индивида (например, волка) вместе с «хозяином». При таком широком и неопределенном объеме некоторые категории территориально могут совпадать с геосистемами. Это прежде всего биогеоценоз как экосистемы одного фитоценоза, совпадающего с фацией, и биосфера как экосистема всех живых организмов Земли, совпадающего с эпигеосферой, т.е. «наружной земной оболочкой» (по определению П.И. Броунова) или географической оболочкой. Но следует иметь в виду, что территориальное совпадение не означает смыслового, или понятийного тождества. Так, биосфера, т.е сфера жизни, отражает лишь частный биоцентрический взгляд на географическую оболочку. Наличие жизни — важное, но не единственное специфическое качество этой оболочки.

Географический взгляд на природу шире, чем экологический, и это обстоятельство выдвигает географию, в особенности ландшафтоведение, как наиболее синтетический раздел, на ведущую роль в разработке научных основ рационального использования, охраны и улучшения природной среды. Но это не должно служить основанием для противопоставления ландшафтоведение экологии. Существуют больше возможностей для взаимного обогащения обеих

дисциплин научными достижениями, подходами и методами. Для ландшафтоведения, в частности, представляют большой интерес данные экологии по биологическому метаболизму, трофическим (пищевым) цепям и биологической продуктивности. Экологи приобретут большую конкретность и практическую значимость опираясь на строгую географическую территориальную иерархию, на географо-картографический метод и другие теоретические представления, подходы и методы, присущие географической науке.

В геосистемах происходит непрерывный обмен и преобразование вещества и энергии. Совокупность процессов перемещения, обмена и трансформации энергии и вещества в геосистеме называют ее функционированием, которая осуществляется по законам биологии, физики, химии и механики. Следовательно, геосистема есть сложная (интегральная) физико-химико-биологическая система. Функционирование геосистем складывается из трансформации солнечной энергии, влагообороте, геохимического круговорота, биологического метаболизма и механического перемещения материала под действием силы тяжести.

Различают три главных уровня организации геосистем: планетарный, региональный и локальный. Не останавливаясь подробно на этих уровнях мы рассмотрим с точки зрения экологии, основную часть в геосистемах- это ландшафт.

В системе физико-географических наук ландшафтоведение составляет ядро этой науки. Ландшафт- структурная единица наружной земной оболочки, которая формируется на контакте всех трех основных гидро, лито- и педо сфер. Здесь сосредоточена 99% живого вещества нашей планеты. В сфере наземных ландшафтов находятся основные механизмы трансформации энергии и вещества, и “лаборатория” в которой непрерывно протекают процессы растворения, окисления, восстановления, гидратации, биологического синтеза и разложения, механического разрушения горных пород, переноса и аккумуляции рыхлых отложений, выпадения, атмосферных осадков, стока, фильтрации, испарения, формирования почв, ледников, разнообразных форм рельефа.

Задача ландшафтоведения - это изучение наземных геосистем, то есть природных территориальных комплексов, познание

закономерностей их дифференциации и интеграции, развития и размещения, изучение различных свойств, структуры, функционирования, динамики и эволюции.

Ландшафт, по определению Л.Г. Раменского, является основной таксономической единицей в ряду природных территориальных комплексов; это— генетически единая территориальная система, построенная из закономерно сочетающихся морфологических частей урочищ и фации. Ландшафты, закономерно группируясь, образуют систему ландшафтных зон, каждая из которых представляет самостоятельный географический комплекс высшего порядка. Каждая ландшафтная зона возникла не сразу, а складывалась в течение многих тысячелетий и имеет свою историю. За время существования той или иной зоны, климат не оставался постоянным, изменялись также и органический мир, и рельеф.

Основное существо процесса развития зональности состоит в прогрессирующем усилении зональной дифференциации географической оболочки и в усложнении структуры зон. В этом процессе особенно важная роль принадлежит органическому миру, правильнее сказать экологии. Возникновение новых типов организмов означало одновременно и изменение характера обмена веществ между живой и неживой природой, перестройку процесса миграции химических элементов в географической оболочке, появление новых типов почв и осадочных пород. До появления высокоорганизованных условий, зональность на земле должна была иметь весьма примитивный характер. Однообразные бактерии и водоросли протерозоя и начала палеозоя еще не обнаруживают зональных различий, не выражены такие различия и во флоре так называемых псилофитов— первых широко распространившихся в силуре— девоне наземных растений.

Лишь со второй половины палеозоя органический мир обнаруживает заметную экологическую дифференциацию и, вместе с тем, с этого времени он становится могучим фактором преобразования географической оболочки— создает мощные толщи известняков, а также каменных углей, способствует значительному приближению газового состава атмосферы к современному и т.д., для

второй половины палеозоя имеются и более определенные данные о географической зональности.

Органический мир является важнейшим фактором развития географической оболочки и, в частности формирования ее зональной структуры, и одновременно служит главным индикатором географической дифференциации: картины зональности прошлого восстанавливаются, прежде всего, на основе изучения организмов и среды обитания, то есть экология как наука приобретает большую значимость. Так как развития форм жизни на земле стимулировалось изменениями внешних условий.

Коренные преобразования в органическом мире всегда в той или иной степени были связаны с «революционными» этапами в тектонической жизни земли, когда перестраивался рельеф, изменялись соотношения между сушей и морем, характер циркуляции атмосферы, тепловой режим и условия увлажнения. Подобные перемены вызывало у организмов необходимость приспосабливаться к новым условиям и способствовало к образованию новых форм.

Социальная значимость ландшафтоведения и экологии особенно возрастает в современную эпоху научно-технической революции.

Специфика объекта ландшафтоведения требует прочной опоры на фундаментальные природные законы, установленные физикой, химией, биологией. Связующими звеньями между этими науками и физической географией служат геофизика ландшафта и биогеоценология, которую по аналогии можно было бы назвать биотехно-биологией ландшафта. Она исследует связи сообщения организмов со средой, биологический метаболизм в геосистемах, биологическую продуктивность и ее задачи во многом перекрываются с задачами ландшафтоведения. Вместе с тем биоценология по своему содержанию очень близка к задачам экологии.

Такое сложное взаимоотношение организмов и среды обитания требует от географов необходимости понимания основных определений, понятий и законов экологии, чему будет посвящено последующие главы данного учебного пособия.

Вопросы для контроля:

1. Что изучает экология?
2. Какие методы использует экология в своих исследованиях?
3. В чём суть экологических законов?
4. В чём суть закона лимитирующего фактора?
5. В чем суть закона толерантности?
6. Что Вы знаете о роли экологии в географических исследованиях?

Глава 2. Основные факторы экологии

2.1. Общее представление об экологических факторах

Факторы среды- это разнообразные элементы влияющие на жизнедеятельность организмов, то есть это комплекс окружающих условий. То, что окружает организм и влияет на его жизнедеятельность, носит название «среда обитания». Приспособление организма к среде обитания носит название «адаптация». В природе адаптации организмов всегда развивается под воздействием трёх основных факторов: изменчивость, наследственность и естественного отбора. Адаптации могут проявляться на разных уровнях существования живой материи – от клеточного и организменного до уровня организации сообществ и экосистем.

Под факторами среды понимают экологические факторы, т.е. воздействие условий среды, на которые живое реагирует приспособительными реакциями. *Экологический фактор*– это *воздействие любого элемента природной среды, оказывающего* прямое или косвенное влияние на живые организмы хотя бы на протяжении одной из фаз их развития.

Существующее многообразие экологических факторов делится на две группы. Одна группа включает компоненты и явления неживой природы, прямо или косвенно воздействующие на живые организмы. Такие проявления свойств неживой природы называются **абиотическими факторами**. Среди множества абиотических

факторов главную роль играют климатические, эдафические (почвенные), орографические (рельеф), гидрографические (водная среда), химические. (табл.2.1).

Таблица 2.1
Экологических факторов среды

Абиотические факторы
<p>Климатические: Солнечная радиация, свет и световой режим, температура, влажность, атмосферные осадки, ветер, атмосферное давление и др.</p> <p>Эдафические: Механическая структура и химический состав почвы, влагоемкость, водный, воздушный и тепловой режим почвы, кислотность, влажность, газовый состав, уровень грунтовых вод и др.</p> <p>Орографические: Рельеф, экспозиция склона, крутизна склона, перепад высот, высота над уровнем моря.</p> <p>Гидрографические: Факторы водной среды - прозрачность воды, текучесть, проточность, температура, кислотность, газовый состав, содержание минеральных и органических веществ и т.п.</p> <p>Химические: Газовый состав атмосферы, солевой состав воды</p>
Биотические факторы
<p>Фитогенные: Влияние растений друг на друга и на окружающую среду</p> <p>Зоогенные: Влияние животных друг на друга и на окружающую среду</p>

Однако не только окружающая среда влияет на рост и развитие организмов. Сами живые организмы находятся в постоянных взаимоотношениях между собой. Совокупность таких взаимоотношений, взаимовлияний одних организмов на жизнедеятельность других, а также и на неживую среду обитания, носит название **биотических факторов**. К таким факторам можно отнести **фитогенные** (от греч. «фитон»- растение) и **зоогенные** (от греч. «зоон»- животное). К этой же группе биотических факторов можно отнести и интенсивное влияние человека (непосредственно) или человеческой деятельности (опосредованно) на окружающую среду и живые организмы. Такие факторы воздействия на окружающую среду носят название **антропогенные** (от греч. «антропос»- человек).

Биотические факторы среды проявляются через взаимоотношения организмов, входящих в одно сообщество. В природе многие виды тесно взаимосвязаны, и их отношения друг к другу как к компонентам окружающей среды могут носить чрезвычайно сложный характер. Что касается связей между сообществом и окружающей неорганической средой, то они всегда являются двусторонними, обоюдными. Так, характер леса зависит от соответствующего типа почв, но сама почва того или иного типа формируется в значительной мере под влиянием леса. Подобно этому, температура, влажность и освещенность в лесу определяются растительностью, но сформировавшиеся в результате определённых климатических условий, в свою очередь, влияют на сообщество обитающих здесь организмов.

Большинство геологов выделяют антропогенные факторы в отдельную группу, так как считают, что воздействие человека на окружающую среду стало мощной преобразующей силой и достигло глобального размаха. Человек видоизменяет живую и неживую природу, то есть выполняет геохимическую роль. Он извлекает из недр Земли полезные ископаемые например, уголь и нефть, и в последующей своей деятельности преобразует, содержащийся углерод в углекислый газ тем самым изменяя газовый баланс биосферы. В.И.Вернадский по этому поводу говорил, что

воздействие человека становится мощнейшим геологическим фактором.

Таким образом, все экологические факторы делятся на следующие группы:

абиотические– влияние элементов неживой природы;

биотические– влияние живых организмов;

антропогенные– влияние человека.

Воздействие экологических факторов может быть как прямым, так и опосредованным. Например, влияние температуры, солнечной радиации на живые существа чаще всего рассматриваются как прямое воздействие факторов. В то же время в природе немаловажную роль играют факторы, непосредственно не действующие на организмы, но тем не менее оказывающие значительное влияние на их жизнедеятельность.

2.2. Биотические факторы

Формами воздействия живых существ, друг на друга являются биотические факторы. Организмы не только испытывают на себе прямое или косвенное влияние других организмов, но и сами изменяют окружающую абиотическую среду.

Выделяют две группы биотических факторов: фитогенные и зоогенные.

К **фитогенным** относят факторы воздействия (влияния) растений друг на друга и окружающую среду. Формы взаимоотношений между растениями многообразны. Среди них можно выделить следующие группы:

прямые (контактные) механические- охлестывание ветвями, эпифитизм, давление и сцепление стволов и корней;

физиологические- симбиоз, паразитизм и полупаразитизм, срастание корней;

косвенные трансбиотические- через животных и микроорганизмов;

косвенные трансбиотические– средообразующие влияния, конкуренции, аллелопатия (химические взаимовлияния между растениями).

Примером **прямых** взаимодействий является повреждение ели и сосны в смешанных лесах от охлестывающего действия березы. Раскачиваясь от ветра, тонкие и хлесткие ветви березы ранят кору и хвою ели, сбивают мягкие молодые иглы.

В жизни деревьев тропического леса губительным зачастую является разрастание лиан, приводящее к обламыванию ветвей. К тому же в результате сдавливающего действия их выходящих стеблей или корней на стволы деревьев, происходит усыхание последних.

К форме механических контактов относится и так называемый эпифитизм – использование одним растением другого растения в качестве среды обитания. Растения, живущие на других растениях (на ветвях, стволах деревьев), без связи с почвой называются **эпифиты**, а поселяющиеся на листьях- **эпифиллы**. Ученые полагают, что около 10% всех видов растений ведет эпифитный образ жизни. Особенно богаты ими тропические леса.

К **физиологическим контактам** относят такие взаимоотношения между растениями, как паразитизм, симбиоз, срастание корней и др.

Наиболее характерный пример прямых физиологических воздействий одного растения на другое- паразитизм. Например, повилика, питающаяся соками клевера или крапивы, угнетает и заметно задерживает их рост. В дальнейшем опутывая растения, повилика не дает им распрямиться.

Луговое растение- полупаразит погребок присасывается своими корнями к корням других растений и пополняет за их счет свое питание.

К физиологическим контактам можно отнести и симбиоз между растениями- их взаимовыгодное сожительство. Примером может служить взаимодействия между клубеньковыми бактериями- азотфиксаторами и большинством растений семейства бобовых. Бактерии из рода *Rhizobium*, живут в клубеньках на корнях бобовых (клевер, фасоль, соя, люпин). Обеспечиваются пищей (сахаром) и

местообитанием, а растения получают от них взамен доступную форму азота.

Часто биотические отношения между растениями приводят к срастанию корней близко растущих древесных пород одного или разных видов. Это явление не столь редкое в природе. К примеру, в густых насаждениях ели (*Picea abies*) срастаются корнями около 30% всех деревьев. Между сросшимися корнями осуществляется обмен в виде переноса питательных веществ и воды.

Физиологическими контактами следует считать также процесс в мире растений, как опыление с помощью ветро-*анемофилия*. В данном случае контактирующие между собой растения могут находиться на значительном расстоянии друг от друга.

Встречаются в природе и **косвенные трансбиотические взаимоотношения** между растениями. Посредником здесь являются животные и микроорганизмы. Например, опыление растений насекомыми, которое получило название энтомофилии. Насекомые, участвующие в опылении, переносят пыльцу от одного растения к другому, осуществляя контакты между ними. В процессе опыления могут участвовать также и птицы. Такой процесс называется *орнитофилия*. Он особенно распространен в тропических и субтропических областях южного полушария. Известно около 2 тыс. птиц, которые опыляют цветки в поисках нектара или при ловле насекомых, ищущих убежище в их венчиках.

В косвенных трансбиотических взаимоотношениях часто участвуют микроорганизмы. Например, корневая система многих деревьев (дуба, березы, ели) сильно изменяет окружающую почвенную среду (состав, рыхлость, кислотность). Все это создает благоприятные условия для поселения там различных бактерий, которые питаются выделениями корней дуба и органическими остатками. Поселяясь рядом с корнями дуба, бактерии образуют своеобразную «оборонительную линию», препятствуя проникновению в корни болезнетворных грибов. Барьер создается при помощи антибиотиков, выделяемых бактериями. Такое участие микроорганизмов сказывается положительно на состоянии растений, особенно молодых.

Косвенные трансбиотические взаимоотношения между растениями выражаются в изменении растениями окружающей среды. Примером может служить взаимовлияние растений через изменение факторов микроклимата (ослабление солнечной радиации при затенении почвы, перехват осадков кронами деревьев и др.). Так, ель затеняя почву, вытесняет из-под своего полога светлюбивые виды, формируя среду для поселения теневых и теневостойчивых видов.

Посредником при косвенных трансбиотических взаимоотношениях часто выступает лесная подстилка, которая порой может достигать нескольких сантиметров. Подстилка препятствует проникновению и прорастанию семян, которые большей частью гибнут от высыхания раньше, чем корни проростков достигнут почвы. Если же семена достигнут почвы и прорастут, то подстилка может являться серьезным механическим препятствием на пути ростков к свету.

Еще один путь взаимовлияния растений- взаимодействие между ними посредством различных химических выделений. Растения в результате жизнедеятельности выделяют в окружающую среду различные химические вещества, воздействие которых по-разному сказывается на другие растения. Такие химические взаимовлияния получили название *аллелопатии* (от греч. «аллелон»- взаимный и «патос»- страдание). К основным аллелопатическим веществам относятся выделения высших растений (колины и фитонциды) и вещества, выделяемые микроорганизмами (антибиотики). Например, выделения фасоли отрицательно сказываются на рост яровой пшеницы. Корневые выделения пырея воздействуют на растущие вблизи другие травянистые растения и даже деревья. Благодаря выделению корнями токсических веществ ястребинка волосистая (*Hieracium pilosella*) из семейства сложноцветных вытесняет многие однолетние растения и нередко образует обширные чистые заросли. Фитонциды, выделяемые листьями черемухи, убивают различные виды бактерий, отпугивают мух. Большое количество летучих веществ, токсичных для многих микроорганизмов, выделяют можжевельник, сосна, тополь, эвкалипт. Некоторые грибы и бактерии синтезируют антибиотики, которые тормозят рост других бактерий.

Разные виды растений по различному воздействию на среду. Влияние отдельных из них настолько велико, что они активно и глубоко преобразуют ее. Примером может служить ель, образующая древостой со своим господством. Она сильно затеняет почву, обедняет ее питательными веществами, опадающие иголки создают более кислую среду. Все это определяет специфичность обитания организмов в ельнике. Виды, которые своей жизнедеятельностью в наибольшей степени создают среду, определяют специфичность местообитания, называют **эдификаторами** (от греч. «эдос»- местопребывание и лат. «фацере»- делать).

Сильной эдификаторной способностью обладает береза, поселяясь на вырубках хвойных лесов. Поглощая минеральные вещества из почвы, она многие из них возвращает в виде опада (листья, кусочки коры, ветки и т.п.). Особенно интенсивно она вовлекает в круговорот азот и зольные элементы. В почве усиливаются процессы нитрификации. Она обогащается гумусом, улучшает структуру, изменяет окраску, становится более рыхлой, повышается ее биологическая активность, оживляется деятельность почвенной фауны и флоры.

Такой же сильной эдификаторной деятельностью обладают такие древесные породы, как ель, ольха, осина, дуб. Среди трав можно назвать бобовые, мать-и-мачеху (*Tussilago farfata*), виды рода полынь (*Artemisia*), распространенного сорняка огородов мокрицу (*Stellaria media*) и др.

Зоогенные факторы- это воздействие животных друг на друга и на окружающую среду. К зоогенным факторам также относится потребление животными растительной пищи. Такие животные носят название **фитофаги** (от греч. «фитон»- растение и «фагос»- пожирающий). Фитофагами могут быть крупные животные (лоси, олени, косули, кабаны), мелкие зверьки (зайцы, белки, мышевидные грызуны), разнообразные птицы (рябчик, тетерев, глухарь), многочисленные представители насекомых-вредителей и др.

Контактируя с растениями или употребляя их в пищу, животные способствуют распространению их семян. В одних случаях

семена и плоды распространяются путем случайного прикрепления к животным (к шерсти, перьям, лапам, клювам и т.п.). Нередко распространение семян связано с поеданием животными плодов. При этом значительная часть семян гибнет, проходя через пищеварительный тракт, но некоторые не повреждаются и, попав в землю, прорастают. Например, после прохождения растительной массы через пищеварительный тракт крупного рогатого скота, сохраняют способность прорасти более половины семян подорожника ланцетолистного (*Plantago lanceolata*) и более четверти семян ромашки непахучей (*Matricaria inodora*).

Животные, воздействуя на растения, наносят им серьезные повреждения. Лоси и олени, помимо обдирания коры на деревьях, уничтожают молодую древесную поросль объедая верхушки кустарников и древесного подроста. Бобры, питаясь древесиной осины, довольно быстро изреживают ее насаждения. Глухари, ошпыливая хвою и почки сосны и ели, тем самым замедляют их рост.

К зоогенным факторам относится воздействие насекомых на листовую поверхность древесных пород и травянистых растений. Насекомые (тли, клопы) не только высасывают у растений питательные вещества, но и переносят возбудителей их заболеваний.

Большой вред растениям наносят землерои (кроты, суслики). Они поедают не только надземные части растений, клубни, луковицы, корневища. Среднеазиатский суслик в течение вегетационного периода уничтожает до 60% побегов осоки вздутой (*Carex inflata*), которая является там основным компонентом растительного покрова.

Воздействие животных на растения довольно многообразны и сказываются на регулировании численности видов в природных сообществах.

Действие зоогенных факторов непосредственно в среде животных, то есть воздействие животных друг на друга проявляется в виде паразитизма

2.3. Абиотические факторы

Экологические факторы имеют разную природу и специфику действия, и они неодинаково влияют на различные функции организма.

Действие экологических факторов может приводить: к устранению некоторых видов с территории, что влечет за собой изменение их географического распространения; изменению плодовитости и смертности разных видов путем воздействия на развития каждого из них и вызывая миграции, т.е. влияя на плотность популяций; появлению адаптивных модификаций: количественных изменений обмена веществ и таких качественных изменений как, диапауза, зимняя и летняя спячки, фотопериодические реакции и т. д.

Кратко рассмотрим основные абиотические факторы, воздействующие на живой организм.

а. Климатические

Климат конкретной местности определяется как характерный многолетний режим погоды, обусловленный солнечной радиацией, ее преобразованиями в деятельном слое земной поверхности и связанной с ними циркуляцией атмосферы и океанов. Основными климатическими характеристиками, имеющими значение в экологии являются: число дней солнечного сияния, суммарная солнечная радиация, радиационный баланс; среднегодовые величины и сезонные или месячные колебания температуры воздуха, ее суточный ход, ее абсолютные минимумы и максимумы; сроки перехода температуры через 0 С и 10 С; количество осадков, испаряемость влаги; сила и направление ветров; влажность воздуха.

б. Свет

Свет как экологический фактор имеет важнейшее значение, так как является источником энергии для процесса фотосинтеза. Без последней невозможна жизнь вообще, поскольку зеленые растения имеют способность продуцировать необходимый для жизни живых существ кислород. Кроме того, свет является единственным источником тепла на планете Земля.

Однако есть и другие аспекты воздействия света на живые организмы. Тот факт, что растениям необходим свет, существенно влияет на структуру сообществ. Распространение водных растений, океанических животных и планктона ограничено областью проникновения солнечных лучей.

В экологии под термином «свет» подразумевается весь диапазон солнечного излучения, достигающего земной поверхности, представляющий собой поток энергии в пределах длин волн от 0,05 до 3000 нм¹ и более. Солнце излучает в космическое пространство громадное количество электромагнитных волн разной длины и частоты. Около половины солнечной энергии излучается в инфракрасной области, 40%- в видимой и 10%- в ультрафиолетовой и рентгеновской областях. Земная атмосфера, включая озоновый слой, селективно, т.е. избирательно по частотным диапазонам, поглощает энергию электромагнитного излучения с длиной волны от 0,3 до 3 мкм.

Для живого вещества важны качественные признаки света – длина волны, интенсивность и продолжительность воздействия. Излучения воспринимаемое нашим глазом, - это лишь часть спектра электромагнитных колебаний. Эта область охватывает диапазон волн длиной 0,39- 0,76 мкм. Электромагнитные волны большей длины лежат в инфракрасной области спектра (0,76- 4,0 мкм). Они воспринимаются человеком как тепло. Более короткие ультрафиолетовые волны (менее 0,4 мкм) наши органы чувств непосредственно не воспринимают. Другие живые существа, в частности насекомые, наоборот, воспринимают инфракрасные и ультрафиолетовые излучения, недоступные человеку (рис.2.1).

Известно, что животные и растения реагируют на изменения длины волны света. Цветовое зрение развито в разных группах животных по-разному. Оно хорошо развито у некоторых видов членистоногих, рыб, птиц и млекопитающих, но у других видов тех же групп может отсутствовать. На рис.3 показано восприятие цветочного луга человеком и пчелой. Обитание в условиях полной темноты связано с редукцией органов зрения. Это свойственно

¹ 1нм (нанометр)=10⁻⁶мм

видам, обитающим в пещерах, а также многим почвенным животным. У последних, светочувствительные органы, хотя и в редуцированном виде, все же сохраняются и используются для получения информации о выходе на освещенную поверхность.

В океане интенсивность освещения падает с глубиной. Параллельно изменяется и спектральный состав света: глубже всего проникает её коротковолновая часть- синие и голубые лучи.

Известно, что на глубине 800- 950м интенсивность света составляет около 1% полуденного освещения на поверхности. Этого ещё достаточно для светоощущения: порог зрительной чувствительности некоторых организмов приближается к 10^{-10} полуденного освещения. Дальнейшее увеличение глубины связано у одних видов с редукцией органов зрения, а у других– с развитием гипертрофированных глаз, способных воспринимать очень слабый свет. Последнее, в значительной степени определяется наличием на больших глубинах светящихся организмов. Некоторые из них способны создавать освещение порядка 10^{-2} Вт/см², что выше порога световой чувствительности животных. Свечение голубое (длина волны 400- 500 нм), что соответствует «настройке» и органов зрения глубоководных животных. Биологическое свечение используют и рыбы, образуя симбиотические связи с микроорганизмами и формируя специальные органы, свет которых используется для подманивания добычи, взаимного опознавания, различения полов и т.п.

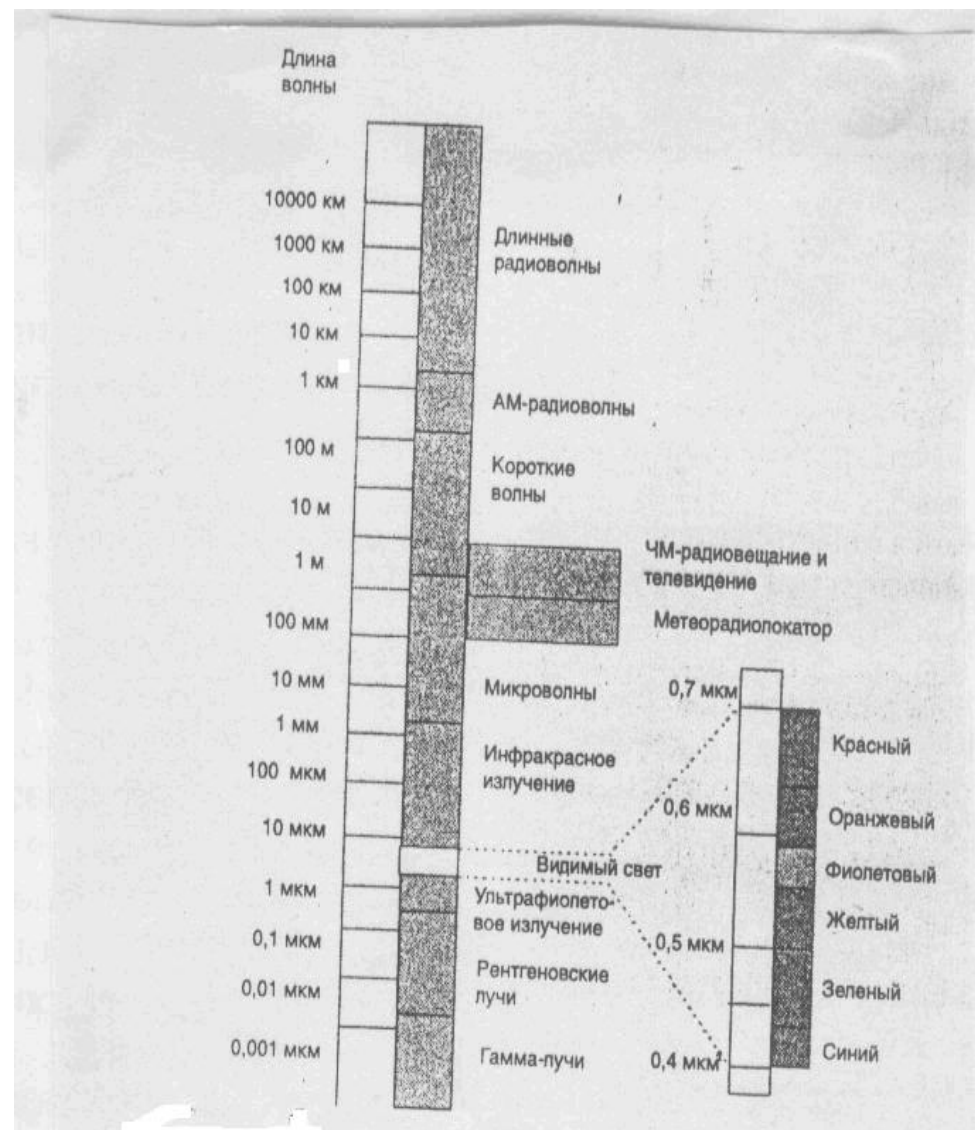
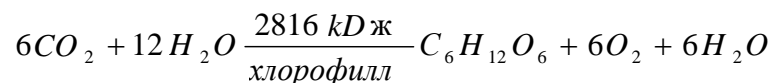


Рис. 2.1 Спектр электромагнитного излучения Солнца

Часть солнечных лучей, преодолев огромное расстояние, достигает поверхности Земли, освещает и обогревает ее. Подсчитано, что на нашу планету поступает около одной двухмиллиардной части солнечной энергии, а из этого количества лишь 0,1- 0,2% используется зелеными растениями на создание органического вещества.

Солнечная энергия, которые зеленые растения поглощают и используют, называется *фотосинтетически активной радиацией* (ФАР). В этом спектральном диапазоне (0,38- 0,71мкм) в живых организмах совершаются важнейшие фотобиологические процессы. Это процесс фотосинтеза. В процессе фотосинтеза свет выступает как источник энергии, которая используется пигментной системой (хлорофилл). В результате происходит расщепление молекулы воды с выделением газообразного кислорода, а энергия, полученная фотохимической системой, утилизируется для преобразования диоксида углерода в углеводы (Шилов, 1998):



Способность использовать лучистую энергию у хлорофилла и у зрительных пигментов животных очень близка; поэтому в спектре солнечного излучения область фотосинтетически активной радиации (ФАР) практически совпадает с диапазоном видимой части спектра с длиной волны порядка 400- 700 нм.

Некоторые бактерии, имеющие бактериохлорофиллы, способны поглощать свет в длинноволновой части спектра (максимум в области 800-1000нм). Зелённый лист поглощает в среднем 75% падающей на него лучистой энергии. Но коэффициент использования её на фотосинтез невысок: около 10% при низкой освещенности и лишь 1- 2%- при высокой. Остальная энергия переходит в тепловую и затрачивается на транспирацию, и другие процессы.

Наиболее важные внешние факторы, влияющие на уровень фотосинтеза- температура, свет, диоксид углерода и кислород. На уровне самого растения на этот процесс влияют содержание

хлорофилла и воды, особенности анатомии листа, концентрации ферментов.

Показатели ФАР очень изменчивы. Интенсивность фотосинтеза варьирует с изменением длины волны света. Например, при прохождении света через воду красная и синяя части спектра отфильтровываются и получающийся зеленоватый свет слабо поглощается хлорофиллом. Однако красные водоросли имеют дополнительные пигменты (фикоэритрины), позволяющие им использовать эту энергию и жить на большей глубине, чем зеленые водоросли.

Для растений наиболее продуктивными являются не прямые солнечные лучи, которые падают перпендикулярно на зеленую поверхность листьев, а рассеянные. Прямая радиация Солнца в зависимости от высоты светила над горизонтом содержит 28- 43% ФАР. Рассеянная радиация при солнечном свете составляет 50- 60%, рассеянная радиация при ясном небе- до 90% ФАР.

Световой фактор играет для растений важную роль: от интенсивности солнечного освещения зависит продуктивность, производительность растений. Однако световой режим на Земле довольно разнообразен. В лесу он иной, чем на лугу. Освещение в лиственном и темнохвойном еловом лесу заметно различается. Растения стремятся как можно полнее использовать ту солнечную радиацию, которая достигает Землю.

Растения приспосабливаются к условиям различной освещенности в природе с помощью естественного отбора, благодаря которому возникли различные приспособления, позволяющие растениям жить в разнообразных условиях. По отношению к освещенности в естественных местообитаниях растения можно разбить на несколько групп. Отметим, что места, куда свет проникает в очень малых количествах,- это неблагоприятные условия существования для любых организмов и растений. Тень- неблагоприятный фактор для их развития. И поэтому, каждое растение старается «ухватить» как можно больше солнечного света для успешного обеспечения фотосинтетического процесса. Однако не всегда желания совпадают с возможностями, и по отношению к фактору освещенности в мире растений происходит жесткая

конкуренция. Виды, уже приспособившиеся жить в комфортных условиях, не допускают других, которые в конкурентном отношении менее сильны. Такие виды и оттесняются в места с неблагоприятным световым режимом. В итоге одни растения остаются в слабой тени, другие же вынуждены отступить в еще большую тень. Эволюционным путем такие группы растений приспособляются жить в сильной тени, где конкурентов у них уже нет. Но это не значит, что они не любят свет. Они просто вынуждены терпеть эволюционно сложившиеся фитоценотические отношения. В процессе длительной эволюции фотосинтетический аппарат у них приспособился к проявлению предельной интенсивности фотосинтеза в условиях малой освещенности. Это есть то приспособление, благодаря которому им удалось уцелеть в условиях жесткой конкуренции. Все растения по отношению к свету делят на следующие группы:

растения теневые– **сциофиты** (от греч. «сциа»- тень и «фитон»- растение);

растения теневыносливые;

растения светлюбивые– **гелиофиты** (от греч. «гелиос»- солнце и «фитон»- растение).

Места обитания сциофитов– нижние затемненные ярусы; обитатели глубоких слоев водоемов. Это растения, находящиеся под пологом леса (кислица, костяника, сныть).

Признаки характеризующие сциофиты:

листья крупные, нежные; листья темно- зеленого цвета; листья подвижные;

характерна так называемая листовая мозаика (т.е. особое расположение листьев, при котором они максимально не заслоняют друг друга).

Для сциофитов зоной оптимума служат затемненные места, при сильной освещенности они чувствуют себя плохо. Растения этой группы адаптировались к этим условиям сильного затенения темнохвойных таежных, широколиственных и тропических влажных лесов. Обычно адаптация к условиям недостаточной освещенности сочетается у них с высокой потребностью в водоснабжении. В

условиях сильной освещенности сциофиты не могут эффективно регулировать транспирацию и обычно высыхают. Типичные представители темных местообитаний– это зеленые мхи, плауны, кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella*), копытень европейский (*Asarum europaeum*), барвинок малый (*Vinca minor*), майник двулистный (*Majanthemum bifolium*) и др.

Теневыносливые растения способны развиваться как при очень большом, так и при малом количестве света. Например, ель обыкновенная (*Picea abies*), клен остролистный (*Acer platanoides*), граб обыкновенный (*Caprinus betulus*); кустарники– лещину (*Corilus avellana*), боярышник (*Crataegus monogyna*); травы– земляника (*Fragaria veska*), герань полевая (*Geranium pretense*); многие комнатные растения.

Признаками характеризующие гелиофиты:

мелкие размеры листьев; встречается сезонный диморфизм: весной листья мелкие, летом– крупнее;

листья располагаются под большим углом, иногда почти вертикально;

листовая пластинка блестящая или густо опушенная; образуют разреженные насаждения.

Гелиофиты либо совсем не переносят, либо плохо переносят даже незначительное затенение. К этой группе относятся степные и луговые злаки, растения тундр, ранневесенние растения, сорняки. Подорожник обыкновенный (*Plantago major*), иван-чай (*Chamaerion angustifolium*), вейник тростниковидный (*Calamagrostis arundinacea*) и др.

в. Вода и минеральные соли

Физико-химические особенности воды. Вода медленно нагревается и медленно остывает. Нужны большие затраты энергии для превращения льда в жидкость и жидкой воды в пар. Эти свойства определяют роль воды как аккумулятора энергии и главного регулятора климата на Земле.

Максимальная плотность воды приходится на температуру +4°C. У других жидкостей максимальная плотность соответствует температуре плавления. При температурах выше и ниже +4°C вода имеет меньшую плотность, т.е. она расширяется. Поэтому лед не тонет в собственном расплаве. Благодаря этому водоемы замерзают с поверхности и образовавшаяся ледяная корка защищает их от полного промерзания, а живые организмы от гибели.

Вода- инертный и универсальный растворитель. Газы достаточно хорошо растворяются в ней, если способны вступать в химическое взаимодействие (аммиак, сероводород, сернистый газ, диоксид углерода). Прочие газы в ней мало растворимы. При понижении давления и повышении температуры растворимость газов уменьшается.

В природных условиях вода не может сохранить «химическую чистоту». Постоянно соприкасаясь со всевозможными веществами, она фактически всегда представляет собой раствор различного, зачастую очень сложного свойства. В пресной воде содержание растворенных веществ обычно превышает 1 г/л. От нескольких единиц до десятков граммов на литр колеблется содержание солей в морской воде: например в Балтийском море их всего 5г/л, в Черном– 18, а в Красном море– даже 41 г/л.

Вода может значительно переохлаждаться т.е. может оставаться в жидком состоянии ниже температуры плавления (даже при -30°C). Ее удельная теплоемкость, удельная теплота плавления и кипения аномально высоки по сравнению с другими веществами, причем удельная теплоемкость воды минимальна при 40°C. Теплоемкость воды принята за 1. Теплоемкость песка, например, составляет 0,2, а железа– лишь 0,107 теплоемкости воды. Способность воды накапливать большие запасы тепловой энергии позволяет сглаживать резкие температурные колебания на прибрежных участках Земли в различные времена года и в различную пору суток: вода выступает как бы регулятором температуры на всей нашей планете.

Большое экологическое значение имеют высокая плотность и вязкость воды. Плотность воды примерно в 1300 раз , а вязкость примерно в 55 раз выше, чем у воздуха. Вязкость с ростом давления

уменьшается, а не повышается, как следовало бы ожидать по аналогии с другими жидкостями. Сжимаемость воды крайне не велика, причем с ростом температуры уменьшается. Удельная масса воды соизмерима с удельной массой тела живых организмов.

Из-за высокой плотности воды водные организмы (особенно активно движущиеся) сталкиваются с большой силой гидродинамического сопротивления. Эволюция многих групп водных животных по это причине шла в направлении формирования формы тела и типов движения, снижающих лобовое сопротивление, что приводит к снижению энергозатрат на плавание. Так, обтекаемая форма тела встречается у представителей различных групп организмов, обитающих в воде, - дельфинов (млекопитающих), костистых и хрящевых рыб.

Высокая плотность воды является также причиной того, что механические колебания (вибрации) хорошо распространяются в водной среде. Это имело важное значение в эволюции органов чувств, ориентации в пространстве и коммуникации между водными обитателями. Вчетверо большая, чем в воздухе, скорость звука в водной среде определяет более высокую частоту эхолокационных сигналов.

По сравнению с почвой и воздухом вода отличается гораздо большей термостабильностью, что благоприятно для существования жизни. Когда вода начинает нагреваться, возрастает испарение, вследствие чего повышение температуры замедляется. При охлаждении воды ниже 0°C и образовании льда, выделяющееся тепло тормозит дальнейшее понижение температуры. По сравнению с воздухом, вода гораздо менее прозрачна, и падающий в нее свет довольно быстро поглощается и рассеивается.

Уникальные свойства воды определяют особую ее миссию в формировании лика планеты Земля, ее физической и химической среды, а также в появлении и поддержании удивительного явления– жизни. Напомним, что человек почти на 65- 70% состоит из воды, в литрах это будет 40- 50 л. в человеке среднего возраста и среднего веса. Мышцы человека состоят из воды на 75%, печень– на 70, мозг– на 79, почки– на 83%.

Для поддержания водного баланса медики рекомендуют выпивать в сутки 2 л. воды. При этом считается все: соки, кисели, супы, компоты и т.п. Еда на самом деле состоит в основном из воды. Даже в засушенной корочки черного хлеба ее около 5%, в молоке— 87, в помидорах— 85, в мясе— 50- 70%.

Суточная же потребность в воде составляет для взрослого человека 9-10 л., т.е. около 15% веса тела. Это означает, что здоровый человек должен пить по ведру воды. Дело в том, что 7- 8 литров воды наши ткани создают сами. Эта так называемая эндогенная жидкость рождается в организме при сжигании питательных веществ кислородом, строительстве молекул, их переделке. И эту воду непрерывно «выпивают» ткани. Перераспределение ее идет через желудочно-кишечный тракт. Например, человек глотает со слюной 1,5 л. воды, столько же дает желудок в виде желудочного сока, 3 л. соков выделяет кишечник, 0,7 л.— поджелудочная железа и 0,5 л. образуется в желчи.

Но «приток» эндогенной влаги меньше, чем ее потери через почки, кожу, легкие, и поэтому 2 л. воды человек должен получить извне— либо в чистом виде, либо с различной пищей. За несколькими исключениями это правило распространяется и на животных.

Первый признак того, что организму не хватает воды— усталость. При потере всего 5% из положенного организму количества жидкости пульс тут же учащается, а температура повышается. Если воду заменить на чай, кофе, вино, то эффект будет обратный. Все это мочегонное, поэтому жидкость в таких случаях теряется гораздо больше, чем выпивается. Если обезвоживание произойдет на 20%, то надо срочно пить воду.

Тела животных содержат, как правило, не менее 50% воды. Упомянутый великан из мира животных— слон— на 70% состоит из воды; столько же ее в теле утки-кряквы; гусеницы, поедающей листья растений, состоят из воды на 85- 90%; у медуз воды более 98%. Из животных наиболее «сухой» амбарный долгоносик (*Sithophilus granarus*). В его теле содержится всего 46% воды.

Сочные плоды растений также содержат большое количество воды: в картофеле ее 80%, в помидоре— 95%.

Организмы теряют воду в процессе метаболизма; теряется она и при испарении с поверхности тела. Для поддержания жизнедеятельности животным приходится восполнять ее недостаток. Вода и растворенные в ней соли проникают в тела животных различными путями. Животные, обитающие в водной среде, получают ее через наружные покровы. Насекомые, моллюски, черви, амфибии адсорбируют влагу из воздуха. Поэтому лягушкам пить совсем не обязательно. Для многих животных основной источник воды— пища. Бабочки питаются главным образом жидким кормом, комары довольствуются капельками росы.

Количество воды, которое может потерять живой организм без ущерба для себя, колеблется в широких пределах. Для млекопитающих эти величины составляют 10- 15% от их веса. Исключением среди млекопитающих является верблюд, который способен возместить потерю воды до 30% веса (выпивая сразу 10-15 ведер воды верблюд в четверть часа восстанавливает свой прежний вид), и домовая мышь, выдерживая до 40% воды. Такая устойчивость к «высыханию» позволяет мышам селиться в жилищах человека.

Современное распространение жизни на Земле напрямую связано с осадками. Влажность в разных точках земного шара не одинакова. Больше всего осадков выпадает в экваториальной зоне и особенно много— в верхнем течении реки Амазонки и на островах Малайского архипелага. Количество их в отдельных районах достигает 12 тыс. мм/г. Для сравнения в тундре и пустынях выпадает менее 250 мм/г. Как видим, разница значительная.

Животные по-разному относятся к влаге. Вода как физико-химическое тело оказывает непрерывное воздействие на жизнь гидробионтов (водных организмов). Она не только удовлетворяет физиологические потребности организмов, но и служит им опорой, доставляет кислород и пищу, и уносит метаболиты, переносит половые продукты и самих гидробионтов. Благодаря подвижности воды в гидросфере возможно существование прикрепленных к субстрату животных, которых, как известно, нет на суше. Поэтому свойства воды - важнейший фактор абиотической среды водного населения.

Отличаются потребности в воде и в среде растений. Одни растения предпочитают влажную среду- окраины озер, болота, другие прекрасно чувствуют себя при значительном недостатке влаги и способны произрастать чуть ли не на голом песке. Такое отношение растительных организмов к воде выработалось у них за время длительного эволюционного процесса.

По отношению к влажности все растения делятся на различные экологические группы. Растения, для которых вода не просто экологический фактор, а среда обитания, составляют группу водных растений.

Гидадофиты (от греч. «гидатос»- вода и «фитон»- растение)- полностью или большей своей частью погруженные в воду растения. К ним относятся такие обычные водные растения, как кувшинка белая (*Nymphaea alba*), кубышка желтая (*Nuphar lutea*), стрелолист (*Sagittaria sagittifolia*).

Гидрофиты (от греч. «гидро»- вода)- растения, погруженные в воду меньшей своей частью. Среди них можно назвать тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), частуху подорожниковую (*Alisma plantago-aquaticum*), рогоз узколистный (*Typha angustifolia*) и др.

Растения с надземными частями, не погруженными в воду, разделяются еще на следующие группы.

Гигрофиты (греч. «гигрос»- влажный)- растения, приуроченные к избыточно увлажненным местообитаниям, где воздух насыщен водяными парами. Это калужница болотная (*Caltha palustris*), чистяк весенний (*Ficaria verna*), вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata*).

Мезофиты (от греч. «мезос»- средний)- растения умеренно влажных местообитаний. В наших условиях это наиболее обширная экологическая группа растений. Здесь и обычные луговые травы (клевер луговой, ползучий, средний (*Trifolium pratense*, *T. repens*, *T. medium*) и большинство лесных трав (ландыш майский (*Convallaria majalis*), майник двулистный (*Majanthemum bifolium*), папоротник орляк (*Pteridium aquilinum*), почти все лиственные деревья (осина, береза, клен, ольха), многие полевые культуры и сорняки.

Ксерофиты (от греч. «ксерос»- сухой)- растения, приспособившиеся к местам с засушливым климатом и способные переносить большой недостаток влаги. К ним относятся такие обитатели сухих песчаных почв, как молодило (*Semper-vivum tectorum*) и очиток едкий (*Sedum acre*).

Среди ксерофитов выделяют две группы растений. Одни имеют сочные, мясистые стебли или листья. Эта группа носит название **суккулентов** (от лат. «суккулентус»- сочный, жирный). Все эти растения в процессе эволюции выработали свойство накапливать воду в листьях или стеблях. В зависимости от того, в каких частях суккулентов развивается водозапасающая ткань, их делят на стеблевые и листовые. У стеблевых суккулентов листья чаще всего превращены в колючки или чешуйки. К ним относятся такие популярные у цветоводов растения, как кактусы. Некоторые кактусы способны концентрировать в своих стеблях до 3 тыс. л. воды и экономно расходовать ее в условиях засушливого климата. К листовым суккулентам относятся разводимые многими в лечебных целях виды из рода алоэ и бриофиллум.

Суккуленты встречаются в разных семействах растительного царства и обитают на всех материках земного шара, но больше всего их произрастает в засушливых пустынях и полупустынях Африки и Америки.

Вторая группа растений-ксерофитов имеет жесткие кожистые листья и стебли, которые эффективно задерживают испарение воды. Они способны без вреда для себя потерять до 20- 25 % содержащейся в них влаги. Эта группа растений носит название **склерофиты** (от греч. «склерос»- твердый, жесткий). По внешнему виду склерофиты являются полной противоположностью суккулентам. Листья и стебли их не содержат запасов воды и кажутся суховатыми. К склерофитам относятся ковыли, многие полыни, саксаул, верблюжья колючка, оливковое дерево, пробковый дуб.

Вода имеет первостепенное значение в функционировании живых организмов. Это основная среда биохимических реакции, необходимая составная часть протоплазмы. Питательные вещества циркулируют в организме главным образом в виде водных

растворов; в таком же виде транспортируются, а в значительной степени и выносятся из организма продукты диссимиляции. Вода составляет основную массу организмов растений и животных; её относительное содержание в тканях колеблется в пределах 50- 80%, а у ряда видов и значительно выше. Так, в теле медуз содержится около 95% воды, в тканях многих моллюсков- до 92. От количества воды и растворенных в ней солей в значительной мере зависят внутриклеточный и межклеточный обмен, а у гидробионтов- осмотические взаимоотношения с внешней средой. Газообмен у животных возможен только при наличии влажных поверхностей. У наземных организмов испарение влаги участвует в формировании теплового баланса со средой.

Водный обмен организма со средой складывается из двух противоположных процессов: поступление воды в организм и отдача ее во внешнюю среду. У высших растений этот процесс представлен высасыванием воды из почвы корневой системой, проведением её (вместе с растворенными веществами) к отдельным органам и клеткам, и выведением в процессе транспирации.

Жизнь формировалась в морской воде, что наложило свой отпечаток на основные физико-химические показатели живых организмов. У большинства обитателей морских водоемов концентрация солей в организме близка к таковой окружающей среды, а благодаря проницаемости покровов любые изменения солёности немедленно уравниваются осмотическим током воды. Такие организмы принято называть пайкилоосмотическими (гайкилогидрические). Животные, способные к активной регуляции осмотического давления жидкостей тела, поддерживают относительное постоянство этого параметра внутренней среды независимо от окружающей среды; таких животных называют гомойосмотическими, или осморегуляторами.

Первичноводные морские беспозвоночные в большинстве относятся к осмоконформерам. Осмотическое давление жидкостей их тела близко к таковому морской воды и изменяется параллельно изменениям внешней солёности. Таких животных называют изотоничными. Способность изотоничных животных переносить некоторые изменения солёности среды определяется главным

образом механизмами клеточной устойчивости к обводнению или дегидратации.

Среди пресноводных организмов изотоничных форм быть не может; концентрация жидкостей в их клетках и тканях всегда выше, чем в окружающей среде. Другими словами, пресноводные организмы гипертоничны, в силу чего внутрь организма направлен постоянный осмотический поток воды. Поэтому пресноводные гидробионты должны активно поддерживать осмотическое давление внутренней среды организма. Они относятся к гомойосмотическим формами.

Широко распространенным механизмом в поддержании осмотического давления в организме является активное выведение избытка воды. В разных таксонах животного мира эта функция ложится на свойственные им органы выделения. Напряженность их работы прямо зависит от разницы осмотического давления вне и внутри организма.

г. Температура

Теплота— основа кинетики химических реакций, из которых складывается жизнедеятельность организма. Поэтому температурные условия оказываются одним из важнейших экологических факторов, влияющих на интенсивность обменных процессов. Температура относится к числу постоянно действующих факторов; количественное её выражение характеризуется широкими географическими, сезонными и суточными различиями.

Так, температура на поверхности песка в пустыне может достигать порядка 60⁰С, а минимальные температуры воздуха в Восточной Сибири 70⁰С ниже нуля. Вообще, диапазон температур от +50 до -50⁰С представляет собой фундаментальную характеристику температурных условий в биосфере, хотя имеются и отклонения от этих параметров.

Хорошо выражена разница температурных режимов по климатическим зонам—от полярных пустынь Арктики и Антарктики с суровой и продолжительной зимой и прохладным коротким летом до экваториальной области, отличающейся высокими и относительно устойчивыми температурами. На температурные условия конкретной

местности влияет близость моря, доступность для муссонных и пассатных перемещений воздушных масс, рельеф и ряд других факторов. В прибрежных областях низких широт или во влажных тропиках режим температур отличается большей стабильностью.

В горах хорошо выражены вертикальный градиент температур, зависимость температурного режима от экспозиции склона, его изрезанность и т.п.

Значительно более сглажены температурные условия в почве. Если на её поверхности температурные изменения отражают динамику температуры воздуха, то с глубиной сезонные и иные колебания, уменьшаются и температурный режим становится стабильно благоприятным для живых организмов.

В океанической среде температурный режим отличается меньшими колебаниями: лишь в арктических и антарктических морях на небольших глубинах температура воды может опускаться до $-1,8^{\circ}\text{C}$. Как и в почве, с глубиной постоянство выраженности температурного фактора возрастает. В континентальных водоемах условия более разнообразны. Здесь температура воды не опускается ниже 0°C (водоемы пресные), а верхний предел характерен для некоторых термальных источников. Температура воды в них держится около точки кипения и тем не менее там обитают некоторые прокариоты.

Любой организм способен жить в пределах определенного диапазона температур. Область распространения живого в основном ограничено областью чуть ниже 0°C и до $+50^{\circ}\text{C}$. И хотя некоторые авторы указывают диапазон температур, при которых возможно существование живых организмов от -200°C до $+100^{\circ}\text{C}$, большая часть обитающих на Земле видов приспособлена к жизни довольно узкой температурной амплитуде, однако, верхние температурные границы оказываются более критическими, нежели нижние.

Но есть и исключения, когда живые организмы переносят как высокие (некоторые цианобактерии могут существовать при $80-88^{\circ}\text{C}$), так и низкие температуры. Например, одна из жужелиц Аляски (*Pterostichus brevicorni*) в условиях эксперимента перенесла охлаждение -87°C в течение пяти часов. В исландских термальных (теплых) источниках температура воды обычно держится близ

отметки $+55^{\circ}\text{C}$. Здесь часто можно встретить личинки мушки *Scatella*. Обычно к высоким температурам приспособляются беспозвоночные животные, такие, как мелкая амeba (*Amoeba limax*), которая выдерживает температуру $+54^{\circ}\text{C}$ (горячие источники Италии). Позвоночные в подавляющем большинстве не в состоянии выдерживать такие экстремально высокие температуры, хотя и здесь есть исключения. Например, рыба карпозубик (*Ciprinodon nevadensis*) в горячих источниках пустыни штата Невада (США) выносит температуру воды около $+42^{\circ}\text{C}$.

Критические температуры для растений и животных могут варьировать чрезвычайно широко. Если живущие в пустыне рептилии могут без труда переносить 45 -градусную жару, то большинство морских беспозвоночных гибнет при температуре более $30-32^{\circ}\text{C}$. Бабочки–крапивницы и капустницы во взрослом состоянии могут выживать при температурном интервале от 8 до 200°C ниже нуля. И только после падения температуры тела ниже этих величин у них наступает переохлаждение, вызывающее необратимые изменения в организме. А такие организмы, как коловратки при высыхании могут выдерживать падение температуры до -60°C . После повышения температуры они часто оживают.

Основным источником тепла, как и света, является солнечное излучение. Организм может выживать только в условиях, к которым приспособлен его метаболизм (обмен веществ). Если температура живой клетки падает ниже точки замерзания, клетка обычно физически повреждается и гибнет в результате образования кристаллов льда. Если же температура слишком велика, происходит так называемая денатурация белков. Это происходит при варке куриного яйца.

Воздействие различных температур на живые организмы приводит либо к увеличению, либо к уменьшению скорости обменных процессов и биохимических реакций. Повышение температуры ведет к пропорциональному возрастанию скорости реакции. Величину температурного ускорения химических реакций удобно отражать коэффициентом температурного ускорения Q_{10} .

$$Q_{10} = K + 10/K,$$

где K – скорость реакции при температуре t .

Данный коэффициент показывает во сколько раз изменяется скорость реакций при изменении температуры на 10°C . Это положение называется правилом Вант-Гоффа и гласит, что подъем температуры на 10°C приводит к 2-3 кратному ускорению химических процессов, т.е. величина коэффициента равна 2-3. Отметим, что в реакциях живых организмов коэффициент Q_{10} может колебаться в довольно широких пределах. Объясняется это тем, что в живых организмах химические процессы протекают с участием сложных ферментативных систем. Их активность зависит от температуры. Однако скорость ферментативных реакций не является линейной функцией температуры. Поэтому для разных организмов, находящихся в специфических условиях среды, коэффициент температурного ускорения различный. Например, зависимость метаболизма рыб и многих водных животных от температуры выражается в изменении величины Q_{10} от 10,9 до 2,2 в диапазоне температур от 0 до $+30^{\circ}\text{C}$.

При сильном понижении температуры осуществление жизненных функций организма становится невозможным из-за резкого замедления обмена веществ. При повышении температуры обменные процессы организма резко возрастают, что в большинстве случаев приводит к его гибели. Большинство организмов способно в той или иной мере контролировать температуру своего тела с помощью различных ответных реакций. У подавляющего числа живых существ температура тела может изменяться в зависимости от температуры окружающей среды. Такие организмы не способны регулировать свою собственную температуру и называются **пойкилотермными**. Их активность в основном зависит от тепла, поступающего извне. Температура тела пойкилотермных организмов связана со значениями температуры окружающей среды. Пойкилотермия (хладнокровность) свойственна таким группам организмов, как растения, микроорганизмы, беспозвоночные, рыбы, рептилии и др.

Значительно меньшее количество живых существ способно к активному регулированию температуры тела. Это представители двух высших классов позвоночных – птиц и млекопитающие. Вырабатываемое ими тепло является продуктом биохимических

реакций и служит существенным источником повышения температуры тела. Такая температура поддерживается на постоянном уровне независимо от температуры окружающей среды. Организмы, способные поддерживать постоянную оптимальную температуру тела независимо от температуры среды, называются гомойотермные. За счет этого свойства многие виды животных способны жить и размножаться при температуре ниже нуля (северный олень, белый медведь, ластоногие, пингвины). Поддержание постоянной температуры своего тела обеспечивается гомойотермными (теплокровными) животными такими приспособлениями к условиям существования, как хорошая тепловая изоляция, создаваемая шерстяным покровом, плотное оперение, подкожные воздушные полости, толстый слой жировой ткани и т.п.

Частный случай гомойотермии – **гетеротермия**. Разный уровень температуры тела у гетеротермных организмов зависит от их функциональной активности. В период активности они обладают постоянной температурой тела, а в период отдыха или зимней спячки она значительно понижается. Гетеротермность характерна для сусликов, сурков, барсуков, летучих мышей, ежей, бурых медведей, колибри и др.

д. Почва

Почва представляет собой довольно сложную полидисперсную трехфазную систему, включающую твердую (минеральные частицы), жидкую (почвенная влага) и газообразную фазы. Соотношения этих трех составляющих определяет основные физические свойства почвы как среды обитания живых организмов. Химические же свойства помимо минеральных почвенных элементов сильно зависят от органического вещества, также являющегося неотъемлемой составной частью почвы.

С почвой связана жизнь многих организмов. Здесь существуют бок о бок многочисленные мельчайшие, мелкие и более крупные организмы. Она обильно пронизана корнями многочисленных растений, которые используют ее как питательную среду. Условия

их жизни в первую очередь зависят от особенностей и свойств почвы.

Вся совокупность физических и химических свойств почвы, оказывающих экологическое воздействие на живые организмы относится к *эдафическим факторам* (от греч. «эдафос»-основание, земля, почва). К основным эдафическим факторам относятся механический состав (размер частиц, почвы), относительная рыхлость, структура, водопроницаемость, аэрируемость, химический состав самой почвы и циркулирующих в ней веществ (газов, воды).

Механический состав почвы определяется содержанием в ней механических элементов (гранулометрический состав). Характер гранулометрического состава почвы может иметь экологическое значение для животных, которые в какой-то период обитают в почве или ведут роющий образ жизни. Личинки насекомых, не могут жить в слишком каменистой почве; роющие, перепончатокрылые, откладывающие яйца в подземных ходах, многие саранчевые, зарывающие яйцевые коконы в землю, нуждаются в том, чтобы она была достаточно рыхлой.

По размерам твердые частицы в почве подразделяются на крупные (более 30 мм в диаметре) обломки материнских пород, гальку и хрящ (диаметр 30-3), гравит (3-1), песок (1-0,25), пыль (0,25-0,01) и ил (частицы диаметром менее 0,1мм). Соотношение этих категорий частиц формирует механический состав почв. По этому признаку различают почвы песчаные (содержат более 90% песка), супесчаные (90-80), легкие, средние и тяжелые суглинки (соответственно 80-70, 70-55 и 55-40), глины-легкие (40-30), средние (30-20) и тяжелые (менее 20% песка).

Отдельные минеральные частицы в составе почвы обычно склеиваются друг с другом, образуя более или менее крупные агрегации, пространства между которыми заполнено воздухом (газообразная фаза) и водной (жидкая фаза). Соотношение разных по величине агрегаций минеральных частиц и соответственно размеры пространств между ними (степень пористости или проницаемости почвы) определяют структуру почвы; глыбистая, комковатая, ореховатая, крупнозернистая, мелкозернистая,

пылеватая и другие. По степени пористости различают почвы тонкопористые (диаметр пор менее 1 мм), пористые (1-3), губчатые (3-5), ноздреватые (имеются поры диаметром 5-10), ячеистые (более 10 мм), трубчатые (поры или полости соединяются в каналы).

Механический состав и структура почв ведущий фактор формирования их свойств как среды обитания живых организмов: аэрации почв, их влажности и влагоёмкости, теплоемкости и термического режима, а также условий передвижения в почве животных, распределения корней древесных и травянистых растений и т.п.

Важной характеристикой почвы является ее кислотность. Кислотность среды, определяемая водородным показателем (рН), является величиной, характеризующей концентрацию ионов водорода в растворе, и численно равна отрицательному десятичному логарифму этой концентрации: $pH = -\lg[H^+]$. Водные растворы могут иметь рН от 0 до 14. Нейтральные растворы имеют рН 7, кислая среда характеризуется значениями рН меньше 7, а щелочная - больше 7. Кислотность может служить индикатором скорости общего метаболизма сообщества. Если рН почвенного раствора слишком низка, то в ней содержится мало биогенных элементов, поэтому продуктивность такой почвы крайне мала.

По отношению к степени кислотности почвы выделяют следующие экологические группы растений:

ацидофильные виды могут расти на кислых почвах с рН почвенного раствора менее 6,7 (это растения сфагновых болот, вереск (*Calluna vulgaris*), багульник (*Ledum palustre*), виды родов хвощ (*Equisetum*), черника (*Vaccinium myrtillus*), многие мхи);

нейтрофильные виды растут на почвах со значением рН близко к нейтральному (большинство культурных растений, виды клевера (*Trifolium*), люцерны (*Medicago*), тимофеевка (*Phleum*), орех (*Juglans*) и др.);

базифильные виды малочувствительны к щелочной реакции и растут при рН более 7 (в основном это растения меловых отложений, степей, пустынь и полупустынь);

индифферентные виды могут произрастать на почвах с разным значением pH (ландыш (*Convallaria majalis*), овсяница овечья (*Festuca ovina*) и др.).

По отношению к плодородию почвы различают следующие экологические группы растений:

олиготрофы (от греч. «олигос»- небольшой и «трофе»-питание)- растения бедных, малоплодородных почв (сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*);

мезотрофы (от греч. «мезос»- средний)- растения с умеренной потребностью к питательным веществам- большинство лесных растений;

эвтрофы (от греч. «эу»- хорошо)- растения, требовательные к содержанию большого количества питательных веществ в почве (дуб (*Quercus robur*), лещина (*Corylus avellana*), сныть (*Aegopodium podagraria*).

е. Орография

На развитие и распространение организмов на земле влияют орографические факторы, такие как особенности элементов рельефа, высота над уровнем моря, экспозиция и крутизна склонов.

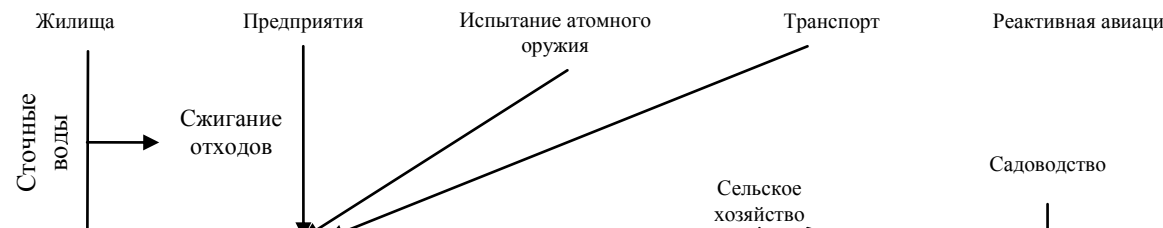
Макрорельеф (горы, долины, низменности) влияет на распределение растительности в крупных географических масштабах. Одним из главных орографических факторов является высота над уровнем моря. С высотой снижаются средние температуры, увеличивается суточный перепад температур, возрастает количество осадков, скорость ветра и интенсивность радиации, понижается атмосферное давление и концентрации газов. Все эти факторы влияют на растения и животных, обуславливая вертикальную зональность в горах, где на каждые 100м. температура воздуха понижается в среднем на 0,55°C. Одновременно с этим изменяется влажность, сокращается длительность вегетационного периода. С увеличением высоты местообитания существенно изменяется развитие растений и животных. С одной стороны гор может быть солнечно и тепло, с другой- влажно и холодно.

Следующий орографический фактор- экспозиция склона. На северных склонах растения образуют теневые формы, на южных- световые. Растительность представлена здесь главным образом засухоустойчивыми кустарниками. Склоны, обращенные на юг, получают больше солнечного света, поэтому интенсивность света и температура здесь выше, чем на дне долин и на склонах северной экспозиции. С этим связаны существенные различия в прогревании воздуха и почвы, скорости таяния снега, иссушения почвы.

Крутизна склона также является орографическим фактором влияющим на среду обитания организмов. Влияние этого показателя на условия жизни организмов сказываются главным образом через особенности почвенной среды, водного и температурного режимов. Для крутых склонов характерны быстрый дренаж и смывание почв, поэтому здесь почвы маломощные и более сухие. Если уклон превышает 35°, почва и растительность обычно не образуются, а создаются осыпи из рыхлого материала.

2. 4.Антропогенный фактор

Большинство экологов выделяют антропогенные факторы в отдельную группу, так как считают что воздействие человека на окружающую среду стало мощной преобразующей силой и достигло глобального размаха. Человек видоизменяет живую и неживую природу, т.е. выполняет геохимическую роль. Он извлекает из недр Земли полезные ископаемые например, уголь и нефть, и в последующей своей деятельности преобразует, содержащийся углерод в углекислый газ, тем самым изменяя газовый баланс биосферы. В.И Вернадский по этому поводу говорил, что воздействие человека становится мощнейшим геологическим фактором.



урбанизированных территорий превращаются в зоны экологического бедствия.

Из всех действующих на сегодняшний день экологических факторов наиболее многообразны и существенны антропогенные. Любое воздействие человека на окружающую среду, как непосредственное, так и опосредованное, является антропогенным экологическим. Это то воздействие, которое оказывает человек своей деятельностью на организмы, биогеоценозы, ландшафты, биосферу.

Выделяют следующие группы по направленности действия антропогенного фактора: изменение структуры земной поверхности; изменение состава биосферы, круговорота и баланса входящего в нее вещества; изменение энергетического и теплового баланса отдельных участков и регионов; изменения, вносимые в биоту, то есть исторически сложившийся комплекс живых организмов, какой-либо территории.

Влияя на природу и приспосабливая ее к своим потребностям, человек изменяет среду обитания животных и растений, влияя тем самым на их жизнь. Воздействие может быть косвенным и прямым. Прямое воздействие воспринимается через список истребленных человеком видов растений и животных огромных масштабов. Только за историческое время зарегистрировано исчезновение более 100 видов крупных млекопитающих и примерно такое же количество видов птиц.

Главные причины уничтожения птиц млекопитающих - неумеренная охота и борьба с вредителями. При этих формах воздействия вымирание видов шло главным образом через нарушения механизмов воспроизводства популяций из-за резкого снижения их численности и плотности населения.

Однако не меньше и число видов исчезло с лица земли по чисто экологическим причинам, таким как коренное изменение свойств видов биотопов, нарушение биоценологических связей в виде появления новых хищников, возбудителей болезней и т.п.

Косвенное воздействие осуществляется путем изменения ландшафтов, климата, физического состояния и химизма атмосферы и водоемов, строения поверхности земли, почв, рас-

Рис. 2.2. Антропогенное воздействие на среду обитания (Маврищев, 2003)

На рис. 2.2 приведена блок-диаграмма, на которой изображено влияние антропогенного фактора, оказываемое человеком и его деятельностью на организмы, биогеоценозы, ландшафты и биосферу.

Воздействия, оказываемые человеком на природную среду, создают для одних видов благоприятные условия для размножения и развития, для других – неблагоприятные. В результате между видами создаются новые численные отношения, перестраиваются пищевые цепи, возникают приспособления, необходимые для существования организмов в измененной среде. Действия человека обогащают или обедняют сообщества. Антропогенное воздействие чаще всего ведет к деградации и даже гибели биосистем. Все больше

тельности и животного населения. Человек сознательно и бессознательно уничтожает, истребляет или вытесняет одни виды растений и животных, создавая другие и благоприятные условия для них, в результате образовалась новая среда, многократно увеличив продуктивность освоенных земель. Но это привело к исчезновению многих других видов.

Вопросы для контроля

1. Что такое аутэкология и синэкология?
2. Что понимается под экологическими факторами?
3. Дайте классификацию экологических факторов.
4. Что вы знаете о биотических факторах?
5. Какие организмы называют эдификаторами?
6. Расскажите об абиотических факторах и их значение в жизни организмов?
7. Что вы знаете об эдафическом факторе?
8. Дайте характеристику влияния антропогенного фактора на среду обитания?

Глава 3. Биоценоз и биогеоценоз.

3.1. Понятие и сущность биоценоза.

Функционально-энергетический ряд различных уровней организации жизни имеет следующую схему: Организм-популяция-биогеоценоз-биосфера.

Остановимся на понятии «популяция». Термин происходит от латинского слова *populus* (народ) и в условном переводе означает «население». Популяция есть население вида на определенной территории.

Единство морфобиотического типа и жизненных ритмов особей географических популяциях определяется постоянным или длительным обитанием в одном районе и поддерживаются определенной степенью изолированности, самостоятельности популяционных группировок.

Индивидуальный или семейный участок (особей) который активно защищается, называют территорией. Периодический уход и

возвращение на данную территорию называют миграцией, а место где живет организм – его местообитанием.

Прежде чем перейдем к понятию биоценоз и биогеоценоз отметим, что популяция именно та «ячейка» биоты, которая является основной её существования: в ней происходит самовоспроизводства живого вещества, она обеспечивает выживание вида, т.е. является элементарной единицей эволюционного процесса, тогда как вид есть его качественной этап.

Биоценоз представляет собой эволюционно сложившуюся форму организации живого населения биосферы, многовидовую биологическую (экологическую) систему.

Популяции различных видов живых организмов, заселяющие общие места обитания, неизбежно вступают в определенные взаимоотношения в области питания, использования пространства, влияния на особенности микро и мезоклимат и т.д. Длительное совместное существование лежит в основе формирования многовидовых сообществ- биоценозов, в которых подбор видов не случаен, а определяется возможностью непрерывного поддержания круговорота веществ; только на этой основе в принципе оказывается возможным устойчивое существование любой формы жизни.

Биологи, изучавшие отдельные объекты живой природы, пришли к выводу, что результаты, адекватно отражающие законы их существования, можно получить только лишь при рассмотрении природных явлений и населяющих природную среду организмов как целостный объект, как природное целое. Зародилась идея наличия в природе закономерных комплексов, в которых живые организмы связаны большим количеством разнообразных связей.

Впервые на возможность выделения таких комплексов обратил внимание немецкий биолог Карл Мёбиус. Изучая комплексы сплошных многослойных поселений устриц, которые образуют так называемые *устричные банки*, Мёбиус назвал биоценозами комплекс живых организмов, постоянно встречающихся вместе в различных пунктах одного и того же водного бассейна при наличии одинаковых условий существования. В 1877г. Мёбиус впервые

ввел в научную литературу термин биоценоз (от. греч. «биос»- жизнь и «ценозис»- общий).

«Каждая устричная банка,- писал в своем труде Мёбиус,- является сообществом живых существ, собранием видов и скоплением особей, которые находят здесь все необходимое для их роста и существования, то есть соответствующий грунт, достаточно пищи, надлежащую соленость и благоприятную для их развития температуру... Наука, однако, не имеет слова, которым такое сообщество живых существ могло бы быть обозначено; нет слова для обозначения сообщества, в котором сумма видов и особей, постоянно ограничиваемая и подвергающаяся отбору под влиянием внешних условий жизни, благодаря размножению непрерывно владеет некоторой определенной территорией. Я предлагаю для такого сообщества слово "биоценозис"»

В настоящее время термин *биоценоз (biocoenosis)* обычно применяется как синоним термина *сообщество (community)*. При установлении сущности понятия *популяция* и при определении сообщества существуют определенные трудности. Многие биологи довольно по-разному трактуют суть биоценоза. Например, понимают группу встречающихся совместно популяций, или пространственно ограниченные совокупности (ассоциации) растений и животных с доминированием (преобладанием) какого-либо одного вида: сообщества птиц, насекомых, луговых растений, еловое сообщество, осоковое сообщество и т.п.

Экологи полагают, что одним из удачных определений биоценоза служит определение американского ученого Роберта Хардинга Уиттекера, которое он привел в своем фундаментальном труде «Сообщества и экосистемы». **Биоценоз- это сочетание популяций растений, животных и микроорганизмов, взаимодействующих друг с другом в пределах данной среды и образующих тем самым особую живую систему со своим собственным составом, структурой, взаимоотношениями со средой, развитием и функциями.**

Известно, что биоценозы, как и все биологические системы,- системы открытые и в природе переходят одно в другое вдоль тех или иных градиентов среды, а не занимают четко ограниченные

зоны. Нередко различные биоценозы настолько сливаются, переходят друг в друга, что при отсутствии четких границ между средами обитания иногда невозможно определить, где кончается один и начинается другой. Иногда экологи ограничиваются при выделении сообщества просто произвольным набором видов.

В состав биоценоза входят совокупность растений на определенной территории- фитоценоз; животные, проживающие в пределах фитоценоза- зооценоз; совокупность микроорганизмов, населяющих почву микробиоценоз.

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

В приведенном выше определении биоценоза акцент делается на приуроченности организмов к определенному местообитанию. К одному биоценозу относятся виды, которые сосуществуют вместе в пределах данной среды.

В настоящее время экологи дают следующее определение: **«Биоценоз- это совокупность всех популяций биологических видов, принимающих существенное (постоянное или периодическое) участие в функционировании данной экосистемы»**. Из данного определения видно, что в биоценоз включаются не только виды растений, животных и микроорганизмов, постоянно обитающие в рассматриваемой экосистеме, но оказывающие существенное воздействие на ее жизнь.

Например, многие насекомые размножаются в водоемах, где служат важным источником питания рыб и некоторых других

животных, а во взрослом состоянии ведут наземный образ жизни, т.е. выступают как элементы сухопутных биоценозов. Зайцы могут питаться на лугу, а обитать в лесу. То же касается и многих видов лесных птиц, которые ищут себе пропитание не только в лесу, но и на прилегающих лугах или болотах. Это касается также относительно многих животных, ведущих кочевой образ жизни.

Биоценоз как открытая система получает на ее «входе» солнечную энергию, газы, атмосферу, воду, минеральные элементы почвы. На «выходе»- теплоту, кислород, углерод, биогенные вещества, уносимые водой. Однако главным «продуктом» биоценоза является живая продукция- растительная и животная биомасса, и преобразованное в биотопе неживое и отмершее вещество- источник разнообразных полезных ископаемых.

Термин «биоценоз» получил распространение в научной литературе на немецком и русском языках, а в англоязычных странах этому понятию соответствует термин «сообщество» (*community*). В русской литературе термин «биоценоз» широко использовали такие классики пауки, как В.В. Докучаев, Г.Ф. Морозов, В.Н. Сукачев. Последний наряду с термином «биоценоз» предложил термин «*биогеоценоз*», который соответствует термину «*экосистема*» в англоязычной литературе. Таким образом, Мебиус одним из первых применил к исследованию объектов живой природы особый подход, который получил в наши дни название системного подхода. Этот подход ориентирует исследователя на раскрытие целостных свойств объектов и механизмов, их обеспечивающих, на выявление многообразных связей в биологической системе и разработку эффективной стратегии ее изучения.

Еще в 1899г. Докучаев писал, что в последнее время все больше формируется и обособляется одна из наиболее интересных дисциплин в области современного естествознания, а именно учение о многогранных соотношениях и взаимоотношениях (а одновременно и о законах, управляющих вековыми изменениями), которые существуют между неживой и живой природой: между поверхностными горными породами, пластикой земли, почвами, наземными и почвенными водами, климатом страны и

растительными и животными организмами, в том числе и человеком.

Такой дисциплиной, возникшей в недрах лесной геоботаники и оформившейся впоследствии в фундаментальную науку со своими задачами и методами, является **биогеоценология** (*био...* + *гео...* + **греч. *koïnos*** - общий). Основателем биогеоценологии стал выдающийся геоботаник, лесовод и эколог академик В.Н. Сукачев, предложивший свою трактовку структурной организации биосферы. Сукачев посвятил жизнь разработке общих вопросов фитоценологии- науки о растительных сообществах (фитоценозах). В своих работах он придавал большое значение изучению межвидовых и внутривидовых взаимоотношений растений в растительных сообществах.

По В.Н. Сукачеву, **биогеоценоз- это элементарная ячейка насыщенных организмами слоев биосферы, маркируемая фитоценозом- растительным сообществом.** Это эволюционно сложившаяся, относительно пространственно ограниченная, внутренне однородная природная система живых организмов и абиотической среды, в которой происходит постоянный обмен веществом и энергией. Сущность биогеоценоза В.Н. Сукачев видел в процессе взаимного обмена веществом и энергией между составляющими его компонентами, между ними и окружающей внешней средой, а также между самими биогеоценозами. Но В.Н. Сукачев относился отрицательно к попыткам свести биогеоценологию лишь к проблеме энергетики биогеоценоза. Проблемы биогеоценологии- это проблемы комплексного анализа структуры растительного и животного мира, почвы, выявления трофических уровней, определения биологической продуктивности и др. В.Н. Сукачев разрабатывал концепцию биогеоценоза как ботаник и фитоценолог, тем не менее она была принята большинством современных экологов. Важной ее особенностью является то, что биогеоценоз связывается с определенным участком земной поверхности.

Исходным понятием при определении биогеоценоза был геоботанический термин «фитоценоз»- растительное сообщество, группировка растений с однородным характером взаимоотношений

между ними самими и между ними и средой. Растения (автотрофные организмы) развиваются на вполне конкретном субстрате- почве, представляющем собой органико- минеральное естественно историческое природное образование, которое населено микроорганизмами. Еще одним природным компонентом, с которым непосредственно контактируют растения, является атмосфера. Любой фитоценоз всегда населен разнообразными животными (гетеротрофными организмами).

Объединяя все указанные составляющие в одно целое, получаем структуру биогеоценоза. Она включает пять основных функционально связанных частей. Это **фитоценоз**- растительное сообщество (автотрофные организмы, продуценты); **зооценоз**-животное население (гетеротрофы, консументы) и **микробоценоз**-различные микроорганизмы, представленные бактериями, грибами, простейшими (редуценты). Эту живую часть биогеоценоза В.Н. Сукачев относил к биоценозу. Неживую, абиотическую, часть биогеоценоза слагают совокупность климатических факторов данной территории- **климатом** и биокосное образование- **эдафотоп** (почва). В последнее время в структуру абиотической среды биогеоценоза включают также и гидрологические факторы- **гидротоп** (рис. 5). Такая совокупность абиотических компонентов биогеоценоза, как было указано выше, носит название **биотоп**.

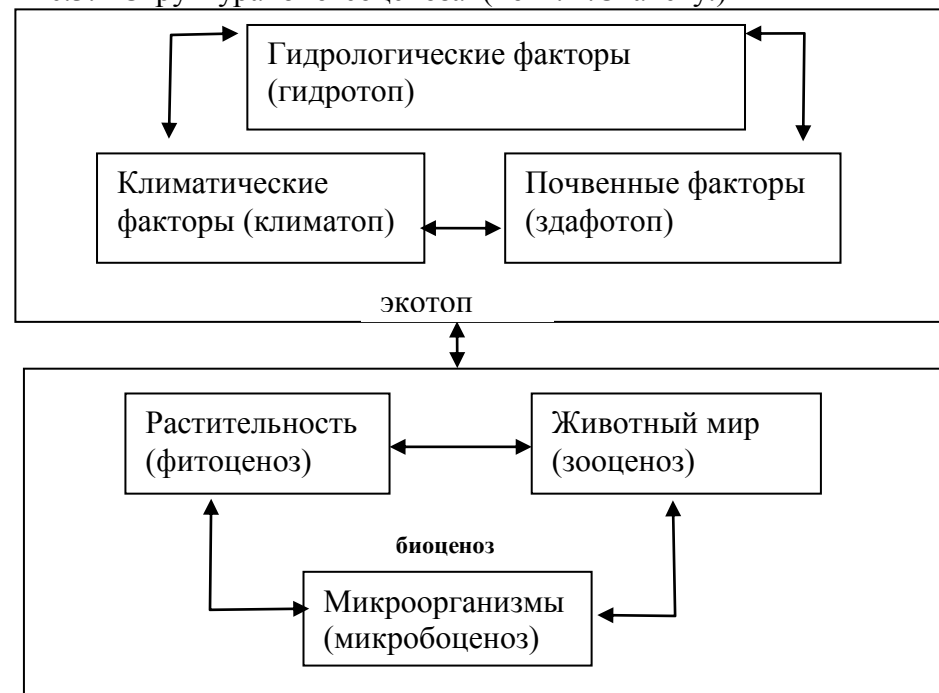
Объединяя все указанные составляющие в одно целое, получаем структуру биогеоценоза. Она включает пять основных функционально связанных частей. Это **фитоценоз**- растительное сообщество (автотрофные организмы, продуценты); **зооценоз**-животное население (гетеротрофы, консументы) и **микробоценоз**-различные микроорганизмы, представленные бактериями, грибами, простейшими (редуценты). Эту живую часть биогеоценоза В.Н. Сукачев относил к биоценозу. Неживую, абиотическую, часть биогеоценоза слагают совокупность климатических факторов данной территории- **климатом** и биокосное образование- **эдафотоп** (почва). В последнее время в структуру абиотической среды биогеоценоза включают также и гидрологические факторы- **гидротоп** (рис3.1) Такая

совокупность абиотических компонентов биогеоценоза, как было указано выше, носит название **биотоп**.

Все взаимодействия компонентов биогеоценоза связаны между собой совокупностью пищевых цепей и взаимообусловлены. Каждый компонент в природе неотделим от другого. Главным создателем живого вещества в пределах биогеоценоза является фитоценоз- зеленые растения

БИОГЕОЦЕНОЗ

Рис.3.1 Структура биогеоценоза (по В.Н.Сукачеву.)



Используя солнечную энергию, зеленые растения создают огромную массу органического вещества. Состав и масса такого вещества зависят главным образом от особенностей атмосферы и

почвенных условий, которые определяются, с одной стороны, географическим положением (зональность, отражающаяся существованием определенных типов биомов), а с другой- рельефом местности и расположением фитоценоза. От состава и характеристики растительности зависит существование комплекса гетеротрофов. В свою очередь, биоценоз в целом определяет состав и количество органического вещества, попадающего в почву (степные богатые черноземы, слабогумусированная почва бореальных лесов и крайне бедные почвы влажного тропического леса). Животные в процессе своей жизнедеятельности также оказывают разнообразное влияние на растительность. Исключительно важны взаимодействия между микроорганизмами и растительностью, микроорганизмами и позвоночными и беспозвоночными животными.

Таким образом, развивая идею биогеоценоза и теорию биогеоценологии, В.Н. Сукачев под биогеоценозом понимал сообщество животных и растений вместе с отвечающими ему условиями почвы и атмосферы. В статье «Основы теории биогеоценологии», (1947) Сукачев определяет биогеоценоз как участок земной поверхности с однородными природными явлениями (атмосфера, горная порода, растительность, животный мир, микроорганизмы, почва, гидрологические условия), которые объединены обменом веществ и энергии в единый природный комплекс.

3.2. Видовая структура биоценоза

Каждый биоценоз можно описать, основываясь на совокупности составляющих его видов. Одни биоценозы слагаются преимущественно из животных, как, например биоценоз кораллового рифа. В других биоценозах- лесных- главную роль играют растения: биоценоз елового, березового, дубового леса. Степень насыщенности видами в различных биоценозах разная. Самая известная закономерность видового разнообразия- его уменьшение от тропиков в сторону высоких широт. Причем это

касается всех групп наземных и водных организмов, начиная от двусторчатых моллюсков, муравьев и летающих насекомых до пресмыкающихся, птиц, деревьев.

Например, во влажных тропических лесах, в Малайзии, на 1 га. леса можно насчитать до 200 видов древесных пород. Биоценоз соснового леса в условиях Беларуси может включать максимум до десяти видов деревьев на 1 га., а на севере таежной области, на такой же площади, присутствуют 2- 5 видов. Бедными биоценозами являются также пустыни (в частности пустыни Средней Азии), но наиболее бедными по набору видов являются арктические пустыни, самыми богатыми- тропические леса. Но не обходится и без исключений. Пингвины и тюлени приполярных областей здесь наиболее разнообразны. Однако в тропиках таких групп животных, не встречающихся в более высоких широтах, значительно больше.

Наиболее простым показателем видового разнообразия биоценоза является общее число видов- *видовое богатство*. Если какой-либо вид растения (или животного) количественно преобладает в сообществе (имеет большую биомассу, продуктивность, численность или обилие), то такой вид называется *доминантом*, или *доминирующим видом*. Видовое разнообразие сообщества (число видов, встреченное в определенном местообитании) носит название *альфа-разнообразия*. Для измерения альфа- разнообразия предложено множество показателей, среди которых обычно используют *степень количественной представленности вида*. Однако самым простым и надежным показателем является подсчет числа видов на единицу площади.

У. Уиттекер приводит пример увеличения разнообразия видов птиц в сообществах со сходной структурой от умеренного климата к климату тропических низменностей. Такое увеличение числа видов птиц стало возможно благодаря большему разнообразию местообитаний, т.е. разнообразию" сообществ. Разнообразие сообществ носит название *бета-разнообразия*. *Бета-разнообразии*- это степень изменчивости флористического состава сообществ вдоль градиентов ведущего-фактора (изменение климата, увлажнения, высоты над уровнем моря и т.п.). Для его

оценки можно использовать результаты классификации данного региона и оценить бета-разнообразие числом установленных типов сообществ.

Существует еще один способ оценки разнообразия сообществ. Все видовое богатство региона, слагающееся из альфа и бета-разнообразия называется *гамма-разнообразие*. **Гамма-разнообразие** - это видовое разнообразие ландшафтов, которые слагаются из разнообразных сообществ.

Пространственная структура биоценоза. Ярусность и мозаичность. Биоценозы обладают рядом признаков и свойств, которые дают представление о характере их структуры. Любая биоценоз слагается из многих видов животных, растений и микроорганизмов, находящихся между собой в сложных взаимосвязях. Последние характеризуют структуру биоценоза. Понятие структуры биоценоза целесообразно рассматривать как общее понятие, включающее состав подчиненных элементов, их взаимное расположение (пространственная или морфологическая структура), различные взаимоотношения между ними (функциональная структура) - и все это в динамике, в изменении как в пространстве, так и во времени. Проблема определения пространственной структуры биоценоза сводится в общих чертах к расчленению его на различающиеся между собой внутриценозные части и выяснению их характера, их связей и меры зависимости их друг от друга и от условий среды.

Пространственная структура биоценоза включает его вертикальную и горизонтальную структуры.

Вертикальная структура биоценоза образована отдельными его элементами, особыми слоями, которые называются ярусами. **Ярус-совместно произрастающие группы видов растений, различающиеся по высоте и по положению в биоценозе ассимилирующих органов (листья, стебли, подземные органы-клубни, корневища, луковицы и т.п.).** Как правило, разные ярусы образованы разными жизненными формами. Наиболее четко ярусность выражена в лесных биоценозах.

Первый древесный ярус обычно формируют высокие деревья с высоко расположенной листвой, которая хорошо освещается

солнцем. Неиспользованный свет может поглощаться деревьями поменьше, образующими второй подпологовый ярус.

Оставшиеся около 10% солнечной радиации перехватываются **ярусом подлеска**. Его составляют кустарники и кустарниковые формы древесных пород. На открытых местах, в нормальных экологических условиях многие кустарниковые формы таких пород, как рябина, яблоня, груша имели бы вид деревьев первой величины. Однако под пологом леса, в условиях затенения и нехватки элементов питания, они обречены на существование в виде низкорослых, зачастую не дающих семян деревьев. Это **ярус подроста**. К нему относятся ~~молодые~~ невысокие (от 1 до 3-5 м) деревца, которые в будущем, в перспективе, смогут выйти в первый ярус. Они относятся к так называемым лесообразующим породам. Это ель, сосна, дуб, граб, береза, осина, ясень, ольха черная и др. Здесь условия освещенности, увлажнения, питания для них не совсем благоприятны, но они, благодаря своей конкурентно способности могут в будущем достичь первого яруса и образовать биоценозы со своим господством.

Незначительная часть солнечной радиации - от 1 до 5% используется растениями травяного покрова, которые образуют **травяно-кустарничковый ярус**. Сюда относятся лесные травы и кустарники: ландыш, кислица, земляника, брусника, черника, папоротники.

Напочвенный слой мхов и лишайников формирует **мохово-лишайниковый ярус**. Таким образом, схематично в лесном биоценозе выделяются древостой, подлесок, подрост, травяной покров и мохово-лишайниковый ярус. Ярусов может быть меньше или больше. Лианы, эпифиты (растения, проживающие на других растениях, но не являющиеся паразитами, например мхи и лишайники на стволах деревьев), а также растения-паразиты, которые выделяются в группу **внеярусной растительности**, поскольку затруднительно отнести их какому-либо конкретному ярусу.

Выделяют ярусы, также и в травяных сообществах хотя они менее четко выражены, чем в лесных сообществах. Обычно первый ярус здесь образуют высокие злаки и травы, такие, как вейник

наземный или чертополох. Затем идет ярус трав средней высоты. Это могут быть мятлик однолетний, клевер луговой, ромашка непахучая и другие виды. К третьему ярусу относят лапчатку гусиную, вербейник монетчатый, подорожник обыкновенный.

Подземные части растений, также имеют ярусы, которые выделяют по глубине залегания всасывающих частей корней. Ярусность в подземной части биоценоза способствует более продуктивному использованию воды и минеральных веществ в разных горизонтах почвы. Благодаря этому на одной и той же территории может обитать большое количество растений. Подземные ярусы не всегда легко выделить, поскольку основная масса корней приходится на самый верхний слой почвы, глубиной до 20-30 см. Тем не менее часто можно выделить 2-3, а то и больше подземных ярусов.

В водных сообществах кроме яруса корней и корневищ различают ярус:

- надводных трав;
- плавающих трав;
- высоких водных трав;
- низких водных трав;
- придонных растений (водоросли).

В биоценозах разные виды животных также занимают определенные уровни. В почве живут почвенные черви, микроорганизмы, землеройные животные. В листовом опаде, на поверхности почвы живут различные многоножки, жуки, клещи и другие мелкие животные. В верхнем пологом леса гнездятся птицы, причем, одни могут питаться и гнездиться ниже верхнего яруса, другие в кустарниках, а третьи возле самой земли. Крупные млекопитающие обитают в нижних ярусах.

В биоценозах океанов и морей, разные виды планктона держатся различной глубины, в зависимости от освещения; также разные виды рыб обитают на разной глубине, в зависимости от того, где они находят себе пропитание.

Особь живых организмов распределены в пространстве неравномерно. Обычно они составляют группировки, что является приспособительным фактором в их жизни. Такие группировки

определяют горизонтальную структуру биоценоза - это горизонтальное распределение особей видов, образующих различного рода узорчатость, мозаичность, пятнистость каждого вида.

Огромными косяками передвигаются с места на место многие рыбы. В большие стаи собираются водоплавающие птицы, готовящиеся к дальним перелетам.

Или пятнистое размещение особей клевера на лугу, пятна мхов и лишайников в тундре, скопление кустарничков брусники в сосновом лесу, обширные пятна кислицы в еловом лесу, земляничные поляны на светлых лесных опушках.

Наличие горизонтальных элементов биоценоза, мозаичности, имеет важное значение для жизни сообщества. Мозаичность позволяет более полно использовать различные типы микро-местообитаний. Особям, образующим группировки, свойственна высокая выживаемость, они наиболее эффективно используют пищевые ресурсы. Это ведет к увеличению и разнообразию видов в биоценозе, способствует его устойчивости и жизненности.

К элементарным единицам горизонтального строения растительных сообществ относятся такие структурные единицы, как *микроценоз* и *микрोगруппировка*.

Микроценоз (от греч. «микрос»- малый и «койнос»- общий)- наименьшая по размерам структурная единица горизонтального расчленения сообщества, которая включает все ярусы, обособленная в вертикальном направлении от других, окружающих ее микроценозов этого же сообщества и характеризующаяся определенным составом, структурой, динамикой и обладающая некоторой целостностью. Почти каждое сообщество включает в себя комплекс микросообществ или микроценозов.

Микрोगруппировка- сгущение особей одного или нескольких видов в пределах яруса, внутри ярусные мозаичные пятна. Например, в моховом ярусе можно выделить различные пятна мхов с доминированием одного или нескольких видов. В травяно-кустарничковом ярусе можно выделить микрोगруппировки черничные, чернично-кисличные, голубично-сфагновые и т.п.

Иногда термины «микроценоз» и «микроруппировка» употребляются как синонимы.

Особи разных видов существуют в биоценозах не изолированно, обычно вступают между собой в разнообразные взаимоотношения. Такие прямые и косвенные межвидовые отношения (связи) обычно подразделяются на четыре типа: 1) трофические; 2) топические; 3) форические; 4) фабрические.

Трофические отношения возникают тогда, когда один вид в биоценозе питается другим (либо их мертвыми остатками, либо продуктами их жизнедеятельности). Божья коровка, питающаяся тлей, корова на лугу, поедающая сочную траву, волк, охотящийся на зайца - это все примеры прямых трофических связей между видами.

Топические отношения характеризуют изменение условий обитания одного вида в результате жизнедеятельности другого. Ель, затеняя почву, вытесняет светолюбивые виды из-под своей кроны, морские желуди поселяются на коже китов, мхи и лишайники, располагаются на коре деревьев. Все эти организмы связаны друг с другом топическими связями.

Форические связи - участие одного вида в распространении другого. В этой роли обычно выступают животные, переносящие семена, споры, пыльцу растений. Так, обладающие цепляющимися шипами семена лопуха или череды могут захватываться шерстью крупных млекопитающих и переноситься на большие расстояния.

Фабрические связи - тип отношений, при которых особи одного вида используют для своих сооружений продукты выделения, мертвые остатки, либо даже живых особей другого вида. Например, птицы строят гнезда из сухих веточек, шерсти млекопитающих, травы и т.п. Личинки ручейников для строительства своих домиков используют кусочки коры, песчинки, обломки раковин или же сами раковины с живыми моллюсками мелких видов.

Континуум, экотоны, краевой эффект. Растительный покров покрывает поверхность земного шара сплошным зеленым ковром (за исключением пустынных и ледниковых зон). Если бы не деятельность человека, то зеленый покров планеты так и оставался

бы сплошным и ненарушенным. Человек же своей деятельностью в одних местах полностью уничтожил растительность, в других - голые пятна городов, рудных разработок, пустынь. Но мы знаем, что растения, образующие растительные сообщества, составляют основу, каркас биоценоза.

Растения покрывающие сушу, создают непрерывную ткань взаимовлияний. Это касается не только сухопутной, но также и водной растительности. Однако растительный покров любой местности, слагается из различных растительных сообществ. Можно выделить обособленные участки елового или соснового леса, болота, луга и т.п. Такие обособленные участки можно назвать **дискретными единицами**.

Непрерывность, как свойство растительного покрова, носит название **континуума**. Но общепринятого определения континуума не существует. В литературе определение континуума выглядит следующим образом: континуум - это свойство растительного покрова, выражающееся в том, что любых два произвольно выбранных примыкающих друг к другу участка, независимо от их размеров и способа определения их границы, всегда имеют общие признаки. Это свойство проявляется как на уровне растительного покрова в целом, так и на уровне его элементов. В связи с тем, что выделение разнокачественных растительных сообществ в пределах непрерывного их ряда невозможно, современные экологи отмечают, что растительному покрову присущи свойства как континуальности, непрерывности, так и относительной дискретности, которые выражены одновременно и всюду.

С проблемой континуальности связана проблема определения границ биоценозов. Хотя различные биоценозы и представляют собой естественные экосистемы с определенной степенью целостности и очерченными границами, провести четкие границы между биоценозами не всегда представляется возможным. Сухой лес постепенно переходит в увлажненный луг, который сменяется совсем влажным болотом. Визуально мы отграничим лес от луга и болота, но провести линию границы существует переходная полоса различной ширины и длины, потому что жесткие, резкие

границы в природе- редкое исключение. Они характерны главным образом для сообществ, подверженных интенсивному антропогенному воздействию. **Такая переходная полоса (или зона) между смежными физиономически различными сообществами называется экотон.**

Более или менее резкие границы между биоценозами можно наблюдать лишь в случаях резкого изменения факторов абиотической среды. Например, такие границы существуют между водными и наземными биоценозами, в местах, где происходит резкая смена минерального состава почвы и т.п. В целом же, говоря об экотон мы имеем в виду переходную полосу между соседними (двумя или несколькими) контактирующими биоценозами, некую зону контакта высокой биологической активности, где присутствуют организмы как из одного, так и из другого биоценоза. Поэтому часто количество видов в экотоне превышает количество их в каждом из граничащих биоценозов. **Такое явление-тенденция к увеличению разнообразия и плотности организмов на границах биоценозов носит название краевой эффект.** Наиболее отчетливо краевой эффект проявляется в зонах, отделяющих лес от луга (зона кустарников), лес от болота и т.д.

Понятие экологической ниши было введено американским зоологом-натуралистом Дж. Гриннелло и английским экологом Ч. Элтоном. Гриниелл предложил термин «ниша» при описании птиц-пересмешников. Он отмечал, что особенности их питания, гнездования и другие адаптации определяют место этой популяции в сообществе, т.е. экологическую нишу. Под термином «ниша» Гринелл определял самую мелкую единицу распространения вида. При определении ниши он уделял большое внимание чисто пространственному распределению видов относительно друг друга.

Элтон описывал нишу как место данного организма в биотической среде, как позицию вида в зависимости от других видов в сообществе, его положение в цепях питания. При определении ниши он подчеркивал особую важность трофических связей.

Экологическая ниша- это совокупность факторов среды, в которых обитает тот или иной вид организмов, его место в

природе, в пределах которого данный вид может существовать неограниченно долго.

Классическое определение экологической ниши дал американский эколог Дж. Хатчинсон. Согласно сформулированной им концепции, экологическая ниша представляет собой часть воображаемого многомерного пространства (гиперобъема), отдельные измерения которого соответствуют факторам, необходимым для нормального существования вида. Экологическую нишу, определяемую только физиологическими особенностями организмов, Хатчинсон назвал **фундаментальной**, а ту, в пределах которой вид реально встречается в природе - **реализованной**. Фундаментальной считается ниша, которую вид может занять в биоценозе при отсутствии конкуренции. Реализованная ниша- та часть фундаментальной ниши, которую данный вид (популяция) в состоянии «отвоевать» в конкурентной борьбе. Таким образом, реализованная экологическая ниша как бы вложена в фундаментальную и почти всегда меньше последней.

Экологическую нишу можно также определить как место вида в природе, включающее не только положение вида в пространстве, но и функциональную роль его в сообществе (например, трофический статус) и его положение относительно абиотических условий существования (температуры, влажности и т.п.)

Необходимо отличать понятие «экологическая ниша» от понятия «местообитание» (среда обитания). Оба понятия частично перекрываются, но термин «среда обитания» обозначает лишь пространство, где распространяется и обитает определенный вид, тогда как термин «экологическая ниша» включает в себя ту роль, функцию, которую выполняет данный вид в среде обитания. Местообитание вида- это совокупность отвечающих его требованиям участков в пределах видового ареала. Оно является важным компонентом его экологической ниши.

3.3. Трофическая структура биоценозов и биогеоценозов

Основная функция биоценозов - поддержание круговорота веществ в биосфере, базируется на пищевых взаимоотношениях видов.

Движение вещества и энергии - основное условие поддержания жизнедеятельности организмов в биоценозе, его устойчивости. Первоначальная пища создается зелеными растениями. Основным источником энергии для зеленых растений является солнечное излучение. Поглощая энергию Солнца, с использованием углекислого газа, воды и растворенных в ней неорганических соединений, фотосинтезирующие организмы (зеленые растения, бактерии и цианобактерии) преобразуют ее в процессе фотосинтеза в химическую энергию органических веществ. Эти вещества служат источником энергии не только для самих зеленых растений, но и для других организмов, составляющих биоценоз.

По участию в биологическом круговороте веществ в биоценозе различают три группы организмов—продуценты, консументы и редуценты.

1. Основу биоценоза составляют **продуценты** (автотрофные организмы). Являясь организмами-продуцентами, автотрофы синтезируют с помощью солнечного света из CO_2 и H_2O , а также неорганических солей почвы органические соединения, преобразуя при этом световую энергию в химическую. Они обеспечивают органическими веществами и энергией все живое население биоценоза. Зеленые растения лежат в основании всех пищевых связей. Они не только кормятся сами, но и кормят все остальные живые организмы.

Биомасса органического вещества, синтезированного автотрофами, определяется как первичная продукция, а скорость её формирования— биологическая продуктивность экосистемы. Она выражается либо в единицах энергии (джоуль на 1 м^2 за сутки), либо в единицах сухого органического вещества (кг. на 1 га за сутки).

2. Кроме продуцентов, в экосистему входят организмы, которые используют для питания органические вещества, произведенные другими видами. Они не способны синтезировать вещества своего тела из неорганических составляющих. Это **консументы** (потребители). К ним относятся все животные, которые извлекают

необходимую энергию из готовой пищи, поедая растения или других животных. **Первичными консументами** являются растительноядные животные (фитофаги), питающиеся травой, семенами, плодами, подземными частями растений- корнями, клубнями, луковицами и даже древесиной (некоторые насекомые). Ко **вторичным консументам** относят плотоядных животных (хищников) (зоофаги).

К консументам также можно отнести группу бесхлорофильных растений (растений-паразитов), которые, присасываясь к корням своих собратьев, в буквальном смысле тянут из них соки.

Многие консументы служат пищей другим животным. Они сами не могут строить органическое вещество из неорганического и получают его в готовых формах, питаясь другими организмами. В своих телах консументы преобразуют органическое вещество в специфические формы белков и других веществ, а в окружающую среду выделяют отходы, которые образуются в процессе их жизнедеятельности. Скорость образования биомассы консументами носит название **вторичной продукции**.

Консументы III порядка. Выделение этого уровня в достаточной степени условно, обычно сюда относят животных с плотоядным типом питания, чаще всего имея в виду паразитов животных и «сверх паразитов», хозяева которых сами ведут паразитический образ жизни. Паразитизм отличается от хищничества тем, что паразит не убивает,- свою «жертву» (хозяина), а длительно питается на живом объекте.

3. Особую группу консументов составляют **редуценты** (от лат. *reducens, reducentis*- возвращающий, восстанавливающий)- микроорганизмы и грибы, разрушающие мертвое органическое вещество и превращающие его в воду, CO_2 и неорганические вещества, которые в состоянии усваивать другие организмы (продуценты).

Основными редуцентами являются бактерии, грибы, простейшие, т.е. гетеротрофные микроорганизмы. Если снижается их активность (например, при использовании человеком сильно действующих пестицидов), то "ухудшаются" условия для жизнедеятельности растений и консументов. Мертвые органические остатки (гниющий

в лесу пень, труп животного) не исчезают в никуда, они разлагаются редуцентами до простых неорганических соединений. При этом выделяется большое количество CO₂. За счет разложения и минерализации мертвых органических остатков высвобождаются химические элементы. Таким образом, редуценты полностью разлагают все растительные и животные остатки до неорганических составляющих, которые снова могут быть вовлечены в круговорот веществ, тем самым замыкая его, улучшая условия питания растений и увеличивая объем создаваемой биологической продукции. Так восстанавливается неорганическая материя.

Следовательно, осуществляя пищевые взаимодействия, организмы биоценоза выполняют три функции:

- **энергетическую**, которая выражается в запасании энергии в форме химических связей первичного органического вещества; ее выполняют организмы-продуценты;

- **перераспределения и переноса** энергии пищи; ее выполняют консументы;

- **разложения** редуцентами органического вещества любого происхождения до простых минеральных соединений, которые снова вовлекаются в биологический круговорот организмами продуцентами.

Энергия, содержащаяся в одних организмах, потребляется другими. **Перенос веществ и заключенной в них энергии от автотрофов к гетеротрофам, происходящий в результате поедания одними организмами других, называется пищевой цепью.** Число звеньев в ней может быть различным, но обычно их бывает от 3 до 5.

Прямые пищевые связи типа растение– фитофаг– хищник– паразит объединяет виды в цепи питания или трофические цепи, члены которых связаны между собой сложными адаптациями. Обеспечивающими устойчивое существование каждой популяции.

Совокупность организмов, объединенных одним типом питания и занимающих определенное положение в пищевой цепи, называют трофическим уровнем. К одному трофическому

уровню принадлежат организмы, получающие свою энергию от Солнца через одинаковое число ступеней.

Первый трофический уровень занимают автотрофы (продуценты), *второй*- растительноядные животные (консументы первого порядка), *третий*- хищники, питающиеся растительноядными животными (консументы второго порядка) и паразиты первичных консументов, и, наконец, вторичные хищники (консументы третьего порядка) и паразиты вторичных консументов образуют *четвертый* трофический уровень. Трофических уровней может быть и больше, когда учитываются паразиты, живущие на консументах предыдущих уровней.

Пищевая цепь в экосистеме начинается с зеленого растения и через ряд промежуточных организмов- консументов заканчивается звеном, которое представлено хищными птицами или хищными млекопитающими.

В биоценозах обычно существует ряд параллельных пищевых цепей, например, травянистая растительность- грызуны- мелкие хищники; травянистая растительность- копытные- крупные хищники. Параллельные пищевые цепи нередко объединяют обитателей разных ярусов (почвы, травянистого покрова, древесного яруса), но и между ними могут существовать связи. Сокращение численности особей одного вида- звена в пищевой цепи, вызванное деятельностью человека или другими причинами, неизбежно приводит к нарушениям целостности экосистемы.

Пищевые цепи в чистом виде в природе встречаются довольно редко. В большинстве случаев один и тот же организм может быть съеден разными хищниками. Например, дафнию может употребить в пищу не только мелкая рыба, но и хищный рачок циклоп, а плотва может быть съедена не только щукой, но и выдрой. Одни и те же виды могут быть источником пищи для многих организмов, и тем самым являться составной частью различных пищевых цепей. В результате в биогеоценозе формируются **пищевые сети**- сложный тип взаимоотношений, включающий разветвленные цепи питания. Сложность пищевых цепей многократно возрастает, если принять во внимание, что у членов цепей питания - организмов-хозяев- имеются многочисленные специфические паразиты, которые в свою очередь

являются звеньями других цепей. Например, обыкновенная белка является хозяином 50 видов различных паразитов.

Пищевые цепи, которые начинаются с автотрофных фотосинтезирующих организмов, называются *пастбищными*, или цепями выедания.

Если пищевая цепь начинается с отмерших остатков растений, трупов и экскрементов животных- **детрита**- она называется *детритной*, или цепью разложения. Такие цепи наиболее характерны для сообществ дна глубоких озер, океанов, где и многие организмы питаются за счет оседания детрита, образованного отмершими организмами верхних освещенных слоев водоема. Распространены детритные цепи также и в лесах, где большая часть ежегодного прироста живой массы растений не потребляется непосредственно растительноядными животными, а отмирает, образуя опад, и разлагается затем сапротрофными организмами с последующей минерализацией редуцентами.

Следовательно, энергия, входящая в экосистему, разбивается на два основных русла, поступая к консументам через живые ткани растений или запасы мертвого органического вещества.

В результате последовательности превращений энергии в пищевых цепях каждое сообщество живых организмов приобретает определенную *трофическую структуру*. Трофическая структура сообщества отражает соотношение между продуцентами, консументами (отдельно первого, второго и т.д. порядков) и редуцентами, выраженное или количеством особей живых организмов, или их биомассой, или заключенной в них энергией, рассчитанных на единицу площади в единицу времени.

Экологические пирамиды– это графические модели используемые для отображения трофических структур. Эффект пирамиды в виде таких моделей разработал в 1927 г. американский зоолог Чарльз Элтон. Основанием пирамиды служит первый трофический уровень- уровень продуцентов, а последующие уровни образуют консументы различных порядков. При этом высота всех блоков-одинакова, а длина пропорциональна числу, биомассе или энергии на соответствующем уровне. Существует три способа построения экологических пирамид.

Пирамида чисел (численностей) отражает численность отдельных организмов на каждом уровне. Например, чтобы прокормить одного волка, необходимо по крайней мере несколько зайцев, на которых он мог бы охотиться; чтобы прокормить этих зайцев, нужно довольно большое количество разнообразных растений. Иногда пирамиды чисел могут быть обращенными, или перевернутыми. Это касается пищевых цепей леса, когда продуцентами служат деревья, а первичными консументами-насекомые. В этом случае уровень первичных консументов численно богаче уровня продуцентов (на одном дереве кормится большое количество насекомых).

Пирамида биомасс– это соотношение между организмами разных трофических уровней (продуцентами, консументами и редуцентами), выраженное в их массе. Обычно в наземных биоценозах общая масса продуцентов больше, чем каждого последующего звена. В свою очередь, общая масса консументов первого порядка больше, нежели общая масса консументов второго порядка и т.д. Если организмы не слишком различаются по размерам, то на графике обычно получается ступенчатая пирамида с суживающейся верхушкой.

Пирамиды чисел и биомасс отражают *статику* системы, т.е. характеризуют количество или биомассу организмов в определенный промежуток времени. Они не дают полной информации о трофической структуре экосистемы, хотя также позволяют решать ряд практических задач, особенно связанных с сохранением устойчивости экосистем. Пирамида чисел позволяет, например, рассчитывать допустимую численность отстрела животных в охотничий период без последствий для нормального воспроизводства биоценоза.

Пирамида энергии отражает величину потока энергии, скорость прохождения массы пищи через пищевую цепь. На структуру биоценоза в большей степени оказывает влияние, не количество фиксированной энергии, а скорость продуцирования пищи.

Пирамида энергии, в отличие от пирамид чисел и биомасс, всегда суживается кверху. (рис.3.2)

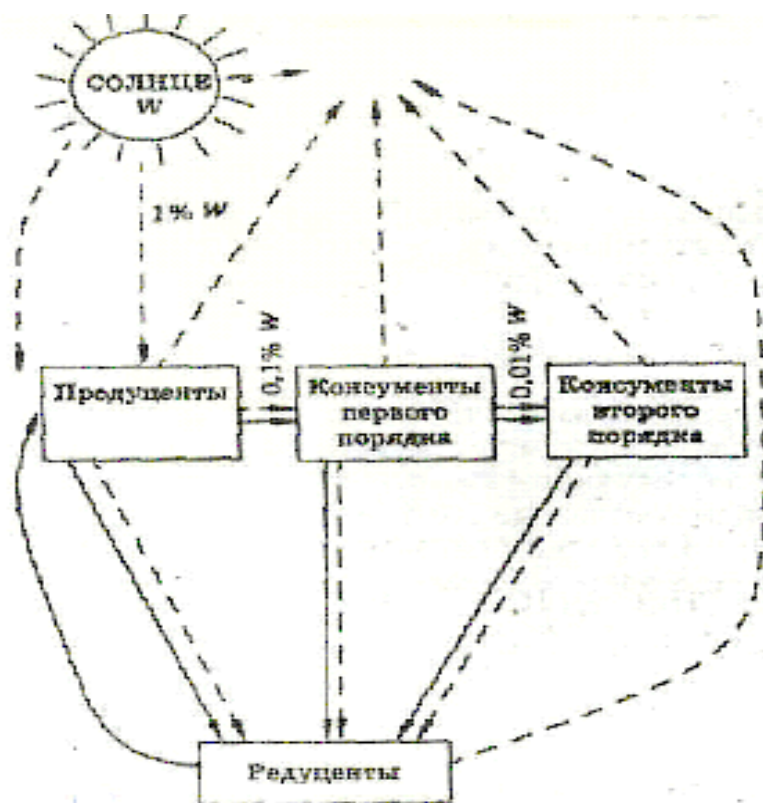


Рис.3.2. Перенос вещества и энергии в биоценозе: перенос вещества; перенос энергии; W - энергия (Маврицев, 2003).

Пищевая цепь, указывает путь органических веществ, а также содержащихся в них энергии и неорганических питательных веществ. Общее правило, касающееся любой пищевой цепи, гласит, что на каждом трофическом уровне, сообществе большая часть поглощаемой с пищей энергии рассеивается в виде тепла, движения, а у светящихся организмов- в виде света, но ни одна из этих форм энергии не может быть использована другими организмами. Таким образом, потребленная пища на каждом трофическом уровне ассимилируется не полностью. Значительная

ее часть тратится на обмен веществ. При переходе к каждому последующему звену пищевой цепи общее количество пригодной для использования энергии, передаваемой на следующий, более высокий трофический уровень, уменьшается. Продукция каждого последующего уровня примерно в 10 раз меньше продукции предыдущего.

Установлено, что максимальная величина энергии, передающаяся на следующий трофический уровень может составлять 30% от предыдущего. Во многих биоценозах, пищевых цепях такой процент передаваемой энергии может составлять всего лишь 1%.

Р. Линдемман в 1942г. сформулировал **закон пирамиды энергии (или закон 10 процентов)**, согласно которому с одного трофического уровня через пищевые цепи на другой трофический уровень переходит в среднем около 10% поступившей на предыдущий уровень экологической пирамиды энергии. Остальная ее часть теряется в виде теплового излучения. Организмы в результате процессов обмена теряют в каждом звене пищевой цепи около 90% всей энергии, которая расходуется на поддержание их жизнедеятельности.

Цепи питания обычно не могут иметь более 3-5 (редко 6) звеньев, а экологические пирамиды не могут состоять из большого количества этажей. К конечному звену пищевой цепи, так же, как и к верхнему этажу экологической пирамиды, будет поступать так мало энергии, что ее не хватит в случае увеличения числа организмов.

Объяснить это можно, проследив, куда тратится энергия потребленной пищи (C). Часть ее идет на построение новых тканей, т.е. на прирост (P). Часть энергии пищи расходуется на обеспечение энергетического обмена, или на дыхание (R). Поскольку усвояемость пищи не может быть полной, т.е. 100%-ной, то часть неусвоенной пищи в виде экскрементов удаляется из организма (F). Балансовое равенство будет выглядеть следующим образом;

$$C = P + R + F.$$

Учитывая, что энергия, затраченная на дыхание, не передается на следующий трофический уровень и уходит из экосистемы,

становится ясным, почему каждый последующий уровень всегда будет меньше предыдущего. Это объясняет почему большие хищные животные всегда немногочисленны. Поэтому также нет хищников, которые питались бы волками. В таком случае они просто не прокормились бы, поскольку волки немногочисленны.

Неравноценность показателей при сопоставлении различных экологических пирамид позволило Ю. Одуму сформулировать своеобразное «экологическое правило», согласно которому «данные по численности приводят к переоценке значения мелких организмов, а данные по биомассе – к переоценке роли крупных организмов». Поэтому при исследовании трофической структуры биоценоза наиболее подходящим показателем для сравнения любых компонентов биоценоза является поток энергии.

Вопросы для контроля

1. Дайте определение биоценоза.
2. Что такое пищевые цепи и трофические уровни?
3. Чем отличается биом от биоты?
4. Какова связь биоценоза и биогеоценоза?
5. Какова роль первичных продуктов?
6. Охарактеризуйте комплекс консументов.
7. Какова роль биоредукторов (деструкторов)?
8. Что такое экологическая ниша?
9. Что понимается под адаптацией?
10. Что вы знаете о видовой структуре биоценоза?

Глава 4. Экосистемы

4.1. Понятие и виды экосистем

Экологическая система, или экосистема можно определить как ограниченное во времени и пространстве единство, включающее не только все обитающие в нем организмы, но и физические характеристики климата и почв, а также все взаимодействия между различными организмами и между этими организмами, и физическими условиями.

Примером экосистемы может служить тропический лес в определенном месте и в конкретный момент времени, населенный тысячами видов растений, животных и микробов, связанных миллионами происходящих между ними взаимодействий.

Термин «экосистема» впервые был предложен английским экологом Артуром Тенсли в 1935г., но, представления о ней возникло значительно раньше.

Понятие экосистемы является ключевым для каждого, кто стремится узнать и понять, как устроен мир. Экосистемы являются своего рода «кирпичиками», из которых складывается одна большая общая живая система-биосфера. **Экосистема – это фундаментальное понятие, обозначающее общность живого и среды его обитания.**

Тенсли считал, что экосистемы представляют собой основные природные единицы на поверхности Земли. Это не только комплекс живых организмов, но и все сочетание физических факторов. Отчетливое единство растений и животных, объединенных отдельным участком окружающей среды, служит примером экосистемы. Это пруд с обитающими в нем растениями, рыбами, беспозвоночными животным, микроорганизмами, донными отложениями, с характерными для него изменениями температуры, количеством растворенного в воде кислорода, состава воды и т.п.; лес с лесной подстилкой, почвой, микроорганизмами, с населяющими его птицами, травоядными и хищными млекопитающими с характерным для него распределением температуры и влажности воздуха, света, почвенных вод и других факторов, с присущим ему обменом веществ и энергии; гниющий пень в лесу, с живущими на нем и в нем организмами и условиями обитания.

Под **экосистемой** в настоящее время понимают любую совокупность обитания, объединенную в единое функциональное целое. Экосистема представляет собой природный комплекс, образованный живыми организмами (биоценоз) и средой их обитания.

Экосистема- основная функциональная единица экологии представляющая собой единство биотических компонентов с абиотической средой, организованное потоками энергии и

биологическим круговоротом веществ. Это фундаментальная общность живого и среды его обитания. Экосистемный уровень организации живого является объектом экологических исследований (рис.4.1).

Таким образом, **экосистема представляет собой функциональное единство живых организмов (животные, растения, грибы, микроорганизмы) и среды их обитания (климат, почва, вода).**

Понятие «экосистема» можно применить к объектам различной степени сложности и разного размера. Это может быть частичка почвы и капля воды, кочка на болоте и само болото, лужа, озеро и океан, луг, лес, Земля в целом.

Таким образом, каждая конкретная экосистема может характеризоваться определенными границами (экосистема елового леса, экосистема низинного болота).

Однако само понятие «экосистема» является безразмерным, обладает признаком безразмерности, ей не свойственны территориальные ограничения.

Обычно экосистемы разграничиваются элементами абиотической среды, например рельефом, видовым разнообразием, физико-химическими и трофическими условиями и т.п.

Таким образом, экосистемы могут быть очень разными по размерам: небольшая лужа в несколько квадратных метров является экосистемой, но в то же время и лесной массив в несколько сотен гектаров также представляет собой экосистему. Следовательно, площадь не является основным признаком экосистемы.

Размер экосистемы не может быть выражен в физических единицах измерения (площадь, длина, объем и т.д.). Он выражается системной мерой, учитывающей процессы обмена веществ и энергии. Поэтому под экосистемой обычно понимается совокупность биотической (живые организмы) и абиотической среды, при взаимодействии которых происходит более или менее полный биотический круговорот, в котором участвуют продуценты, консументы и редуценты. Термин «экосистема» применяется и по отношению к искусственным образованиям, например экосистема парка, сельскохозяйственная экосистема.

Экосистемы по их размерности можно разделить на микроэкосистемы (экосистема гниющего пня или дерева в лесу, прибрежные заросли водных растений), мезоэкосистемы (болото, сосновый лес, ржаное поле) и макроэкосистемы (море, океан, пустыня).

Для естественной экосистемы характерны три признака:

- 1) экосистема обязательно представляет собой совокупность живых и неживых компонентов;
- 2) в рамках экосистемы осуществляется полный цикл круговорота веществ, начиная с создания органического вещества и заканчивая его разложением на неорганические составляющие;
- 3) экосистема сохраняет устойчивость в течение определенного времени.

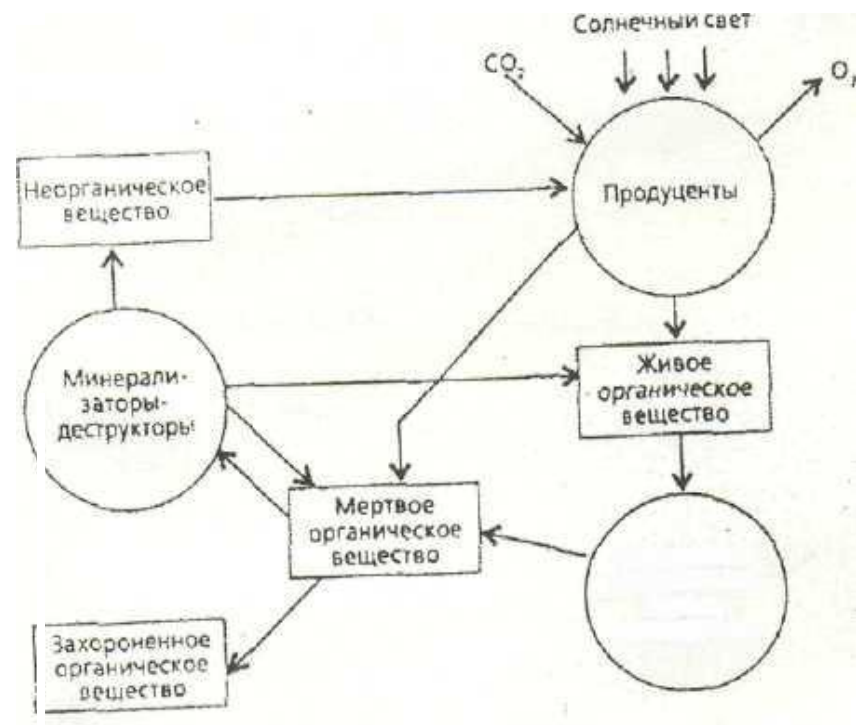


Рис.4.1 Функциональная структура экосистемы и потоки вещества в экосистеме.

Пространственная разграниченность экосистем в одних случаях может быть выражена относительно отчетливо, в других – границы между ними могут быть только условными. Для эколога изучающего структуру экосистем, удобно пользоваться естественными границами (например, край болота, опушка леса, берег реки или озера). Выделение экосистемы правомочно лишь в том случае если имеет место не только приток энергии из окружающей среды, но и приток определенного количества вещества.

В основе обеих формулировок лежит принцип единства живых и неживых компонентов биологических систем. Для экологов, предпочитающих термин «экосистема», более привлекательным является такой ее признак, как относительность границ. При таком подходе возможно выделение микро-, макро- и мезоэкосистем. В этом случае под определение биогеоценоза может подходить только последний экосистемный уровень, например конкретный тип леса.

Биогеоценоз и экосистема- понятия *сходные, но не одинаковые*. Биогеоценоз следует рассматривать как иерархически элементарную комплексную, т.е. состоящую из биотопа и биоценоза, экосистему. Важно понять, что каждый биогеоценоз является экосистемой, но не каждая экосистема соответствует биогеоценозу, хотя в основе обеих формулировок лежит принцип единства живых и неживых компонентов биологических систем.

Прежде всего, любой биогеоценоз выделяется только на суше. На море, в океане и вообще в водной среде биогеоценозы не выделяются, Биогеоценоз имеет конкретные границы. Они определяются границами растительного сообщества -фитоценоза. Образно говоря, биогеоценоз существует только в рамках фитоценоза. Там, где нет фитоценоза, нет и биогеоценоза. Понятия экосистема и биогеоценоз совершенно тождественны только для таких природных образований, как, например, лес, луг, болото, поле: лесной биогеоценоз- лесная экосистема; луговой биогеоценоз- луговая экосистема и т.п. Для природных образований, меньших

или больших по объему, нежели фитоценоз, либо там, где фитоценоз выделить нельзя, применяется только понятие «экосистема». Например, кочка на болоте - экосистема, но не биогеоценоз; текущий ручей- экосистема, но не биогеоценоз. Точно также только экосистемами являются море, тундра, влажный тропический лес и т.п. В тундре, в лесу можно выделить не один фитоценоз, а множество. Это совокупность фитоценозов, представляющих более крупное образование, нежели биогеоценоз.

Понятие биогеоценоза как определенного элемента биосферы является биохорологическим (от греч. *chora*- место, пространство), в этом отличие биогеоценоза от экосистемы, поскольку экосистема может быть пространственно как мельче, так и крупнее биогеоценоза. Таким образом, различие между двумя понятиями состоит главным образом в том, что экосистема- образование более общее, безранговое. Это может быть и участок суши или водоема, и прибрежная дюна, и капля прудовой воды, и вся биосфера в целом. Биогеоценоз же ограничен в основном границами фитоценоза. Это некий природный объект, занимающий определенное пространство и отделенный конкретными границами от таких же объектов. Это реальная зона, в которой осуществляется биогенный круговорот.

Помимо пяти основных крупных слагающих компонентов биогеоценоза, которые составляют его функциональную структуру, в его пределах можно вычленить более мелкие морфологические структурно-функциональные элементы. Одним из таких элементов является консорция (от лат. *consortium*- соучастие, сообщество). **Консорция** (у некоторых авторов) является основной ячейкой трансформации энергии в биогеоценозе. Обычно консорция включает отдельную особь или популяцию автотрофного растения и популяции видов, связанные с ней трофически (пищевыми взаимосвязями).

Консорция - это совокупность разнородных организмов, жизнедеятельность которых в пределах биогеоценоза связана на основе пищевых (трофических) и пространственных (топических) связей с центральным видом (консоргентом), автотрофным организмом (зеленое растение).

Таким образом, консорция объединяет автотрофные и гетеротрофные организмы, которые тесно связаны между собой на основе пространственных и пищевых взаимоотношений и зависят от центрального вида, или ядра.

В роли центрального вида обычно выступает эдификатор (чаще всего автотрофное растение)- основной вид, который определяет особенности биоценоза. Примером консорции может служить любое отдельное дерево с комплексом паразитов, грибами, эпифитами, насекомыми, гнездящимися птицами и т.д. Каждая консорция состоит из двух частей. Основная часть представлена центральным растением- консортом- детерминантом (ядро консорции); в своей жизнедеятельности с этим ядром связана группа организмов, входящих в состав консорции,- консортов. В зависимости от степени приближенности консортов к центральному ядру различают несколько концентров. Например, в консорции ели к 1-му концентру относят эпифитные лишайники, мхи, водоросли, грибы, бактерии; 2-й концентр составляют организмы, которые связаны с растениями 1-го концентра. К 3-му концентру относятся зоопаразиты животных предыдущего концентра.

Если задаться вопросом, сколько экосистем существует на земном шаре, то, вероятно, ответить на него будет нелегко. И все из-за безразмерности, безграновости экосистем. Если мы пришли к заключению, что отдельной экосистемой может быть и лужа, и кочка на болоте, и песчаная дюна с закрепившей растительностью, то, конечно, подсчитать все варианты кочек, и т.п. не представляется возможным. Поэтому экологи решили сконцентрировать внимание на крупных сочетаниях экосистем- биом. По определению Одум, биом представляет собой **«крупную региональную или субконтинентальную экосистему, характеризующуюся каким-либо основным типом растительности или другой характерной особенностью ландшафта, например биом лиственных лесов умеренного пояса».**

Биом - это природная зона или область с определенными климатическими условиями и соответствующим набором доминирующих видов растений и животных (живое население), составляющих географическое единство. Для разграничения

наземных биомов, кроме физико-географических условий среды, используют сочетания жизненных форм растений их составляющих. Например, в лесных биомов доминирующая роль принадлежит деревьям, в тундре- многолетним травам, в пустыне- однолетним травам, ксерофитам и суккулентам.

Решающим фактором при выделении биомов является особенность растительности того или иного региона. Из всей биосферной биомассы, т.е. суммы животных и растительных форм живого, 99% приходится на растительную биомассу. Тропический лес покрывает всего около 7 % поверхности суши, но при этом на его зеленую растительность приходится около 43 % всей растительной массы биосферы Земли. В то же время пустыни и тундра занимают около четверти суши, а их растительная биомасса составляет по 1%. Подсчитано, что леса разных типов на нашей планете содержат почти 1000 млрд. т биологической массы, в то время как для всех возделываемых сельскохозяйственных культур этот показатель составляет всего 0,7 млрд. т, хотя эти культуры занимают площадь значительно большую, чем тропические леса.

Продвигаясь с севера к экватору, можно выделить девять основных типов сухопутных биомов.

1. Тундра. Расположена между полярными льдами и таежными лесами к югу. Она начинается там, где кончаются леса, и простирается на север до вечных льдов Евразии и Северной Америки. Само слово «тундра» означает «к северу от границы лесов». Характерной особенностью этого биома является малое годовое количество осадков- всего 250 мм в год. Основные лимитирующие факторы- низкая температура и короткий сезон вегетации.

Растительность- мхи, лишайники и травы, покрывающие землю в короткий период вегетации. Встречаются низкорослые карликовые древесные растения. Тундра, видимо, единственное место на Земле, где грибы вырастают выше деревьев. Из-за скудности растительности и жестких климатических условий крупных животных здесь мало. Основной представитель тундры- северный олень (североамериканская форма его называется карибу),

встречаются заяц-беляк, лемминг и полевка. Хищников мало, в большинстве своем это песцы.

2. Тайга. Биом бореальных (северных) хвойных лесов протянулась широким поясом по северу Евразии и Северной Америки (Канада и Аляска). Здесь растут вечнозеленые хвойные древесные породы: лиственница, ель, пихта, сосна. Лиственные-обычна примесь ольхи, березы, осины. Крупных животных мало. В основном это лоси и олени, но обитает большое количество хищников: куницы, рыси, волки, росомахи, норки, соболи. Многочисленны грызуны. Резкие климатические контрасты между летом и зимой обуславливают колебание численности животных в годовом цикле. Цикл развития хищника зависит от цикла развития жертвы.

3. Листопадные леса умеренной зоны. В умеренном поясе, где достаточно влаги (800-1500 мм в год), а жаркое лето сменяется холодной зимой, развились леса определенного типа. К существованию в таких условиях приспособились деревья, сбрасывающие листву в неблагоприятное время года: дуб, бук, клен, граб, орешник. Вперемешку с ними встречаются здесь и сосна, и ель. Среди представителей животного мира можно отметить кабана, волка, оленя, лисицу, медведя, а также дятла, синицу, дрозда, зяблика и др. Данный биом характерен для Центральной Европы, частично для Восточной Азии и востока США. Леса этого биома занимают плодородные почвы, что послужило причиной их распахивания, современная лесная растительность здесь сформировалась под непосредственным влиянием человека.

4. Степи умеренной зоны. Типичным обликом степей является море травянистой растительности, раскинувшееся на большой площади. Степи занимают внутренние пространства евразийского, североамериканского континентов, юг Южной Америки и Австралии. Решающий фактор существования степей- климат. Осадков здесь недостаточно для существования деревьев, но и не настолько мало, чтобы образовались пустыни. В год выпадает от 250 до 750 мм осадков. Обширные степные просторы в Америке называются *прериями*. Почти все они распаханы и заняты посевами зерновых и культурными пастбищами. Почвы степей с высокими

травы (главным образом злаки с обширной корневой системой) богаты гумусом (органическим веществом), поскольку к концу лета травы погибают и быстро разлагаются. Раньше здесь паслись огромные естественные стада травоядных млекопитающих. В настоящее время можно встретить порой только одомашненных коров, лошадей, овец и коз.

5. Растительность средиземноморского типа. Этот биом носит специфическое название- *чапарраль*. Его распространение приурочено к областям с мягкими дождливыми зимами и нередко засушливым летом. Впервые этот биом был описан для условий Средиземноморья, затем сходную растительность описали для Мексики, Калифорнии, Южной Америки и Австралии. Преобладает жестколистная растительность с толстыми и глянцевыми листьями. В Австралии такую растительность составляют деревья и кустарники из рода эвкалипт. Из животных встречаются кролики, древесные крысы, бурундуки, некоторые виды оленей. В этом биоме важную роль играют пожары, которые, с одной стороны, благоприятствуют росту трав и кустарников (в почву возвращаются элементы питания), а с другой- создают естественный барьер от вторжения пустынной растительности.

6. Пустыни. Значительная часть суши на земном шаре занята пустынями, полупустынями и засушливыми зонами. Биом пустынь характерен для засушливых и полусушливых зон Земли, где выпадает менее 250 мм осадков. Пустыни занимают около 1/5 поверхности суши. Среди них выделяют:

- пустыни, где годами, иногда, не бывает атмосферных осадков (центральная жаркая Сахара, пустыни Такла-Макан в Центральной Азии, Атакама в Южной Америке, Ла-Жойа в Перу и Асуан в Ливии). В среднем такие пустыни получают около 10 мм осадков в год;
- пустыни, где выпадает менее 100 мм осадков в год (растительность здесь сосредоточивается вдоль временных русел рек, наполняющихся только после дождя);
- пустыни, где выпадает от 100 до 200 мм осадков в год (возделывать культуры здесь невозможно, но многолетняя

растительность встречается повсюду).

В жестких условиях пустынь распространены виды растений и животных, приспособившихся к засухе. Пустынные растения относятся большей частью к группе суккулентов.

Это различные кактусы и молочаи. Много однолетников. В холодных пустынях Гоби обширные площади заняты растениями, относящимися к группе солянок, - виды из семейства маревых.

Животные по-разному приспособляются к жизни в пустыне. Они большей частью довольно малы, что помогает им во время жары спрятаться под камнями или в норах. Пустынные животные выживают, поедая запасующие воду растения. Из крупных животных верблюда, который может долгое время обходиться без воды, при условии периодического ее «запасания». Тушканчик и кенгуровая крыса, могут существовать без воды неопределенно долгое время, питаясь лишь сухими семенами. Им хватает влаги, получаемой за счет окисления жиров, белков и углеводов из зерен высохших трав, которыми они питаются.

Для мелких животных пустынь главным источником воды в основном является влага, содержащаяся в поедаемых ими кормах. Некоторые из этих животных вообще не умеют пить воду. Многие из них рождаются и умирают, даже и не увидев воды в обычной ее форме в течение жизни.

7. Тропические саванны и лугопастбищные земли. Там, где теплый климат имеет два сезона (сухой и влажный), вырастают травы и совсем мало деревьев. В Африке такие сообщества занимают 40% территории и называются *саваннами*. Данный биом распространен на довольно бедных почвах, что послужило причиной относительной его сохранности.

Биом располагается по обеим сторонам от экваториальной зоны между тропиков. Наиболее характерные саванны расположены в Центральной и Восточной Африке, хотя они встречаются также и в Южной Америке, и в Австралии.

Растет здесь- высокая трава с редко стоящими деревьями из родов акация, баобаб, древовидные молочаи. Растения вынуждены здесь приспособляться к сухим сезонам и пожарам.

Особенности развития трав (опыление ветром, вегетативное размножение, способность образовывать дернину и возобновлять рост несмотря на повреждения) помогают обеспечить огромное число травоядных животных источниками питания.

Отмершими растениями питаются в основном термиты. Они возводят гигантские сооружения, достигающие в поперечнике 3-4 м и высоты до 7 м. Число термитников достигает 2000 на гектар, составляя характерную деталь саванных ландшафтов.

Видовое разнообразие животных в саваннах значительно меньше, чем в тропических лесах, но отдельные виды выделяются высокой плотностью особей, образуя стада, табуны, стаи, прайды. В саваннах Африки пасется такое количество копытных, которое не встречается ни в одном другом биоме. Растениями питаются многие звери и птицы: бородавочники, зебры, жирафы, слоны, цесарки, страусы.

Тропическое или колючее редколесье. Это в основном светлые редкослойные лиственные леса и колючие, причудливо изогнутые кустарники. Данный биом характерен для южной, юго-западной Африки и юго-западной Азии. Монотонно-однообразная растительность иногда украшается величественными баобабами. Лимитирующий фактор здесь- неравномерное распределение осадков, хотя в целом их выпадает достаточное количество.

8. Тропические леса. Биом занимает тропические области Земли в бассейнах Амазонки и Ориноко в Южной Америке; бассейны Конго, Нигера и Замбези в Центральной и Западной Африке, Мадагаскар, Индо-Малайскую область и Борнео-Новую Гвинею. Тропики обычно называют *джунглями*. Самые старейшие джунгли на Земле находятся в Малайзии (Национальный природный парк **Таман-Негара**). Они старше, чем джунгли в Конго или на Амазонке. Им порядка 130 млн. лет.

Тропические леса занимают всего около 7% суши. Они переполнены жизнью от кроны самых высоких деревьев до лесной подстилки. Разнообразие растений (свыше 4/5 всех видов) и животных (почти половина всех наземных видов) порождено, возможно, идеальными жизненными условиями (все время тепло и

влажно). Ни в одном месте суши нет такого разнообразия древних форм. Считается, что земноводные как класс появились именно в зоне влажных тропических лесов, где и встречается наибольшее число видов. Здесь же сохранились представители древних групп млекопитающих: наиболее примитивные сумчатые- опоссумы в Америке, посумы- в Австралии; в Африке и на Мадагаскаре обитают наиболее примитивные группы отряда насекомоядных-тенреки. Из полуобезьян на острове живут лемуры, в тропических лесах южной Азии и Африки- лори. Остатками очень древней ветви млекопитающих являются также обитающие в тропических лесах и весьма узкоспециализированные ящеры, броненосцы и муравьеды.

По разнообразию жизни на нашей планете ничто не может сравниться с тропическими дождевыми лесами. 1 га экваториального леса может вместить 42 тыс. видов насекомых, 750 видов деревьев и 1500 разновидностей других жизненных форм. Число видов рыб в Амазонке больше, чем во всем Атлантическом океане. Для тропических лесов характерны обильные, постоянно выпадающие осадки и тепло без выраженных сезонных колебаний.

Средняя температура в течение года составляет здесь 26°C, средняя величина годовых осадков - 230-240см. Иногда годовые осадки достигают 762см, (в департаменте Чоко, Колумбия). Относительная влажность в лесу составляет в среднем 76 %.

Растительность тропического леса предстает собой сплошную стену растений, поднимающихся на высоту до 75м. Верхний ярус представлен гигантскими деревьями. Их кроны бросают тень на площадь до четверти гектара. Множество эпифитов и лиан переплетают стволы деревьев. Лазящие растения достигают в длину 300 м и связывают древесные кроны друг с другом. Фауна тропических лесов еще богаче. Здесь обитает по меньшей мере 2,5 млн. (по некоторым оценкам 5 млн.) видов различных представителей мира животных, подавляющее большинство которых приходится на насекомых.

Главной особенностью тропических лесов является то, что произрастают они на крайне бедных почвах. Верхний слой почвы не превышает 5см на склонах. Под ним обычно лежит красная

латеритная глина, лишенная питательных веществ. В некоторых районах Амазонки и острова Калимантан джунгли удивительным образом растут прямо на песке. Почти все минеральные и органические вещества в биоме тропических лесов сосредоточены в самой растительности и циркулируют в высокоэффективной замкнутой системе, Вырубка лесов ведет к ее нарушению. Согласно оценкам, ежегодно с лица Земли исчезает 120 000 км² тропического леса.

Биологическая продуктивность экосистем

- это изначальная движущая сила всех экосистем - природных и антропогенных. Энергетические ресурсы экосистем могут быть неисчерпаемы (солнце, ветер, приливы и исчерпаемы топливно-энергетические). Используя топливо, человек может добавлять энергию в систему или далее полностью ее субсидировать энергией. Опираясь на эти энергетические особенности существующих систем, Ю.Одум (1986), приняв энергию за основу, выделил "четыре фундаментальных типа экосистем":

1. "Природные" движимые Солнцем, несубсидируемые.
2. "Природные" движением Солнцем, субсидируемые другими естественными источниками.
3. "Движимые" Солнцем и субсидируемые человеком.
4. Индустриально - городские, движимые топливом (ископаемым, другим органическим или ядерным).

Третий и четвертый экосистем следует отнести к **антропогенным**.

К первому типу экосистем относятся океаны, высокогорные леса, являющиеся основой жизнеобеспечения на планете Земля. Они не способны поддерживать высокую плотность их фауны и флоры, но занимают громадные площади - одни океаны - 70% территории Земли, ими движет энергия самого Солнца и они являются основой, стабилизирующей и поддерживающей жизнеобеспечивающие условия на планете.

Ко второму типу экосистемы относят эстуарии в приливных морях, речные экосистемы, дождевые леса, т.е. те,

которые субсидируются энергией приливных волн, течений и ветра. Они обладают высокоестественной плодородностью, поскольку организмы проживающие здесь, приспособились использовать "дополнительную" энергию приливов и течений, энергию ветра и дождя и т.п. Эти системы "производят" столько первичной биомассы, что ее хватает не только на собственное содержание, но часть этой продукции может выноситься в другие системы или накапливаться.

Таким образом, природные экосистемы "работают" без забот и затрат со стороны человека. Здесь создается заметная доля пищевых продуктов и других материалов для самого человека. Но главное, здесь очищаются большие объемы воздуха, возвращается в оборот пресная вода, формируется климат и т.д.

Совсем иначе работают антропогенные экосистемы к ним относят **третий тип** - это агроэкосистемы, аквакультуры, производящие продукты питания и волнистые материалы. Эти системы походят на природные, так как саморазвитие культурных растений в период вегетации - это процесс природный и вызван к жизни солнечной энергией. Но подготовка почвы, сев, уборка урожая и т.д. - это уже энергетические затраты человека. Более того, человек практически целиком меняет природную экосистему, что выражается в ее упрощении, т.е. снижении видового разнообразия, вплоть до сильно упрощенной многокультурной системы.

Современное хозяйство позволяет удерживать экосистемы на ранних стадиях сукцессии, добываясь максимальной первичной продуктивности одного или нескольких растений (например: кукурузы, пшеницы, гороха и т.п.). В сельском хозяйстве удается добиваться высоких урожаев, но ценой больших затрат на борьбу с сорняками на минеральные удобрения, на обработку почв и т.п. Сорняки - это пионерные виды растений естественного сукцессионного цикла, как и вредители полей - насекомые и возбудители болезней (микроорганизмы). Вместе они могут уничтожить весь урожай.

Животноводство - это также путь к упрощению экосистемы. Охраняя полезных ему сельскохозяйственных животных (коров,

свиней, овец и др.), человек уничтожает диких животных: хищников и травоядных - конкурентов в пище рыболовство упрощает экосистемы водоемов.

По мере роста народонаселения, люди будут вынуждены преобразовывать все новые зрелые (климаксные) экосистемы в простые молодые, продуктивные (например, путем уничтожения тропических лесов, осушения болот и т.п.). На поддержание этих систем возрастет использование топливно-энергетических ресурсов. Кроме того, произойдет утрата видового (генетического) разнообразия и природных ландшафтов.

Молодые, продуктивные экосистемы очень уязвимы из-за монотипного видового состава, так как в результате какой-то экологической катастрофы, например: засухи, ее уже не восстановить из-за разрушения генотипа. Поэтому наша задача - сохранить баланс между упрощенными антропогенными и соседствующими с ними более сложными, с богатшим генофондом, природными экосистемами от которых они зависят.

В экосистемах **четвертого типа**, с которым относятся индустриально-городские системы, энергия топлива полностью заменяет солнечную и расходу ее на два-три порядка выше, чем в природных экосистемах. Годовая потребность человека в пище - около 1 млн.ккал., но реальна затраты энергии.

Лучистая энергия солнца, усваиваемая зелеными автотрофными растениями, превращается в энергию химических связей синтезируемого вещества. Скорость фиксации солнечной энергии определяет **продуктивность** сообществ. Продуктивность автотрофных организмов представляет собой первичную продуктивность. Продуктивность представителей другой трофических уровней составляет вторичную продуктивность.

Основной показатель продуктивности - биомасса организмов (растительных и животных), составляющих экосистему. **Биомасса - выраженное в единицах массы или энергии количество живого вещества организмов, приходящееся на единицу площади или объема** (например, г/м², г/м³, кг/га, т/км² и др.). Используют массу либо сырого, либо, чаще всего, сухого вещества. Различают растительную биомассу -

фитомассу, животную - зоомассу, бактериомассу, либо биомассу каких-либо конкретных групп или организмов отдельных видов.

Величина биомассы меняется в зависимости от сезона года, миграций животных, от степени ее потребления консументами разных порядков.

Продукция. Биомасса, производимая биоценозом на единице площади за единицу времени, называется *биологической продукцией*. Она выражается в тех же величинах, что и биомасса, но с указанием времени, за которое она создана (например, кг/га за месяц).

Различают два вида продукции- первичную и вторичную.

Биомасса, произведенная автотрофными организмами (зелеными растениями) на единице площади за единицу времени называется *первичной продукцией*. Ее величина определяет продуктивность всех звеньев гетеротрофных организмов экосистемы.

Суммарная продукция фотосинтеза называется *первичной валовой продукцией*. Это вся химическая энергия в форме произведенного органического вещества. При этом часть энергии может идти на поддержание жизнедеятельности (дыхание) самих производителей продукции- растений. Если мы изыдем ту часть энергии, которая тратится растениями на дыхание, то получим *чистую первичную продукцию*. Ее можно легко учесть: достаточно собрать, высушить и взвесить растительную массу, например при уборке урожая.

В природных биоценозах дыхание уменьшает продуктивность более, чем наполовину. По мере старения растения доля потребляемой на дыхание энергии растет.

Зеленые растения могут перерабатывать от 1 до 5% получаемой энергии Солнца. Животные, питающиеся растениями, для образования биомассы своего тела используют всего 1% энергии, содержащейся в растительном материале. Из всех животных наиболее эффективно использует (преобразует) энергию домашняя свинья. В мясо и жир превращается до 20% потребленной ею энергии.

Несмотря на то что растения активно поглощают солнечный свет, КПД этих маленьких зеленых фабрик невелик. Например, вся

продукция хлебного поля в пересчете на сухое вещество будет равняться 8-10 т/га. В широколиственном лесу выход продукции еще меньше - 4-5 т/га.

Экологи давно пытались оценить первичную продукцию земного шара. Человека всегда волновала проблема увеличения производительности растительной биомассы. С одной стороны, нужно было знать достоверные цифры продуктивности зеленого покрова планеты, а с другой- попытаться прогнозировать увеличение выхода продукции в результате применения усовершенствованных технологий выращивания и улучшения посадочного материала. Численность человечества растет, а плодородной земли больше не становится. Поэтому увеличение КПД зеленых растений является наиболее насущной проблемой при решении первейших задач жизнеобеспечения человека.

В табл.4.1 приведен один из вариантов расчета первичной продукции земного шара на основании классических исследований П. Дювиньо. (Маврицев,2003).

Таблица 41

Первичная продукция разных экосистем земного шара(Маврицев 2003)

Экосистема	Площадь занятой поверхности земного шара, МЛН км ²	Выход фотосинтеза, %	Продукция, т/(га. г)	Общая продукция сухого органического вещества, млрд. т/г
Леса	40,7	0,38	5	20,4
Степи	25,7	0,1	1,5	3,8
Пашни	14,0	0,25	4	5,6
Пустыни	54,9	0,01	0,2	1,1
Антарктида	12,7	0	0	0
Океан	363	0,05	0,8	30
Всего	511			60,9

Таким образом, видно, что экосистема океана дает половину всей продуктивности планеты, леса - третью часть, а пашни - около одной десятой. Необходимо отметить, что в приведенных данных в мировой литературе могут быть разночтения, поскольку авторы пользуются разными методами определения продуктивности. Например, американские экологи оценивают первичную продукцию земного шара цифрой 100 млрд. т сухого органического вещества в год.

Вторичная продукция - это биомасса, созданная всеми консументами биоценоза за единицу времени. При ее подсчете производят вычисления отдельно для каждого трофического уровня, потому что при движении энергии от одного трофического уровня к другому она прирастает за счет поступления с предыдущего уровня. При изучении общей продуктивности. Экосистемы ее нельзя оценить простой арифметической суммой первичной и вторичной продукции. Дело в том, что прирост вторичной продукции всегда происходит не параллельно росту первичной, а за счет уничтожения какой-то ее части. Получается как бы изъятие, вычитание вторичной продукции из общего количества первичной. Поэтому оценку продуктивности экосистем всегда производят по первичной продукции. Если оценить соотношение первичной и вторичной продукции, то первая окажется во много раз больше второй. В целом вторичная продукция колеблется от 1 до 10% в зависимости от свойств животного и особенностей поедаемого корма.

Агроэкосистемы их особенности (сельскохозяйственная экосистема, агроценоз, **агробиоценоз**)- биотическое сообщество, созданное и регулярно поддерживаемое человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции. Обычно включает совокупность организмов, обитающих на землях сельхозпользования. Характерная особенность агроэкосистем - малая экологическая надежность, но высокая урожайность одного или нескольких видов растений (или сортов культивируемых растений). К агроэкосистемам относят поля, сады, огороды, виноградники, крупные животноводческие комплексы с прилегающими пастбищами и т.д.

Агроэкосистемы, как и природные экосистемы, характеризуются набором составляющих их видов (т.е. обладают определенным составом организмов) и определенными взаимоотношениями между организмами и средой обитания. В агроценозе складываются те же цепи питания, что и в естественных экосистемах. Например, трофическую структуру ржаного поля определяет набор продуцентов (рожь, сорняки), консументов (насекомые, птицы, полевки, лисы) и редуцентов (грибы, микроорганизмы). Однако в отличие от естественной экосистемы обязательным звеном пищевой цепи здесь является человек, который формирует агроценозы, исходя из их практической значимости, и обеспечивает их высокую продуктивность.

Агроэкосистемы представляют собой искусственные системы и отличаются от естественных экосистем рядом особенностей.

Первым отличием является то, что разнообразие живых организмов в них резко снижено для получения максимально высокой продукции. На ржаном или пшеничном поле кроме злаковой монокультуры можно встретить разве что несколько видов мало-обильных сорняков. На естественном лугу биологическое разнообразие значительно выше, но биологическая продуктивность уступает засеянному полю во много раз

Второе отличие - пути отбора организмов в агроценозе. Виды сельскохозяйственных растений и животных получены в результате действия искусственного, а не естественного отбора, что в значительной мере влияет на сужение их генетической базы.

Третье отличие агроэкосистемы от природной экосистемы состоит в получении дополнительной энергии для нормального функционирования. Под дополнительной понимается любой тип энергии, привносимый в агроэкосистему. Это может быть мускульная сила человека или животных, различные виды горючего для работы сельскохозяйственных машин, удобрения, пестициды, ядохимикаты, дополнительное освещение и т.д. Под дополнительной энергией можно также понимать новые породы домашних животных и сорта, культурных растений, внедряемые в структуру агроэкосистемы.

Четвертое отличие - для агроценозов, по сравнению с естественными биоценозами, характерна большая открытость. В естественных экосистемах первичная продукция растений потребляется в многочисленных цепях питания и вновь возвращается в систему биологического круговорота в виде углекислого газа, воды и элементов минерального питания. Агроценозы же более открыты, и из них изымается вещество и энергия с урожаем, животноводческой продукцией, а также в результате разрушения почв. Смена растительного покрова в агроценозах происходит не естественным путем, а по воле человека, что не всегда хорошо отражается на качестве входящих в агроэкосистему абиотических факторов. Особенно это касается почвенного плодородия.

Почва является важнейшей системой жизнеобеспечения и существования сельскохозяйственного производства. Однако продуктивность сельскохозяйственных экосистем зависит не только от плодородия почвы и поддержания ее качества. В не меньшей мере на нее влияет сохранность среды обитания полезных насекомых (опылителей) и других представителей животного мира. К тому же в этой среде обитают многие естественные враги сельскохозяйственных вредителей.

4.2. Устойчивость и изменчивость экосистем.

Экосистемы непрерывно подвержены изменениям. Непрерывный поток энергии и питательных веществ, постоянно влияет на их состояние. Одни виды, постепенно отмирая, уступают место другим. Порой такие изменения трудно заметить - настолько растянуты во времени динамические процессы. Внутри экосистем постоянно протекают процессы деструкции и восстановления. Старые деревья отмирают, падают и перегнивают, а рядом покоящиеся до поры до времени в почве семена прорастают, и начинается новый цикл развития жизни.

Такие постепенные процессы изменения экосистем могут носить иной характер в случае катастрофических воздействий на

них. Если биоценоз разрушается, например, под воздействием урагана, пожара или при рубке леса, то его восстановление происходит медленно.

Развитие (изменение) экосистемы под воздействием сил извне и внутренних противоречий ее развития в экологии носит название *динамики экосистемы*. Экологические исследования динамики проводятся в основном на растительных сообществах, или фитоценозах, и обычно их считают приоритетом ботаников. Это не случайно, так как растения создают наибольшую биомассу на нашей планете и определяют физиономичность биоценозов. Кроме того, из-за оседлости растений их нетрудно исследовать: можно перечислить, подсчитать растения и определить довольно точно обилие видов и их изменения. При этом рассматриваются разные типы изменений растительности, которые относятся к динамическим системам.

Основные принципиальные типы изменения биоценозов можно свести к следующим.

1. **Флуктуации** (от лат. *fluctuatio*- колебания)- сравнительно краткосрочные изменения, когда сообщества без смены флористического состава отклоняются от некоего среднего состояния вследствие сезонных и погодных изменений климата, а также изменения динамики животного компонента экосистемы либо способов их использования. Флуктуации - это изменения, происходящие в фитоценозах по годам или более длительным периодам, связанные с неодинаковыми метеорологическими и гидрологическими условиями отдельных лет, особенностями жизненного цикла некоторых видов растений, а также с различиями в воздействиях животных.

Флуктуации обычно зависят от сезонов года (сезонные флуктуации) либо бывают вызваны непостоянными внешними факторами, меняющимися каждый год (разногодичные флуктуации). Обычно флуктуации вызываются колебаниями климата, различиями во влажности почвы, либо ритмичностью развития растительных или животных компонентов экосистемы. Причиной флуктуации бывает и человек, неравномерно количественно и во времени использующий растительность.

Примером флуктуации является развитие растительности в лесах (в основном лиственных) в разное время года. Войдя в березняк, осинник или дубраву ранней весной, когда еще не распустились листья на деревьях,- можно увидеть пятна красиво цветущих растений, которые в обиходе называют подснежниками. Подснежниками по традиции называют все ранневесенние растения наших лесов, но это подснежники не настоящие. Настоящий подснежник (*Galanthus nivalis*) - растение семейства амариллисовых (родственник комнатному амариллису) растет в широколиственных лесах Карпат и на Кавказе. Наши же «подснежники» - это группа растений, которую составляют такие виды из семейства лютиковых, как ветреница дубравная (*Anemonoides nemorosa*), чистяк весенний (*Ficaria verna*), перелеска благородная (*Upratula nobilis*), прострел раскрытый, или сон-трава (*Pulsatilla patens*), хохлатка плотная, или галлера (*Corydalis solida*) и некоторые другие. Эти растения разноцветными пятнами покрывают почву в весеннем лесу: белыми из ветрениц, голубыми из перелесок и сон-травы, желтыми из чистяка, лиловыми из хохлаток. Их развитие является приспособлением к более полному использованию условий местообитания. Снег уже сошел, света и тепла достаточно, а вегетация основных растений еще не начиналась. Такие растения, развивающиеся только весной на короткий период, называются *эфмероидами*. Если бы не было эфмероидов, благоприятное время использовалось бы биоценозами не полностью. Но принцип «в природе не бывает пустот» срабатывает и тут.

К тому времени, когда на деревьях распускаются листья и в лесу становится сумрачно, эфмероиды уже полностью заканчивают цикл развития. Они исчезают из состава травостоя и сохраняются в почве до следующей весны в виде луковиц, корневищ, клубней и т.п. И если вы войдете в тот же лес в конце мая, начале июня, то не узнаете этого места. Здесь поднялись другие травы, и уже ничто не говорит о недавнем буйном цветении «подснежников».

Это сезонная флуктуация. Если же понаблюдать за одним и тем же участком, скажем, мшистого соснового леса в сухой и влажный годы, то также обнаружится заметное различие в травостое. В год

сухой, когда влаги недостаточно, многие травянистые растения не могут развиваться в полную силу. Под ногами трещат и рассыпаются в пыль лишайники, хорошо развиты мхи, а вот трав немного, они невысоки и многие сохнут на корню. Во влажный год в этом же лесу на первый план выходят именно травянистые растения. Они могут достигать высоты 1 м. (некоторые злаки, золотарник обыкновенный (*Solidago virgaurea*) и др.). Лишайниковый покров в дождливые года обычно плохо выражен. Перед нами как бы другой лес, а между тем это лишь временное изменение его структуры. Вместе с изменением погодных условий изменяется и растительность. Это *разногодичная флуктуация*.

Зоогенные флуктуации (влияние животных) можно наблюдать в случае непосредственного воздействия популяции животных. Например, часто в лесах, особенно в дубравах, можно видеть порой кабанов на большой площади. Естественно, что нижние ярусы растительности здесь будут повреждены. Это циклическая флуктуация с циклом в несколько (до 10) лет. По прошествии времени растительный биоценоз возвратится к состоянию, близкому к исходному.

2. Сукцессии (от лат. «*successio*»- преемственность, наследование) - постепенные необратимые (реже обратимые) направленные изменения результате внешних и внутренних причин на одной и той же территории под влиянием природных факторов или воздействия человека. Сукцессию можно определить также как несезонную, направленную и непрерывную последовательность появления и исчезновения популяций разных видов в определенном местообитании (рис.4.2)

[Термин «сукцессия» впервые употребил французский ботаник Де Люк в 1806г. для обозначения смен растительности. Он является одним из ключевых терминов современной экологии. Классическая теория сукцессии была разработана американским ботаником Клементсом. Этот тип динамики всегда находился в центре внимания экологов, и проблеме сукцессии посвящены много опубликованных работ](#)

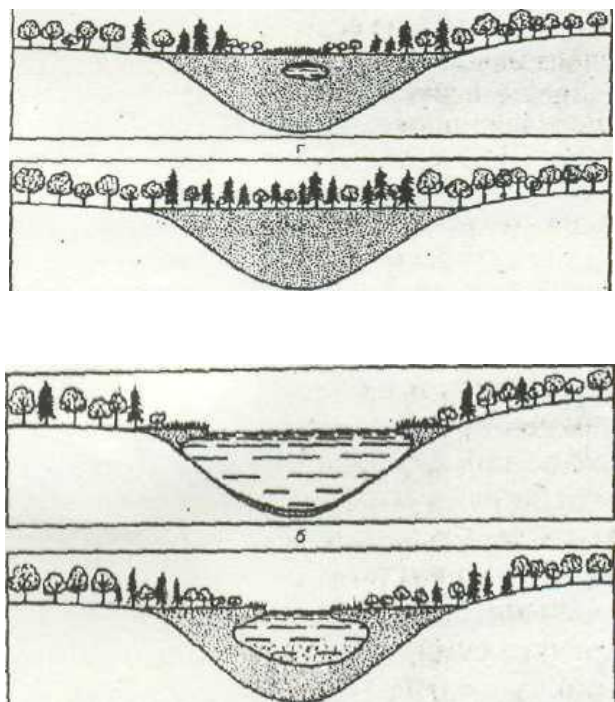


Рис.4.2 Сукцессия при зарастании озера. растительность сплавил продвигается в направлении от берегов к центру водной поверхности (а), озеро стареет (б и в); спустя несколько тысяч лет после заполнения озера разложившимся органическим веществом (торфом) оно зарастает лесом (г)(Маврищев,2003).

Любое новое местообитание - обнажившийся песчаный берег реки, застывшая лава потухшего вулкана, лужа после дождя - сразу оказывается ареной заселения новыми видами. Характер развивающейся растительности зависит от свойств субстрата. Это же можно сказать и о животных, заселяющих новые территории. Постепенно поселившиеся организмы изменяют среду обитания,

например, затеняют поверхность или изменяют ее влажность. Следствием такого изменения среды служит развитие новых, устойчивых ко вновь созданным условиям видов и вытеснение предыдущих. С течением времени формируется новый биоценоз с заметно отличающимся от первоначального видовым составом. Например, смешанный елово-березовый лес помпепенно сменяется лесом еловым. Ель перегоняет в росте соперницу-березу, создает значительную тень, и светолюбивая белоствольная красавица, не выдержав конкуренции, постепенно выпадает из древостоя. Таким образом, происходит сукцессия, при которой вначале березовый, затем смешанный елово-березовый лес сменяется чистым ельником. Естественный процесс смены березняка ельником длится более 100 лет. Именно поэтому процесс сукцессии иногда называют *вековой сменой*. Цепь последовательных стадий в развитии живых компонентов биоценоза называется *акцессионным рядом*. В нашем примере это березняк елово-березовый лес ельник.

В качестве примеров сукцессии можно привести процесс изменения растительности на песчаных дюнах. Вначале здесь поселяются многолетние растения, способные переносить засушливые условия. Они укрепляют поверхность дюны и вносят в песок органические вещества. Вслед за многолетниками появляются однолетники. Их рост и развитие способствуют обогащению субстрата органическим материалом, так что постепенно создаются условия, подходящие для произрастания таких растений, как ива, толокнянка, чабрец. Эти травы предшествуют появлению проростков сосны, которые закрепляются здесь и спустя много поколений образуют сосновые леса на песчаных дюнах.

Еще одна классическая сукцессия- образование торфяного болота при зарастании озера. Изменение растительности на болотах начинается с того, что края водоема зарастают водными растениями. Вблизи берегов сплошным ковром разрастаются влаголюбивые виды растений (камыш, тростник, осока). Создается более или менее плотный слой растительности на поверхности воды. Отмершие остатки растений постепенно накапливаются на дне водоема. Из-за малого количества кислорода в застойных водах эти остатки медленно разлагаются и превращаются в торф.

Начинается формирование болотного биоценоза: появляются сфагновый мох, на котором начинает расти клюква, багульник, голубика, кое-где сосенки, образующие редкую поросль деревьев. Так с течением времени постепенно образуется биоценоз верхового болота.

Все сукцессии можно разделить на две большие группы. Первая группа - это прежде всего **аллогенные сукцессии** (от греч. *allos*- иной, другой и *genesis*- возникновение), причины которых определяются внешними влияниями (природными или антропогенными), изменяющими условия среды. Таким образом, при аллогенном сукцессии источник изменения биоценоза находится в окружающей его среде. Движущие силы сукцессии имеют направленный характер:

среда → растительность.

Вторая группа - это сукцессии, происходящие в результате изменения условий среды самими сообществами в отсутствие постепенного изменения абиотических факторов, называются **автогенными** (от греч. *autos*- сам и *genesis*- происхождение). В данном случае источником смены служит сама растительность, которая посредством изменения среды своего существования меняет структуру. Происходит как бы «самоотрицание» растительности. Схематично этот процесс представляют следующим образом:

растительность → среда → растительность

Автогенные сукцессии могут быть **первичными**: развитие сообществ идет во вновь образовавшихся местообитаниях, на новых субстратах, где растительность ранее отсутствовала, на песчаных дюнах, застывших потоках лавы, на породах, обнажившихся в результате эрозии или отступление льдов.

Если на какой-либо местности ранее существовала растительность, но по каким-либо причинам она была уничтожена, то ее естественное восстановление называется **вторичной сукцессией**. Например, локальное уничтожение леса болезнями, ураганом, извержением вулкана, землетрясением - так называемая **катастрофическая** сукцессия, либо пожаром - **пирогенная** сукцессия. Большинство сукцессии, наблюдаемых в настоящее

время, являются сукцессиями **антропогенными** (от греч. *anthropos*- человек). Это выпас скота, рубка лесов, возникновение очагов возгорания, распашка земель, затопление почв, опустынивание и т.п.

Каждая стадия сукцессии характеризуется изменениями не только в структуре растительности, но и в животном компоненте биоценоза. По мере роста древостоя животное население в значительной степени меняет свой состав. Появляющиеся хищники и паразиты контролируют видовую структуру биоценоза. Поэтому последовательная и непрерывная смена видов во времени является характерной чертой большинства сукцессионных процессов.

Сукцессии характерны как для сухопутных, так и для водных местообитаний. Их можно наблюдать и в мелководных экосистемах (озеро, пруд), и в крупных реках, и даже в океане. Обычно процессы сукцессии в водных местообитаниях указывают изменения в составе прибрежной растительности и обилии водных животных, главным образом рыбы. Часто при строительстве водохранилищ приходится затапливать водой большие площади суши с более или менее плодородными почвами. Обилие биогенных элементов на этой стадии приводит к вспышке численности рыбы, количество которой затем снижается по мере расходования запасов пищи. В дальнейшем происходит стабилизация обилия рыбного населения, поддерживаемая определенным уровнем содержания питательных веществ.

По мере развития биоценоза, происходящего в результате смены различных сукцессионных стадий, изменения его структуры и видового состава протекают до определенного предела, после которого сообщество приходит в относительное стабильное состояние, главным образом за счет стабилизации структуры растительности. Такое относительно устойчивое и равновесное по отношению к внешней среде растительное сообщество носит название **климаксового**. Климакс (от греч. *klimax* - лестница) представляет собой заключительную стадию развития биоценоза, на которой он находится в равновесном состоянии с окружающей средой довольно продолжительное время.

В таких климаксовых сообществах долгое время сохраняются относительно постоянные потоки вещества и энергии. Видовой состав этих сообществ обычно богат и однороден по структуре. В течении сукцессии биомасса и продукция живых организмов возрастает, а круговорот веществ становится все более замкнутым.

Стабильность экосистемы, возможна только при сбалансированном поступлении и отчуждении органического вещества. В этом случае общая живая масса экосистемы остается в устойчивом состоянии. Под экологической стабильностью экосистемы понимается способность ее противостоять внутренним и внешним абиотическим и биотическим факторам среды.

3. **Эволюция** (от лат. «*evolutio*»- развертывание)- изменения, аналогичные сукцессии, большей частью необратимые, с формированием новых типов сообществ за счет видообразования или занесения новых для данных условий видов. В ходе эволюции число видов может возрастать. К эволюции относится и изменение сообществ при исчезновении видов. Обычно новых видов в биоценозах появляется больше, чем исчезает, поэтому в целом их разнообразие увеличивается. Процесс эволюции осуществляется в геологическом масштабе десятков и сотен тысяч лет. Он налагается на природные сукцессии и является их следствием. Эволюция сообществ - это главным образом результат эволюции видов, входящих в их состав.

4.3. Экосистемы Узбекистана и сопредельных районов Средней Азии

Благодаря эколого-географическому характеру исследований Э.М.Мирзаева, Д.Н.Кошкарлова, Е.П.Коровина, Р.И.Аболина, К.З.Закирова, И.А.Райкова, Л.Н.Бабушкина, Н.А.Когал и др., а также работам выполненным за последние годы П.Баратовым, П.Гулямовым, Ш.С.Закировым, А.Рафиковым, И.А.Хасановым, И.Назаровым, А.Н.Нигматовым, И.Н.Сабитовой, А.Абдулкасымовым и др. успешно разрабатывались не только биологические и географические аспекты отдельных экосистем и давалась им

хозяйственная оценка, но и отражались вопросы комплексной физической географии.

В соответствии с характером орографии и микрорельефа, особенностями климата, почв, распределения поверхностных и грунтовых вод в пределах Узбекистана и сопредельных районах Средней Азии, целесообразно рассмотреть экосистемы в пределах физико-географических таксономических единиц Л.Н.Бабушкиным, Н.А.Когая (1975).

Для провинции, охватывающей значительную часть равнин и гор Узбекистана и сопредельных районов Средней Азии, характерна единая структура вертикальной поясности **растительного покрова**. Эта структура состоит из следующих элементов:

I. Пустынная зона(экосистемы пустынной зоны) является нижней исходной ступенью (нижним поясом) в структуре высотной поясности подгорно-горной части провинции.

II. Предгорный пустынно-степной и сухостепной пояс.

III. Среднегорный лесо-лугово-степной пояс.

IV. Высокогорный степной и лугово-степной пояс.

V. Гляциально-нивальный пояс.

Экосистемы пустынь охватывают равнины и низкогорья Турана, которые образуют "базис" в структуре высокогорной поясности и тесно связаны с предгорно-горной областью провинции не только общностью геоморфогенеза, климата, режима вод и почвообразования, но и общностью растительного покрова.

Экосистемы пустынь. Прежде всего остановимся на определении сущности и содержания понятия пустынного из новых и вместе с тем дискуссионных вопросов физической географии.

Впервые синтетический подход в определении понятия пустыни намечается в ряде экологических работ Д.Н.Кашкарова и В.П.Курбатова, Д.Н.Кашкаров (1993) писал: Пустыня представляет собой "биотическую область" (американский термин "Biotis arga"), т.е. географический район, характеризующийся наличием определенных жизненных форм и экологических признаков, отличающихся от таковых прилегающих районов. Биологическая область - это то же самое, что и "зона жизни" ... Зоны жизни, или биотические области, определяются если не целиком, то в

значительной мере климатом данной местности. Конечно и физгеография, т.е. современное строение и геологическое прошлое страны, играют свою роль.

Экосистема пустынь, характерна при рассмотрении в качестве "зоны жизни" или биотической области, особенности климатических факторов.

Экосистемы пустынь представляют собой комбинацию наиболее крайних (конечно, в первую очередь климатических) условий природы. Основной чертой климата жарких пустынь является прежде всего малое количество осадков и высокая температура.

Е.П.Коровин следующим образом характеризует экосистемы пустынь пустыня представляет собою биотическую область, биохору, где покой или смерть организмов обуславливается недостатком влаги или высокой сухостью, причем этот минимум-фактор жизни зависит от высоких температур, ограниченного количества выпадающих осадков и их крайне неравномерного распределения в течение года.

В литературе, характеризуя экосистемы пустынь, отмечается что для них характерна определенная напряженность двух факторов - влажности и температуры. Экстраординарные черты климата ярко отражаются в развитии в пустынных экосистемах солончаков, связанных с термическим выветриванием, являющихся вторым минимум -фактором в преобладании эоловых процессов, восходящих минеральных растворов в почве и т.д. В борьбе со всеми отрицательными явлениями природы пустынь растения и животные вырабатывают особые формы приспособления. В последнем определении охватываются все компоненты природы в едином комплексе и подчеркивается роль определяющего звена пустынного комплекса - климата. Аридность климата влечет за собой много своеобразного в геологии, геохимии, почвообразовании и пр., оставляя в свою очередь, определенный и глубокий след на растительность.

Е.П.Коровин и Д.Н.Кашкаров выделяет географические подзоны т.е. экосистемы пустынь Средней Азии: южная средиземноморская (или Туронская) и северно-центрально-азиатская (или Казахстанская). К северным пустыням относятся Устюрт,

северная часть Кызылкума, Муонкумы, Бетпакдаля и Прибалхашские пустыни, а к южным - большая часть Кызылкума, Каракумы и более мелкие пустынные массивы южной части края.

При выделении этих двух подзон пустынных экосистем Средней Азии доминируют два основных момента: современная экологическая обстановка и генезис флоры и фауны.

Кроме этого, выше указанные авторы выделяют четыре типа экосистем пустынь, где в основе их выделения принимают субстрат - песчаная, глинистая, солончаковая и гипсовая. Каждый тип имеет свои особенности в зависимости от принадлежности к подзоне той или иной области.

Расчленение среднеазиатских пустынь на подзоны и типы в настоящее время прочно вошла в географическую литературу, как научную, так и в учебную .

Крайность абиотических условий экосистемы пустынь создает резко выраженные морфологические и физиологические адаптации, а также адаптации в поведении, выводящие животных из возникающих противоречий. Как указывает Д.Н.Кашкаров, поэтому жить в пустыне, войти в биоценозы пустыни, могут лишь особо приспособленные формы. Биоценозы пустыни бедны создались они путем жесткого отбора, прежде всего со стороны физических условий. Но одновременно входящие в пустыню виды приспособились и друг к другу. В биоценозах пустыни особенно ясны цели питания, составляющие основу структуры всей жизни биоценоза. Пустыня дает нам хорошие примеры быстро протекающих сукцессионных процессов.

Ландшафтный облик экосистемы пустынной зоны, определяют растительные группировки с преобладанием ксерофитных полукустарников, преимущественно полыни и солянок. Редкостные группировки из древовидных маревых, главным образом саксаула, а также некоторые древовидные или кустарниковые псаммофитные бобовые из семейства гречишных и др.

Флористический анализ, произведенный И.И.Гранитовым, показывает, что число видов во флоре Кызылкумского района достигает - 900, а юго-западных Кызылкумов - 580. Для флоры Кызылкумской экосистемы характерно преобладание представителей

семейств маревых и сложноцветных, и обилие растений их семейства гречишных и бурачниковых.

Растительность экосистем пустынной зоны дифференцируется в зависимости от характера субстрата - каменистые (или гипсовые), песчаные, глинистые и солончаковые пустыни.

Основными эдифакторами экосистем гипсовых пустынь является полукустарничек биюргун с листочками, полукустарничковые полыни и солянка кейреук, кустарниковый коровий саксаул, колючий кустарниковый выюнок. Все перечисленные растения являются типичными ксерофитами.

Экосистемы песчаных пустынь по сравнению с каменистыми особенно весной не производят впечатление пустынь. Пески покрыты сплошь песчаной осокой, а на ее зеленом фоне - белый саксаул, различные джугуны, кустарники из семейства гречишных, кустарники из семейства гречишных, кустарниковые астрагалы и солянки, песчаный злак аристида, однолетние солянки и немногие эфемеры (красиво цветущая жимолость, крестовник и астрагал). А местами встречается оригинальный тюльпан, лемана с оттенками от желтого до красного цвета и эффективные султаны эремуруса неравнокрылого. Большинство песчаных растений имеет те или иные приспособления к жизни в песках: "универсальные" корневые системы углубляющиеся и горизонтальные корни; легкие, перекатывающие или переносимые ветром плоды. Относительное богатство песков растительностью объясняется благоприятным водным режимом, наличием так называемого "горизонта висячей влажности".

Экосистемы каменистых и песчаных пустынь занимают в провинции огромные массивы. В них вкраплены обычно небольшие (порядка десятков квадратных километров) участки экосистем солончаков и глинистых пустынь. Здесь распространены черный саксаул. Типичное долинное растение на солончаках - юлгунники - заросли кустарников тамарисков, семейство маревых. Часть встречаются солончаки, занятые только этими травянистыми галофитами.

Такыры, относящиеся к экосистемам глинистых пустынь лишены или почти лишены высших растений. На такырах после дождей развивается водорослевая или лишайниковая корочка.

Экосистемы **долины рек Узбекистана и сопредельных к ней районов Средней Азии** в пустынной зоне особенно хорошо развиты. Им свойственны особые формации растительности: древесные кустарниковые, крупнотравные, объединяемые в тип тугайной растительности. Из деревьев здесь - тополь, относящийся к секции туранга, ива, лох, из кустарников - гребенщик (тамариск) и береза; из травянистых растений - тростник, эрмантус, вейник, верблюжья колючка, солодка.

Зона пустынных равнин и низкогорий Турана сменяется на северо-востоке, востоке и юге предгорно-горной областью, в которую входят хребты Западного Тянь-Шаня, Алайский и Туркистанский хребты, Нуратинская горная система, Зеравшанский и Гиссарский хребты, Карабиль и Бадхыз, Копетдаг и Большой Балкан с межгорными впадинами и предгорными равнинами. Вся эта территория с абсолютными отметками от 200 до 4000м и более характеризуется крайней пестротой орографических, геолого-географических, гидрогеологических и песчаных условий. Пестрота экологических условий, очень сильно меняющихся даже на весьма ограниченных площадях, обуславливает исключительное разнообразие горной растительности.

Одной из характерных черт растительного покрова предгорно-горной части провинции является широкое развитие травянистой растительности. Она приурочена в основном к предгорным равнинам и межгорным впадинам, адырам и адырным предгорьям, низкогорьям и отчасти к среднегорьям.

Экосистемы пустынно-степном и сухо-степном поясе. Этот пояс, распрос-траняется на предгорные равнины и межгорные впадины, адыры и адырные предгорья, низкогорья в интервале высот от 200 до 110м. Этот пояс охватывает верхний чухль, нижний и верхний адыр по поясной схеме К.З.Закирова.

В экосистемах в верхнем чухле основу растительного покрова образуют росло-дерновинный мятлик и корневищная осока. Эфемеры и эфемероиды более характерны для предгорного пояса, чем для

пустынной зоны. Здесь присутствуют полыни. На засоленных участках к нему примешиваются однолетние солянки.

Для экосистем горных экосистем эфемеры и эфемероиды, обогащенные многолетниками из семейства губоцветных (фломисы), ложноцветных (колючие кузинии), бобовых (псоралея) и зонтичных (виды ферулы) и т.д. На юге и юго-западе Средней Азии на фоне горной пустыни встречаются более или менее густые заросли фисташки.

Основным типом растительности в экосистемах верхнюю адыра является сухая разнотравная степь. Из разнотравья крупная белоцветная алтея имеет высоту до 3,5м, мощный толсто-стеблевый девясил до 2 м. развит эфемеретун-мятлик луковичный и осочка пустынная.

Типы растительности, преимущественно свойственные адырным экосистемам Е.П.Коровин объединяет в группу "субширотных типов". Это деревянистые и кустарниковые степи, сухие разнотравные степи или полусаваны, нагорные ксерофиты, мезо-ксерофильные кустарники или шибляк.

Экосистемы лесо-лугово-степного пояса покрыта древесной растительностью, в составе которой если не первое, то одно из первых мест занимала арча - вид можжевельника. По профилю в общем плане нижнее положение занимает арча зеравшанская, среднее - арча полушаровидная, верхнее - арча туркестанская.

В данных экосистемах, кроме арчевых лесов подчиненное положение, встречаются леса ореховые, фисташковые, кленовые, яблоневые, смешанные насаждения (плодовые - тополя), а вдоль рек - кое-где березовые (реликтовые), тополевые и ивовые, галерейные леса (черные тугали). Е.П.Коровин объединяет в "группу гумидных типов" горную тайгу (северная провинция), арчевники, горные листопадные леса и кустарники.

Экосистема в пределах нижней тау. Поясной тип растительности - ксерофитные арчевники. Арче сопутствует кустарник - жимолость (разные виды), а главное - своеобразный травяной ярус, который является разнотравная степь. Кроме арчевников, в нижней тау встречаются небольшие насаждения -

фисташки, миндаля, боярки, клена, кустарника - таволеи, упомянутых выше типов растительности проникают из одного пояса в другой.

Экосистемы в пределах верхней тау. Поясной тип растительности - мезофитные арчевники: в травяном ярусе - мезофитные злаки, главным образом, костер безостый, реже ежа сборная и луговое разнотравье - крестовники, ястребинники, колокольчики, купена и др. В горах встречаются экосистемы арчового леса. недалеко от Ташкента, на северном склоне Кураминского хребта - в верховьях левых притоков р.Ахангарана встречаются арчевники. На юго-западных склонах Ферганского и юго-восточных склонах Чаткальского хребтов имеют место экосистемы, где преобладают ореховые леса.

Экосистемы данного пояса богаты кустарниками: роза, барбарис, жимолость, крушина, на юге-экзохорда.

Экосистемы луговой и лугово-степной пояса. На склоне гор Туранской провинции за пределами высот 2700-2800м развита высокогорная зона с луговой и лугово-степной растительностью. Пояс состоит из двух ступеней - нижнего и среднего яйлау.

Экосистемы нижнего яйлау включают высокогорную растительность, дифференцирующую в зависимости от характера место обитания. Так, на участках с хрящеватыми сухими почвами характерны степи, основу которых составляют типчаковые и ковыльно-типчаковые ассоциации. Травостой флористический и по растительной массе относительно небогатый. Кроме этих злаков, встречаются еще мятлик, авенаструм, из разнотравья - лапчатки, астры, лигулярия, местами арчовые столетники (арча туркестанская).

Экосистемы наиболее сухие и с наиболее скелетной почвой участки представляют собой настоящую пустыню, где ландшафтный облик определяют всего лишь два растения - высокогорная полынь и акантолимон.

Экосистемы на мелкоземистых более увлажняемых участках развита - луговая степь с высоким довольно богатым разнотравьем. Здесь распространены мятлик, ковыль, полевица, горец, колокольчик, крестовник и др.

По берегам рек и около снежников развиты экосистемы альпийских лужаек среднего яйлау. Другой тип растительности -

кобрезиевые пустыни - состоят из почти чистого, очень плотного покрова кобрезии - растения, близкого и осоке.

Экосистемы гляциально-нивального пояса. Верхняя граница распространения высших растений в горах Средней Азии ограничивается снеговой выше которого растения не встречаются или очень редка. В экосистемах гляциальной растительность флористически обеднена и встречается отдельными особями, реже небольшими колониями, состоящими из 1-2 видов.

На своеобразном фоне Туранской провинции резко выделяются уникальные природно-хозяйственные объекты - своеобразные экосистемы - оазисы. Состав растительности в оазисах исключительно разнообразная.

Приведенная выше характеристика экосистем юго-запада Средней Азии показывает, что равнины и обращенные к ним склоны гор сопряжены друг с другом не только общностью геоморфогенеза, но и общностью условий формирования климата, стока, почв и растительности.

Водные экосистемы. Наиболее крупные реки Узбекистана и сопредельных к ним районов Средней Азии Аму-Дарья, Сыр-Дарья, Чу, Тенжен, Мургаб, Зарафшан и др.

Экосистемы озер Аральское, Каспийское, Иссык-Куль и др.

Вопросы для контроля:

1. Что понимает в настоящее время под Экосистемой?
2. Что такое биом?
3. Дайте характеристику сухопутным биомам.
4. Охарактеризуйте соотношение понятий "Биогеоценоз" и "Экосистема".
5. Что мы понимаем под биомассой?
6. Что мы понимаем под агроэкосистемой?
7. Дайте характеристику особенностям отличающие природные экосистемы от искусственных.
8. Что означает понятие "Флуктуация"?
9. Что означает термин "Сукцессия"?

10. Дайте характеристику основным экосистемам Узбекистана и сопредельных к ним районов Средней Азии.

Глава 5. Биосфера – как единая оболочка Земли для организмов

5.1. Эволюция биосферы

Появление и развитие учения о биосфере стало новой вехой в естествознании, в изучении взаимодействия и взаимоотношений между косной и живой природой, между человеком и окружающей средой.

Учение о живой природе было создано и развито многими выдающимися натуралистами прошлых веков. Но тогда исследовался главным образом растительный и животный мир, а биосфера - как качественно новое геологическое, биологическое и экологическое целое явление на планете - не рассматривалась.

В лекциях 1800г. французский естествоиспытатель Жан Батист Ламарк (1744- 1829) отметил, что живые тела содержат все неорганические вещества, наблюдаемые в природе, и объяснил это активным участием животных и растений в формировании поверхности Земли. Позже он заключил, что все минералы внешней коры и состоящие из них элементы земной поверхности являются исключительно продуктами животных и растений, которые существовали на этих участках поверхности земного шара. Обобщения, сделанные Ламарком высказанные им идеи содержат в себе зачатки понятия о биосфере.

Во времена Ламарка все многообразие окружающего мира - от атомов до планет - делилось на три царства: растения, животные, минералы. Ламарк, упростив это деление, всю природу разделил на два царства: живое и неживое. В своей знаменитой «Философии зоологии» он составил таблицу противоположностей живого и неживого. Работы Ламарка положили начало представлениям о существовании на нашей планете определенного пространства заселенного живыми существами. Причем подчеркивалось, что это пространство организовано именно жизнедеятельностью организмов. Из множества терминов, которые были предложены для обозначения такого пространства, закрепился один, предложенный в 1875г.

австрийским геологом Эдуардом Зюссом. Именно Зюссу и отдается приоритет в первом употреблении термина «биосфера». Он писал: «В области взаимодействия верхних сфер и литосферы и на поверхности материков можно выделять самостоятельную биосферу. Она простирается теперь как над сухой, так и над влажной поверхностью, но ясно, что раньше она была ограничена только гидросферой».

Согласно современным представлениям, **биосфера** (от греч. *bios*- жизнь и *sphaira*- шар)- это **своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами.**

На развитие экологии огромное влияние оказали работы выдающегося русского геохимика В.И. Вернадского. Изучив процессы, протекающие в биосфере, он разработал теорию, названную им биогеохимией, которая легла в основу современного учения о *биосфере (сфере жизни)*.

Биосфера включает в себя все области нашей планеты, освоенные жизнью. Это и атмосфера, и океан, и все части земной поверхности, где утвердилось жизнь в любых ее формах.

В.И. Вернадский в 1926г. опубликовал книгу под названием «Биосфера», которая ознаменовала рождение новой науки о природе, о взаимосвязи с ней человека. В этой книге биосфера впервые показана как единая динамическая система, населенная и управляемая жизнью, живым веществом планеты. В работах по биосфере ученый показал, что живое вещество во взаимодействии с неживым есть часть большого механизма земной коры, благодаря которому происходят разнообразные геохимические и биогенные процессы, миграции атомов, осуществляется их участие в геологических и биологических циклах.

В.И. Вернадский показал, что химическое состояние наружной коры нашей планеты всецело находится под влиянием жизни и определяется живыми организмами, с деятельностью которых связан великий планетарный процесс-миграция химических элементов в биосфере. Эволюция видов, отмечал ученый, приводящая к созданию форм жизни, устойчива в биосфере и должна идти в направлении увеличения биогенной миграции атомов. В его учении о биосфере не

только рассматривались основные свойства живого вещества, и влияние на него косной природы, но впервые было раскрыто грандиозное обратное влияние жизни на абиотическую (неживую) среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) и формирование в результате этого исторического процесса особого биокосного природного тела, как почва.

Область распространения жизни на Земле: всего несколько десятков метров почвенного слоя, около 11км океанских глубин и 10-15км атмосферы. Таково пространство, где рождаются, развиваются и умирают 1,5 млн. видов животных и 350 тыс. видов растений, распространенных на планете. Область распространения жизни на Земле, его параметры связаны с величиной энергоснабжения Земли.

По определению В.И. Вернадского идеальное снабжение энергией обусловлено тем, что Земля находится на таком расстоянии от Солнца, которое обеспечивает существование жизни- 149 млн. км. Она движется со скоростью около 107 тыс. км/ч. Именно эта скорость компенсирует силу тяготения Солнца и удерживает Землю на подходящем расстоянии. Если бы скорость движения Земли упала, она была бы притянута к Солнцу и со временем превратилась бы в выжженную пустыню, как ближайший к Солнцу Меркурий. С другой стороны, если бы орбитальная скорость Земли возросла, она бы удалилась от Солнца и оказалась скованной ледовым панцирем, как Плутон.

Занимаясь созданной им биогеохимией, изучающей распределение химических элементов по поверхности планеты, В.И. Вернадский пришел к выводу, что нет практически ни одного элемента из таблицы Д.И. Менделеева, который не включался бы в живое вещество. Он сформулировал три биогеохимических принципа.

1. Биогенная миграция химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению. Этот принцип в наши дни нарушен человеком.
2. Эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию устойчивых в биосфере форм жизни, идет в направлении, усиливающем биогенную миграцию атомов. Этот принцип при антропогенном измельчании средних размеров особей биоты Земли

(лес сменяется лугом, крупные животные - мелкими) начинает действовать аномально интенсивно.

3. Живое вещество находится в непрерывном химическом обмене с окружающей его средой, создающейся и поддерживающейся на Земле космической энергией Солнца. Вследствие нарушения двух первых принципов космические воздействия из поддерживающих биосферу могут превратиться в разрушающие ее факторы.

Данные геохимические принципы соотносятся со следующими важными выводами В.И. Вернадского: 1. Каждый организм может существовать только при условии постоянной тесной связи с другими организмами и неживой природой. 2. Жизнь со всеми ее проявлениями произвела глубокие изменения на нашей планете. Совершенствуясь в процессе эволюции, живые организмы все шире распространялись по планете, стимулируя перераспределение энергии и вещества.

Как указывает А.А. Горелов (2002) знание учение о биосфере В.И. Вернадского для экологии определяется тем, что биосфера представляет собой высший уровень взаимодействия живую и не живую и глобальную экосистему. Поэтому результаты Вернадского справедливы для всех экосистем и являются обобщением знаний о развитии нашей планеты. Эволюцию биосферы изучает раздел экологии, который называется **эволюционной экологией**. Следует отличать эволюционную экологию от **экодинамики** (динамической экологии). Последняя имеет дело с короткими интервалами развития биосферы и экосистем, в то время как первая рассматривает развитие биосферы на более длительном отрезке времени. Так, изучение биогеохимических круговоротов и сукцессии - задача экодинамики, а принципиальные изменения в механизмах круговорота веществ и в ходе сукцессии - задача эволюционной экологии.

Изучение форм жизни являются одним из важнейших направлений в исследовании эволюции биосферы. Выделяют несколько этапов.

На начальном этапе клетка без ядра, но имеет нить Д.Н.К.- это бактерии и сине-зеленые водоросли. Возраст таких самых древних организмов более 3 миллиардов лет. Их свойства:

- 1) подвижность;
- 2) питание и способность запасать пищу и энергию;
- 3) защита от нежелательных воздействий;
- 4) размножение;
- 5) раздражимость;
- 6) приспособление к изменяющимся внешним условиям;
- 7) способность к росту.

На следующем этапе в клетке появляется ядро. Приблизительно 2 миллиарда лет тому назад. Одноклеточные организмы с ядром называются простейшими. Из 254-30 тыс. видов. Самые простые из них - амёбы. Искомые простейшие – радиолярии и фораминиферы формируют основные части осадочных горных пород. Многие простейшие обладают сложным двигательным аппаратом.

Этап появления многоклеточных организмов – это примерно 1 миллиард лет тому назад. В результате растительной деятельности, то есть фотосинтез из углекислоты и воды при использовании солнечной энергии, управляемой хлорофиллом, создавалось органическое вещество. Возникновения и распространения растительности привело к коренному изменению состава атмосферы, первоначально имевшей очень мало свободного кислорода. Растения, ассимилирующие углерод из углекислого газа, создали атмосферу, содержащую свободный кислород, который не только активный химический агент, но и источник озона, преградившего путь коротким ультрафиолетовым лучам к поверхности Земли.

Л. Пастером выделены следующие две важные точки в эволюции биосферы:

1) Момент, когда уровень содержания кислорода в атмосфере Земли достиг примерно 1% от современного. С этого времени стало возможной аэробная жизнь. Геохронологически это архей. Предполагается, что накопление кислорода шло скачкообразно и заняло не более 20 тыс. лет.

2) Достижение содержания кислорода в атмосфере около 10% от современного. Это привело к возникновению предпосылок формирования озоносферы. В результате жизнь стала возможной на мелководье, а затем и на суше.

Палеонтология, которая занимается изучением ископаемых остатков, подтверждает факт возрастания сложности организмов. В

самых древних породах встречаются организмы немногих типов, имеющих простое строение. Постепенно разнообразие и сложность растут. Многие виды, появляющиеся на каком-либо стратиграфическом уровне, затем исчезают. Это рассматривают как возникновение и вымирание видов.

В соответствии с данными палеонтологии можно считать, что в протерозойскую геологическую эру (700 млн. лет назад) появлялись бактерии, водоросли, примитивные беспозвоночные; в палеозойскую (365 млн. лет назад) - наземные растения, амфибии; в мезозойскую (185 млн. лет назад) - млекопитающие, птицы, хвойные растения; в кайнозойскую (70 млн. лет назад) - современные группы. Следует иметь в виду, что палеонтологическая летопись неполна.

Веками накапливавшиеся остатки растения образовали в земной коре грандиозные энергетические запасы органических соединений (уголь, торф), а развитие жизни в Мировом океане привело к созданию осадочных горных пород, состоящих из скелетов и других остатков морских организмов.

Эволюция экосистем называют экогенезом, понимаемым как совокупность процессов и закономерностей необратимого развития биогенеза и биосферы в целом. Одной из таких закономерностей можно назвать увеличение роли живого вещества и продуктов его жизнедеятельности в геологических, геохимических и физико-географических процессах и усиление преобразующего воздействия жизни на атмосферу, гидросферу и литосферу. К другим закономерностям относят прогрессирующие накопление аккумулятивной солнечной энергии в поверхностях оболочек Земли, увеличение общей биомассы и продуктивности биосферы и ее информационный емкости, возрастание дифференцированности физико-географической структуры биосферы, расширение сферы действия биогенетического круговорота и усложнение его структуры, а также трансформирующее воздействие человеческой деятельности.

Последнее оказывается особенно опасным, если мы примем концепцию эволюции, в соответствии с которой высшие уровни организации детерминируют эволюцию низших. Тогда окажется, что интенсивное воздействие человека на биосферу может дать толчок

для эволюционных изменений на всех нижележащих уровнях: экосистем, сообществ, популяций, видов.

Таким образом, В.М. Вернадский рассматривает биосферу как оболочку Земли, в которой существует жизнь. Биосфера, по В.И. Вернадскому, представляет собой одну из геологических оболочек земного шара, глобальную систему Земли, в которой геохимические и энергетические превращения определяются суммарной активностью всех живых организмов- живого вещества.

В состав биосферы входят поверхностные слои литосферы, преимущественно подвергавшиеся выветриванию с участием живых организмов, часть- почва (недосфера или эдафосфера), гидросфера и нижняя часть атмосферы.

Каждая из этих геологических оболочек планеты имеет свои специфические свойства, которые определяют не только набор форм живых организмов, обитающих в данной части биосферы, но и их основные морфофизиологические особенности, формируя своим влиянием принципиальные пути эволюции и становление фундаментальных черт жизненных форм наземных, водных и почвенных организмов. Таким образом, воздушная, водная и почвенная оболочки земного шара представляют собой не просто пространство, заполненное жизнью, но выступают как основные среды жизни, активно формирующие её состав и биологические свойства.

5.2 Литосфера

Литосфера (земная кора)- верхний твердый слой Земли, который располагается между её поверхностью и сейсмической границей *Мохоровичича (Мохо)*. Мощность земной коры в области материков и океанического дна неодинакова. Под материками её мощность в среднем 35-40 км, в горных складчатых областях возрастает до 75-80 км.

Под океанами земная кора тоньше и варьирует в пределах 10-20 км, включая слой воды. Земная кора состоит из трёх слоев: базальтового, гранитного и осадочного. Под океанами гранитный слой в общем случае отсутствует, т.е. различают земную кору двух

типов- континентальную (трёхслойную) и океаническую (двухслойную).

Экологически важным вопросом в изучении является *геохимия литосферы*. Геохимия изучает поведение и распространение (историю) химических элементов Земли. На стыке геохимии и географии возник новый раздел знания, изучающий историю атомов в географической оболочке, получивший название геохимии ландшафта. (А.И. Перельман).

В отличие от других наук, изучающих химический состав различных объектов географической оболочки, например, от минералогии или биохимии, изучающих соответственно химию литосферы и живого вещества на молекулярном уровне, геохимия изучает эти же объекты на элементарном (от слова- элемент химический) уровне.

Единицей исследования в геохимии является не молекула, а химический элемент в форме атома или иона. Именно это определило большое значение геохимии для сквозной географии и экологии. Мы знаем, что сквозная география изучает связь между компонентами ландшафтов и между ландшафтами. Связь же осуществляется посредством обмена веществом и энергией. Содержание химических элементов, интенсивность их миграции (перемещения) могут быть учтены количественно. Это позволяет при исследованиях использовать метод балансов и разнообразные приемы математической обработки.

Источники химических элементов географической оболочки. Химические элементы в географической оболочке не образуются. Исключение составляют отдельные редкие элементы (гелий, свинец, аргон и некоторые другие), являющиеся продуктом радиоактивного распада других элементов. В географическую оболочку химические элементы поступают из более глубоких оболочек Земли и из космоса. Из более глубоких оболочек химические элементы поступают в виде магматических пород и продуктов вулканической деятельности. Из космоса на поверхность Земли вместе с метеоритами, метеорной пылью и космическими лучами ежегодно поступает до 5×10^6 т вещества.

Между географической оболочкой и более глубокими геосферами, с одной стороны, и космосом, с другой- происходит обмен химическими элементами в глубокие геосферы мигрируют главным образом железа магния, никель, кобальт, платина и другие элементы, а из глубоких геосфер к поверхности Земли мигрируют-кислород, кремний, водород, алюминий, натрий, калий и другие элементы, относительно легкие и образующие легкоплавкие и легколетучие вещества. В космос географическая оболочка постоянно теряет наиболее легкие элементы, главным образом, водород и гелий преодолевающие земное притяжение на верхней границе атмосферы. Этот процесс называют обычно диссипацией.

В целом в географической оболочке преобладают сравнительно легкие элементы: кислород, кремний, алюминий, железо, кальций, натрий, калий, магний, углерод, водород, азот, сера, фосфор, хлор. Они не только преобладают количественно, но и определяют миграцию других, менее распространенных элементов, создавая кислотоно-щелочные, окислительно-восстановительные и другие условия. Эти макроэлементы- “геохимические диктаторы” остальных редких элементов или микроэлементов.

В земной коре присутствует практически вся таблица Менделеева, однако восемь элементов составляют почти 99%, всей массы коры (табл. 5.1)

ТАБЛИЦА 5.1

Преобладающие в земной коре химические элементы
(по В. Мейсону, 1971)

Элемент	Весовые % (кларки)	Атомные %	Объемные %
O	46,60	62,55	93,77
Si	27,72	21,22	0,86
Al	8,13	6,47	0,47
Fe	5,00	1,92	0,43
Mg	2,09	1,84	0,29
Ca	3,63	1,94	1,03
Na	2,83	2,64	1,32
K	2,59	1,42	1,83

Следовательно, земная кора по химическому составу представлена упаковкой анионов кислорода, связанных через кремний и алюминий с металлами (Fe, Mg, Ca, Na и K). Поэтому литосфера может быть названа оксисферой. Предполагают, что в ходе геохимической эволюции она, наравне с массами воды, являлась основным поставщиком кислорода в атмосферу.

Отметим, что на долю кислорода в массе живого вещества приходится около 70% (весовых). Поэтому нередко живое вещество называют “кислородным веществом”. Кислорода, связанного с водородом и образующего воду, в организмах содержится от 50 до 90% от их массы.

В настоящее время более или менее точно установлено, что при возрасте земли около 4,5-5,0 млрд. лет (по другим оценкам 6,5-7,0 млрд. лет) жизнь на ней зародилась не ранее 3,5-3,7 млрд. лет назад. Возникает вопрос, почему в течении 1,5-2 млрд. лет на Земле жизни не было, а потом появились бактерии и водоросли.

По мнению некоторых специалистов, в те далекие времена жизнь не могла возникнуть. Это связано наличием сплошной водной оболочки и густой первичной углекислой атмосферы. За несколько миллиардов лет, были сформированы крупные “линзы” гранитного

слоя, что обеспечило устойчивое существование праматериков. При гранитизации базальтов высвобождавшийся кальций связывал значительное количество CO₂ атмосферы. Появились мелководья, благоприятные для зарождения простейших организмов. Следовательно, направленное развитие литосферы как субстрата биосферы является определяющей причиной направленности эволюции жизни на Земле.

Кора выветривания. Глубинные породы, попадая в географическую оболочку, подвергаются преобразованию. Процессы преобразования (разрушения) глубинных пород в географической оболочке, энергетическим источником которых является солнечная энергия, называются выветриванием или гипергенезом.

В геохимическом отношении выветривание (гипергенезис) заключается в перегруппировке химических элементов литосферы под влиянием характерных для географической оболочки условий. Эта перегруппировка заключается в извлечении химических элементов из пород, более или менее длительной их миграции и образовании из них новых пород и минералов, устойчивых в географической оболочке. В результате на поверхности литосферы образуется кора выветривания, сложенная продуктами выветривания. В таком широком, понимании (существуют и более узкие определения) к коре выветривания относится вся стратисфера, т.е. поверхностная часть литосферы, которая сложена осадочными породами, еще не подвергавшимся метаморфизму под влиянием внутренней энергии Земли.

Сопоставление среднего элементарного состава осадочных и изверженных пород показывает, что образование продуктов выветривания сопровождается их обогащением кислородом, углеродом и водородом, важнейшими элементами географической оболочки. Продукты выветривания заимствовали эти элементы из гидросферы, атмосферы и живого вещества. В свою очередь, из коры выветривания в гидросферу мигрировала значительная часть натрия, магния и других элементов, легко переходящих в раствор. Часть элементов захвачена и удерживается живым веществом.

Кора выветривания в вертикальном направлении неоднородна. В её самой верхней части по специфике происходящих в ней

геохимических процессов и по особенностям её состава выделяется почва.

Почва. На поверхности суши, в месте непосредственного контакта слоя жизни и литосферы, являющемся фокусом взаимодействия живого и косного вещества, формируется своеобразное биокосное образование- почва.

Почвенные условия произрастания растений- эдафический фактор. Из них важнейшими экологическими факторами являются влажность, температура, структура и пористость, реакция почвенной среды, засоленность.

Почва- особое естественно-историческое образование, возникшее в результате изменения поверхностного слоя литосферы совместным воздействием воды, воздуха и живых организмов. Порода, из которой образовалась почва, называется материнской. Почва- геологическое тело, отличающееся от всех на нее глинистых и песчаных образований тем, что обладает плодородием.

С геохимической позиции среди других гипергенных образований литосферы почва выделяется участием её в биологическом круговороте элементов системы “литосфера-растительность”. Воздействуя на почву, корневая система поглощает воду и элементы минерального питания. Обмену элементами между почвой и растительностью способствует обитающая вокруг корней основная масса микроорганизмов биосферы.

На поверхность почвы опадает отмершее вещество наземной части растительности. Часть мертвого органического вещества растений, а также животных полностью минерализуется до простых веществ. Этот процесс осуществляется главным образом микроорганизмами, которые являются таким образом, “чистильщиками” почвы и биосферы от мертвых остатков организмов. В результате поверхностный горизонт почвы обогащается целым рядом биогенных элементов, заимствованных ранее растительностью из более глубоких слоев почвы и атмосферы и необходимых для минерального питания следующих поколений организмов. Другая часть мертвого органического вещества минерализуется не полностью, и из них синтезируется сложное высокомолекулярное коллоидное органическое вещество бурого или

черного цвета, называемое перегноем или гумусом. Гумус обладает высокой устойчивостью против разложения и минерализации, поэтому постепенно накапливаясь, он создает на поверхности почвы особый темный гумусовый горизонт. Более или менее мощный гумусовый горизонт присутствует в каждой почве. В переотложенном виде или синтезированным из органического вещества гидросферы он присутствует в донном или водоёмов. Поэтому гумусовый горизонт обтекает значительную часть поверхности литосферы и из-за важного геохимического значения получил название гумусовый оболочки земли (В.А. Ковда и др.)

Гумус- важнейшая составляющая часть почвы- является, таким образом, резервом и стабилизатором органической жизни биосферы.

Элементарный состав почвы (в сравнении с литосферой в целом) обогащен углеродом, азотом и рядом редких элементов, накопленных в почве из отмерших остатков живых организмов и атмосферы. Содержание натрия, магния, кальция и других элементов, хорошо мигрирующих в водных растворах к слабо захватываемых организмами, в почве по сравнению с литосферой понижено за счет миграции их в гидросферу и более глубокие горизонты коры выветривания.

5.3. Гидросфера

Характеристика гидроресурсов и сточных вод. Гидросферой называют водную оболочку Земли. Это совокупность океанов, морей, озер, прудов, болот и подземных вод. Гидросфера - самая тонкая оболочка нашей планеты, она составляет лишь $10^{-3}\%$ общей массы планеты.

Роль воды во всех жизненных процессах общепризнанна. Без воды человек может жить не более 8 суток, за год он потребляет около 1 т воды. Растения содержат 90% воды.

Указанные производства требуют только пресную воду. Расчеты показывают, что количество пресной воды составляет всего 2,5% всей воды на планете; 85%- морская вода, содержащая до 35 г/л солей. Запасы пресной воды распределены крайне неравномерно: 72,2%- льды; 22,4%- грунтовые воды; 0,35%- атмосфера; 5,05%-

устойчивый сток рек и вода озер. На долю воды, которую мы можем использовать, приходится всего 10⁻²% всей пресной воды на Земле.

Хозяйственная деятельность человека привела к заметному сокращению количества воды в водоемах суши: мелеют водоемы, исчезают малые реки, высыхают колодцы, снижается уровень грунтовых вод. Сокращение уровня грунтовых вод уменьшает урожайность сельхозугодий.

Водоемы (в частности, пруды) представляют собой сложную экологическую систему, которая создавалась в течение длительного времени. В них непрерывно протекает процесс изменения состава примесей, приближающийся к состоянию равновесия. Значительные отклонения от состояния равновесия могут привести к гибели популяций водных организмов, т.е. к невозможности возврата к состоянию равновесия, а это приводит к гибели экосистемы. Процессы, связанные с возвращением экосистемы к первоначальному состоянию, называются процессами самоочищения. К важнейшим из них относятся:

- осаждение грубодисперсных и коагуляция коллоидных примесей;
- окисление (минерализация) органических примесей;
- окисление минеральных примесей кислородом;
- нейтрализация кислот и оснований за счет буферной емкости воды водоема;
- гидролиз солей тяжелых металлов, приводящий к образованию малорастворимых гидроксидов и выделению их из раствора и др.

Основные характеристики *сточных вод*, влияющие на состояние водоемов: температура, минералогический состав примесей, содержание кислорода, мл, рН (водородный показатель), концентрация вредных примесей. Особенно большое значение для самоочищения водоемов имеет кислородный режим. Условия спуска сточных вод в водоемы регламентируются «Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами». Сточные воды характеризуются следующими признаками:

- мутность воды - определяется с помощью мутномера: исследуемую воду сравнивают с эталонным раствором, который приготовлен из каолина (или из инфузальной земли) на дистиллированной воде, выражается в мг/л;
- цветность воды — определяется сравнением интенсивности окраски испытуемой воды со стандартной шкалой. Выражается в градусах

цветности. В качестве стандартного раствора применяют раствор солей кобальта;

- сухой остаток — масса солей и веществ, которые остаются после выпаривания воды (мг/л);
 - кислотность — измеряется в единицах рН. Природная вода обычно имеет щелочную реакцию (рН > 7);
 - жесткость — зависит от содержания солей Ca²⁺ и Mg²⁺. Различают три вида жесткости воды: общая, обусловленная содержанием солей кальция и магния независимо от содержания анионов; постоянная, обусловленная содержанием ионов Cl⁻ и SO₄²⁻ после кипячения в течение 1 ч (она не удаляется); устранимая (временная)- удаляется кипячением: Ca (HCO₃)₂ → CaCO₃ + CO₂ + H₂O. Жесткость измеряется в мг-экв/л солей магния и кальция (1 мг-экв соответствует 28 мг СаО) и в градусах (1° - количество солей кальция и магния, соответствующее 10 мг СаО в 1 л воды). 1° жесткости = 10 мг-экв = 2,8° жесткости;
 - растворимый кислород — зависит от температуры воды и барометрического давления, измеряется в мг/л;
 - биологическая потребность в кислороде (БПК)- количество кислорода, поглощаемое микроорганизмами в сточных водах. За критерий оценки БПК принята величина уменьшения количества растворенного кислорода в воде в течение 5 или 20 суток при температуре 20°С.
- В зависимости от условий образования сточные воды делятся на три группы:
- бытовые сточные воды- стоки душевых, прачечных, бань, столовых, туалетов, от мытья полов и т.д. Их количество в среднем составляет 0,5-2 л/с. с 1га Жилой застройки города, они содержат примерно 58% органических и 42% минеральных веществ;
 - атмосферные сточные воды, или ливневые, их сток неравномерен: 1 раз в год- 100-150 л/с. с 1га; 1 раз в 10 лет- 200-300 л/с. с 1га. Особенно опасны ливневые стоки на промышленных предприятиях. Из-за их неравномерности затруднены сбор и очистка этих стоков;
 - промышленные сточные воды — жидкие отходы, которые возникают при добыче и переработке сырья. Расход воды при этом исчисляют из удельного водопотребления на единицу продукции.

Самым важным условием, необходимым для того, чтобы биохимические процессы в водоеме протекали правильно и

обеспечивали самоочищение воды, является наличие в ней растворенного кислорода. Если кислорода недостаточно, то высшие организмы погибают. Органические соединения вместо окисления подвергаются анаэробному разложению с выделением сероводорода, углекислого газа, метана и водорода, создающих вторичные загрязнения водоема.

По санитарным нормам (СНИП) значение БПК в зависимости от типа природных водоемов не должно превышать 3-6 мг O_2/lH_2O . В сточных водах БПК составляет от 200 до 3000 мг/л, поэтому при сбросе в водоемы промстоков необходимо их чистить или сильно разбавлять.

Главным критерием качества воды и атмосферы в нашей стране являются ПДК. Но они установлены далеко не для всех веществ. Спуск в водоемы новых веществ, ПДК которых не определены, в нашей стране запрещен. Кроме того, часто используют значения ПДК не для сточных вод, а для водоема. Таким образом, появляется возможность достичь установленного ПДК простым разбавлением сточных вод, чем часто пользуются. Около половины сточных вод на Земле не подвергается специальной очистке перед сбросом в водоемы. Их обезвреживание заключается лишь в разбавлении чистой водой и самоочищении водоемов. Например, сточные воды заводов по производству полиэтилена и полистирола надо разбавлять в 30 раз; сточные воды от производства синтетического каучука - в 185 раз.

Сбросы сточных вод регламентируются также величиной ПДС (предельно-допустимого сброса) предприятия. В 90-х годах в мире использовали 2000-3000 км³ пресных вод, т.е. примерно 30% устойчивого мирового стока рек. Чтобы не погибнуть, чистить воду придется всем странам. Кроме того, пресная вода, удобная для использования, распределена крайне неравномерно. В Европе и Азии, где проживает 70% населения Земли, мировых запасов речных вод очень мало. Гидроресурсы нашей страны велики, однако более 80% речного стока приходится на малонаселенные районы Севера и Востока. На Европейской части России проживает около 80% населения и на них приходится всего 20% гидроресурсов.

Таким образом, влияние хозяйственной деятельности человека на кругооборот воды в природе привело к:

- сокращению количества воды в водоемах суши;
- росту водопотребления;

- исчерпанию самоочищающей способности водоемов;
- деградации природных вод.

Выход из положения — создание *замкнутых водооборотных систем*.

Основные положения создания водооборотных систем:

1. Разработка научно обоснованных требований к качеству воды, используемой во всех технологических процессах и операциях. В подавляющем большинстве случаев нет необходимости в использовании воды питьевого качества.
2. Максимальное внедрение систем воздушного охлаждения в место водного. Здесь большую роль сыграло бы внедрение агрегатов большой единичной мощности. При этом высокоэнергетическое тепло используется для технологических целей, а низкоэнергетическое - для обогрева.
3. Размещение на промышленных площадях комплекса производств (так называемых территориально-производственных комплексов - ТПК) должно обеспечить возможность многократного (каскадного) использования воды в технологических процессах и операциях.
4. Последовательное многократное использование воды в технологических операциях должно по возможности обеспечить получение небольшого объема максимально загрязненных сточных вод.
5. Использование воды для очистки газов от водорастворимых соединений целесообразно только тогда, когда из газов извлекают, а затем утилизируют ценные компоненты.
6. Применение воды для очистки газов от твердых частиц допустимо только в замкнутом цикле.

Процессы анаэробной очистки проводят в специальных метантенках при температуре 30-55°C, выделяющийся метан CH_4 может быть использован для нагрева метантенка.

Например, в США при анаэробной очистке сточных вод животноводческого комплекса (500 голов свиней) за счет сжигания метана после анаэробной очистки комплекс не только обеспечивает себя электроэнергией, но иногда в летнее время может даже продавать ее. Образующиеся после анаэробной очистки сточные воды могут быть использованы для выращивания специальных одноклеточных водорослей типа хлореллы, которые в дальнейшем могут быть использованы на корм скоту. Цикл оказывается замкнутым.

Необходимо искать такие способы ликвидации отходов, которые дадут возможность получать полезные продукты, например, дрожжи для выпечки хлебобулочных изделий и для производства этилового спирта или для превращения отходов, образующихся при переработке древесной пульпы, в полезный продукт.

Обеззараживание воды. Последней стадией подготовки воды для питьевых и других нужд является ее обеззараживание, т.е. избавление от болезнетворных микроорганизмов, так, как хорошо известно, что через воду могут распространяться такие страшные заболевания, как холера, брюшной тиф, инфекционный гепатит и др. Многие годы обеззараживание воды осуществляли с помощью обработки ее хлором. Однако стало известно, что полихлорированные биенилы являются ядами, их находят в основном в жирах. Окисляясь, они образуют абсолютные яды — диоксины. Летальная доза диоксинов в организме для свиней, которые являются тест- объектами, - 10 мкг/кг их веса. Но эту дозу можно набрать и постепенно. Это привело ученых к выводу, что хлорирование может быть вредным. Во многих странах в 80-е годы перешли к обработке воды фторированием, но оказалось, что оно тоже вредно. Поэтому во всем мире отдают предпочтение обработке воды озонированием.

Биологическая очистка не может обеспечить обессоливания сточных вод. Как известно, вода питьевого качества должна содержать не более 1000 мг/л солей, из них: хлоридов- 350 мг/л, сульфатов- 500 мг/л. Необходимую в технических целях пресную воду получают методами выделения солей из сточных и природных вод.

5. *Специальные методы очистки воды.* Существует много специальных методов выделения солей из природных и сточных вод.

а) Дистилляция (выпаривание)- хорошо освоенный и широко применяемый метод. Мощность выпарных установок составляет 15-30 тыс.м³ в сутки. Одни из самых мощных выпарных установок располагаются на предприятиях атомной энергетики, где необходимо опреснение морской воды, например, в г. Шевченко (реактор на быстрых нейтронах). Основным недостатком этого способа является большой расход энергии- 0,020 Гкал/т. Геоопреснительные установки невелики по мощности (< 20 м³/с.), а стоимость опреснения велика.

б) Вымораживание. При медленном охлаждении соленой воды из нее в первую очередь выделяются кристаллики льда, практически не содержащие солей. По сравнению с дистилляцией вымораживание

имеет энергетические, технологические, конструкционные преимущества.

в) Мембранный метод. Это электродиализ и гиперфильтрация, или обратный осмос. Электродиализ — современный метод деминерализации и концентрирования растворов. Основан на направленном переносе ионов диссоциированных солей в поле постоянного тока через ионоселективную мембрану из естественного или синтетического материала.

5.4. Атмосфера

В таблице 5.2 приведены показатели нормального состава и строение атмосферы (рис. 5.1).

Таблица 5.2

Элемент	Весовые % (кларки)	Атомные %	Объемные %
O	46,60	62,55	93,77
Si	27,72	21,22	0,86
Al	8,13	6,47	0,47
Fe	5,00	1,92	0,43
Mg	2,09	1,84	0,29
Ca	3,63	1,94	1,03
Na	2,83	2,64	1,32
K	2,59	1,42	1,83

Компонент	Содержание по объему, %
Азот (N ₂)	78,08
Кислород (O ₂)	20,94
Аргон (Ar)	0,93
Диоксид углерода (CO ₂)	0,03
Озон (O ₃)	Менее 0,00005
Присутствуют также небольшие количества гелия, метана, криптона и водорода	Менее 0,002 неона

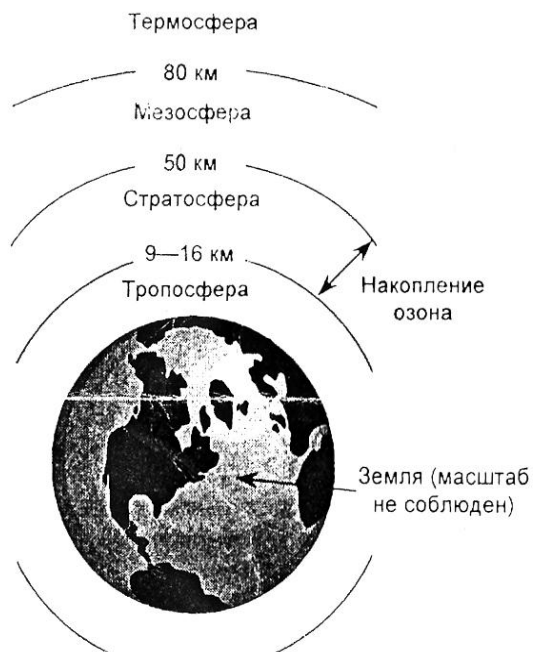


Рис. 5.1_ Структура атмосферы

Наиболее внешней частью оболочки биосферы является нижняя часть атмосферы – тропосфера.

Элементарный состав тропосферы характеризуется преобладанием двух основных элементов: азота (76%) и кислорода (23%). Содержанием остальных элементов много ниже. Главным элементом тропосферы- азот- находится в виде газа № 2. Основными источниками его являются вулканические газы и живое вещество.

Постоянство азота в тропосфере поддерживается поглощением его живым веществом, так как азот является одним из основных элементов живых организмов.

Кислород тропосферы, в отличие от других оболочек находится в основном в свободном состоянии в виде молекул O₂. Постоянство кислорода в атмосфере достигается тем, что кислород не только поступает в атмосферу, но и постоянно расходуется на дыхание организмов и на многочисленные реакции окисления органического и минерального вещества.

У верхней границы тропосферы и выше, в стратосфере, увеличивается содержание трехатомных молекул кислорода- O₃-озона. Максимальное содержание его отличается на высотах 25-40 км, где он образуется из кислорода при действии ультрафиолетовой радиации. В результате двухатомная молекула разбивается на атомы, которые соединяясь вновь, частично образуют трехатомные молекулы озона. Ниже 15 км озон не образуется, а попадает туда при перемешивании атмосферы. Поглощая коротковолновую радиацию Солнца, производящую губительное действие на организмы, озон предохраняет от неё живое вещество биосферы.

Таким образом, зеленые растения, выделяя кислород, который затем частично переходит в озон, создают защитный экран для всего живого вещества.

Анализ происхождения газов тропосферы позволил В.И. Вернадскому прийти к заключению: "... тропосфера... есть создание живого вещества, имеет биогенное происхождение для подавляющей массы своих газов."

Роль кислорода, основного элемента географической оболочки увеличивается по направлению снизу вверх от изверженных пород к коре выветривания, достигая максимального содержания в гидросфере. Однако, это в основном связанный, малоактивный кислород, живое вещество - источник чрезвычайно активного свободного кислорода и, несмотря на пониженное содержание кислорода в тропосфере за счет резкого увеличения содержания азота, весь кислород тропосферы является свободным. У верхней границы тропосферы появляется примесь еще более активного озона.

Максимальное содержание углерода наблюдается в живом веществе, роль его здесь общеизвестна. Повышено содержание углерода и в коре выветривания (почве и осадочных пород), где он

аккумулируется в виде мертвого органического вещества и карбонатов. Низко содержание углерода гидросфере и атмосфере, но роль его здесь трудно переоценить, так как в виде CO_2 он участвует в разнообразнейших процессах: дыхание, выветривания, образования осадков на дне водоёмов и т.д.

Основное скопление водорода в гидросфере и живом веществе, где он находится в связанном состоянии в виде важнейшего соединения географической оболочки- воды и в живом веществе. Значительна роль иона водорода в почвах где он определяет миграцию других элементов. Низкое содержание его в тропосфере объясняет диссипацией его в космическое пространство на верхней границе атмосферы, как наиболее легкого элемента.

Азот- является главным элементом тропосферы. Значительно содержание его в живом веществе, которое само является генератором свободного азота. Азот аккумулируется в коре выветривания в остатках живого вещества. Содержание азота в гидросфере и изверженного породах незначительно.

Вопросы для контроля:

1. Учение В.И. Вернадского о биосфере.
2. Что такое биосфера?
3. Что вы знаете об эволюции экосистем?
4. Из каких геологических оболочек состоит биосфера?
5. Что вы знаете о литосфере с точки зрения экологии?
6. Что вы знаете о гидросфере?
7. Дайте характеристику атмосфере, как часть оболочки биосферы.

Глава 6. Экология и природопользование

6.1. Охрана окружающей среды и человек

В последнее время экологию стали трактовать, как науку об охране и рациональном использовании природы. Все, что касается природного окружения, стали называть “экологией”, в том числе и охрану природы и охраны окружающей человека среды. Исходя из конечных целей, охрана природы и охрана окружающей среды близки между собой, но все же не идентичны.

Охрана природы нацелена на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей средой с целью его сохранения и восстановления природных ресурсов и предупреждения вредного влияния результатов хозяйственной деятельности на природу и здоровье человека.

Охрана окружающей среды концентрирует свое внимание прежде всего на потребностях самого человека. Это комплекс самых различных мероприятий (административно-хозяйственных, технологических, юридических, общественных и пр.), направленных на обеспечение функционирования природных систем, необходимых для сохранения здоровья и благосостояния человека.

Природопользование нацелено на удовлетворение различных потребностей человека путём рационального использования природных ресурсов и природных условий.

Нельзя смешивать понятия “экология”, “охрана природы”, “охрана окружающей среды” и “природопользование”, поскольку экология как фундаментальная наука о взаимоотношениях организмов и среды обитания значительно шире учения лишь об охране и защите этой природной среды. Экология является фундаментом. Базисом, на основании ее развиваются указанные прикладные науки. Экология теснейшим образом переплетается с вопросами техники и технологии, политики, экономики, духовности, права, медицины, эстетики, с разделами геологии, биохимии, информатики, термодинамики и ряда других дисциплин.

Человечество не может существовать, не используя природные ресурсы, не влияя на их количество и качество, а следовательно, не внося изменений в окружающую его природную среду. Изменения связанные с деятельностью человека, называются антропогенными.

Процесс эксплуатации природных ресурсов в целях удовлетворения материальных и культурных потребностей общества называется природопользованием. Оно может быть рациональным (разумным) и нерациональным. Само понятие рациональности предполагает опору на разум и знания. Поэтому под природопользованием понимают также науку, разрабатывающую общие принципы осуществления всякой деятельности, связанной с использованием природных ресурсов и воздействием на них, которые позволят избежать экологической катастрофы.

Под рациональным природопользованием понимается изучение природных ресурсов, их бережная эксплуатация, охрана и воспроизводство с учетом не только настоящих, но и будущих интересов развития народного хозяйства и сохранения здоровья людей. К сожалению, современное состояние природопользования в большинстве случаев может быть охарактеризовано как нерациональное, ведущее к истощению (вплоть до исчезновения) природных ресурсов даже восстановимых; нарушения экологического равновесия природных систем; загрязнению окружающей среды. Причин здесь много: это и недостаточное познание законов экологии и слабая материальная заинтересованность производителей и низкая экологическая культура населения и др.

В настоящее время окружающую среду попадает все больше антропогенных веществ, являющихся не просто загрязняющими, но и токсичными, канцерогенными, аллергенными и мутагенными для человека и других живых организмов.

Охрана литосферы. Загрязнение почвы происходит и в результате сельскохозяйственной деятельности, просачивание жидкого навоза из хранилищ на свинофермах загрязняет почвы и грунтовые воды. То же происходит при неправильном хранении минеральных удобрений, гербицидов, ядохимикатов, предназначенных для борьбы с вредителями, и т.п. Особая форма «биологического» засоления почв связана с внесением в неё фекалиями домашних животных яиц гельминтов и патогенных микроорганизмов. Это особенно характерно для пастбищ, приусадебных участков.

Большую экологическую опасность представляет широкое применение ядохимикатов в сельском хозяйстве, при озеленительных работах в городах и т.д. Рассчитанные на борьбу с вредными насекомыми и сорняками, пестициды ядовиты и для многих других живых организмов, а также для человека. Поэтому при использовании пестицидов в широких масштабах нарушается общая структура биоценоза и свойственные ему регуляторные механизмы. Часто применение ядохимикатов приводило к повышению численности вредителей за счет уничтожения их естественных врагов и паразитов. Передаваясь по пищевой цепи, токсиканты способствуют гибели хищных зверей и птиц, а также накапливаются в пищевых продуктах, потребляемых человеком.

Дегградация почвы -это постепенное ухудшение ее свойств, которое сопровождается уменьшением гумуса и снижением плодородия. Почва, один из важнейших компонентов окружающей природной среды, непосредственно связанный с приповерхностной частью литосферы. Почва обеспечивают существование биосферы, является её основой, она –биологический адсорбент и нейтрализатор загрязнений, без почвенного покрова невозможно воспроизводства биомассы, а следовательно, накопление колоссальных количеств энергии в процессе фотосинтеза растений.

Следует учитывать, что почва практически невозобновимых природной ресурс. Все основные её экологические функции замыкаются на одном обобщающем показателе-почвенном плодородии.

За счет неумеренного внесения в почву минеральных удобрений идет процесс -дегумификации. Потеря гумуса и как следствие, снижение плодородно не дает почве возможность выполнить в полной мере свои экологические функции, и она начинает дегradировать, т.е. ухудшать свои свойства.

К дегградации почв (земель) ведут и другие причины, преимущественно антропогенного характера.: эрозия, загрязнение, вторичное заселения, заболачивание, опустынивание. В наибольшей степени дегradируют почвы агроэкосистем причина неустойчивого состояния которых в их недостаточном обеспечением условий для оптимальной саморегуляции.

Эрозия почв -разрушение и снос верхних, наиболее плодородных горизонтов подстилающих пород ветром (ветровая эрозия) или потоками воды (водная эрозия). Земли, подвергшиеся разрушению в процессе эрозии, называют эродированными.

Поверхностные слои почв легко загрязняются. Большие концентрации в почве различных химических соединений – таксикантов пагубно влияют на жизнедеятельность почвенных организмов и чревато тяжелыми последствиями для человека, растительного и животного мира.

Основные загрязнители почвы: 1) пестициды (ядохимикаты); 2) минеральные удобрения; 3) отходы и отбросы производства; 4) газодымовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу; 5) нефть и нефтепродукты.

Твердые бытовые отходы и их утилизация. Общая площадь суши Земли составляет 149,1 млн. км², из них пригодны для обитания людей 133 млн. км².

Основные виды загрязнения литосферы - твердые бытовые и промышленные отходы. На одного жителя в городе в среднем приходится в год примерно по 1 т твердых отходов, причем эта цифра ежегодно увеличивается.

В городах под складирование бытовых отходов отводятся большие территории. Удалять отходы следует в короткие сроки, чтобы не допускать размножения насекомых, грызунов, предотвращать загрязнение воздуха. Во многих городах действуют заводы по переработке бытовых отходов, причем полная переработка мусора позволяет городу с населением в 1 млн. человек получать в год до 1500 т металла и почти 45 тыс. т компоста- смеси, используемой в качестве удобрения. В результате утилизации отходов город становится чище, кроме того, за счет освобождающихся площадей, занятых свалками, город получает дополнительные территории

Твердые промышленные отходы. В результате промышленной деятельности человека происходит загрязнение почвы, что приводит к выводу из строя земель, пригодных для сельского хозяйства. Основные виды промышленных отходов - шлаки тепловых электростанций и металлургических заводов, породные отвалы горнодобывающих предприятий и горно-обогатительных комбинатов, строительный мусор и т.д. В особую группу выделяют загрязнение почвы нефтепродуктами и другими химическими веществами (в авиационной и других технологиях - это твердые осадки гальванованн и продукты травления металлов), которые пагубно воздействуют на почвенные микроорганизмы и корневую систему растений.

Основные источники загрязнения поверхностных и подземных вод.

Человечеству для жизни нужна не просто вода, не любая вода, а вода пресная определенного качества, а ее очень и очень мало. Напомним, что из каждого 100 л воды на Земле 97л имеют соленый вкус.

Современные исследования показали, что суммарные запасы всех видов пресных вод суши- рек, озер, подземных и снежно-ледниковых ресурсов не превышают 2,5% от общего количества воды на планете. Запас воды в реках и озерах оценивается цифрой в 95000 км³, т.е. всего 0,26% от суммарных ресурсов пресных вод, или 0,007% от общих запасов воды на Земле.

Проблема питьевой воды связана с проблемой использования её для получения продуктов питания. Сельское хозяйство требует больших водных затрат. Промышленность является главным потребителем воды, чем в начале XX в. промышленность потребляла всего 30 км³ воды в год, то к 1975 г. водопотребление возросло до 630 км³, и в 2015г. оно достигнет (по прогнозам) 2750 км³ в год.

Насколько велики потребности в воде в промышленности и сельском хозяйстве, можно судить по следующим цифрам. Для производства сахара из 1 т сахарной свеклы требуется 0,5-6 м³ воды, 1т бумаги- 1,5-60 м³, 1т пряжи – до 200 м³, 1т- стали – 25 тыс.л., для выпуска одного автомобиля- 300 тыс.л для орошения 1 га хлопка- 5-6 тыс. м³, 1 га риса- 15-20 тыс. м³.

Узбекистан является республикой развитого орошаемого земледелия. Интенсивное развитие орошаемого земледелия требует достаточного объема поливных вод с невысокой минерализацией (желательно до 1г/л) и благоприятным химическим составом. На орошение в Узбекистане расходуется около 90% располагаемых водных ресурсов.

Водные ресурсы Узбекистана являются частью общих водных ресурсов, которыми располагает бассейн Аральского моря. К этому бассейну принадлежат крупнейшие реки Средней Азии: Амударья и Сырдарья, являющиеся главным источником поверхностного стока и непосредственно впадающие в Аральское море, а также реки гидрографически тяготеющие к бассейну и расположенных в пределах Аральской впадины. К ним относятся реки Зарафшан, Кашкадарья, Теджин и Мургаб (две последние связаны с бассейном Амударьи, Каракумским каналом), реки Чу, Талас, Асса впадающие в озеро Иссык-Куль, и многие мелкие реки, не доносящие воды до основных речных систем, стекающие со склонов Памиро-Алая и Тянь-Шаня.

Качество речных вод, поступающих с горных территорий их формирования, очень высокое- практически ничем эти воды не загрязнены и минерализация их очень мала. Однако, по мере продвижения вниз, качество воды рек резко ухудшается.

Главными поставщиками таких загрязнителей, как гербициды, пестициды, минеральные удобрения, а также суммы ионов, формирующих общую минерализацию воды, являются орошаемое земледелие и сельхозпроизводство. Промышленное производство загрязняет воду в основном, тяжелыми металлами, фенолами и нефтепродуктами.

Поэтому большинству рек региона в их среднем и нижнем течениях повышенная минерализация воды от 1-1,5 г/л. в среднем течении до 2 г/л и более в нижнем течении. В низовьях р. Амударьи постоянно фиксируется превышение ПДК по минерализации и жесткости воды, а также по сульфатам, хлоридам, фенолам, кремнию и т.д. Приближается к ПДК загрязнение воды фтором и ртутью. В нижнем течении р. Зарафшан фиксируется содержание почти всех элементов таблицы Менделеева. Аналогично крайне неудовлетворительно качество воды в реках Сырдарьи, Сурхандарьи и Кашкадарьи.

Гидравлическая взаимосвязь поверхностных вод с подземными привела к фактически полной потере былого нормального качества также и подземных вод, особенно в низовьях рек и зонах развитого орошения земель.

Подземные воды в бассейне Аральского моря, в том числе и на территории Узбекистана, формируются под действием инфильтрации осадков, фильтрации из водоёмов, речных русел, каналов, озер а также с орошаемых территорий, причём последнее проявляется в весьма значительной степени.

В целом по региону разведано 339 месторождений подземных вод, из них 94- на территории Узбекистана. Общие их ресурсы оцениваются в 32,5 км³ (что составляет около 25% от объёма поверхностных вод), в том числе по Узбекистану- 19,7 км³ при эксплуатационных запасах, соответственно, 12,1 км³ по региону и 6,8 км³ по Узбекистану (Антонов, 2000).

Причиной прогрессирующего загрязнения подземных вод Узбекистана, в основном, является ухудшение качества поверхностного стока, так как подземные воды гидравлически связаны по приходным статьям баланса с поверхностным стоком на 78%. Масштабы загрязнения подземных вод достаточно велики. В них наблюдаются превышение ПДК по жесткости, фенолом, нефтепродуктам, сульфатам, хлоридам, нитратам и другими элементами.

За последние 30 лет вышли из строя практически все эксплуатационные запасы подземных вод на территории Каракалпакистана, Хорезмской, Бухарской и Навоийской области, где из 2,5 км³ пресных подземных вод осталось всего лишь 0,005 км³.

В Самаркандской области запасы пресных подземных вод сократились на 0,6 км³, в Ташкентской- на 1,4 км³, в Ферганской- на 0,9 км³. Почти полностью стали не рабочими такие крупные месторождения пресных подземных вод, как Южносурханское, Нижнезарафшанское, Дальверзинское, Ярмазарское. Таких примеров, доказывающих негативное воздействие хозяйственной деятельности человека, можно привести множество.

Возвратные воды представляющие собой сумму коллекторно-дренажного и сбросного стока с орошаемых территорий, а также сточных вод от промышленности, сельского хозяйства и коммунально-бытового хозяйства. Составляют по бассейну Аральского моря величину порядка 45,8 км³ или примерно 40% от естественного речного стока. Сточные воды в этом объеме занимают около 7%, остальная часть- это в основном коллекторно-дренажный и сбросной сток с орошаемых полей, объем которого по региону оценивается в 42,7 км³, в том числе по Узбекистану – в 28,2 км³. Объем сточных вод соответственно составляет: по региону – 3,3 км³, по Узбекистану – 2,4 км³.

Возвратные воды и особенно коллекторно-дренажные воды, являются главным источником загрязнения водной среды. В их составе преобладают сульфатные, хлоридные и натриевые ионы, пестициды и другие загрязняющие вещества. Установлено, что

коллекторно-дренажным стоком с орошаемых площадей выносятся до 25% вносимого на поля азота. Концентрация фосфатов и пестицидов в коллекторно-дренажном стоке в 8-10 раз и более превышает ПДК для хозяйственно-бытовых нужд.

Характеристика основных видов загрязнения атмосферы.

Огромное число вредных веществ находится в воздухе, которым мы дышим.

Это и твердые частицы, например частицы сажи, асбеста, свинца, и взвешенные жидкие капельки углеводородов и серной кислоты, и газы, такие, как оксид углерода, оксиды азота, диоксид серы. Все эти загрязнения, находящиеся в воздухе, оказывают биологическое воздействие на организм человека: затрудняется дыхание, осложняется и может принять опасный характер течение сердечно-сосудистых заболеваний. Под действием одних содержащихся в воздухе загрязнителей (например, диоксида серы и углерода) подвергаются коррозии различные строительные материалы, в том числе известняк и металлы. Кроме того, может измениться облик местности, поскольку растения также чувствительны к загрязнению воздуха.

Земная атмосфера подразделяется на слои в соответствии с их температурой. На рис. 9 высота слоев указана приблизительно, поскольку она меняется в зависимости от точки отсчета.

К основным загрязнителям атмосферы, которых, по данным ЮНЕП, (программа ООН по окружающей среде) ежегодно выделяется до 25 млрд. т, относят:

- диоксид серы и частицы пыли — 200 млн. т/год;
- оксиды азота (N_xO_y) — 60 млн. т/год.
- оксиды углерода (СО и CO_2) — 8000 млн. т/год;
- углеводороды (C_xH_y) — 80 млн. т/год.

Оксид серы IV SO_2 . При растворении в воде образует кислотные дожди: $H_2O + SO_3 = H_2SO_5$. Выделяется в атмосферу в основном в результате работы теплоэлектростанций (ТЭС) при сжигании бурого угля и мазута, а также серосодержащих нефтепродуктов и при получении многих металлов из серосодержащих руд- PbS , ZnS , CuS , NiS , MnS и т.д.

При сжигании угля или нефти содержащаяся в них сера окисляется, при этом образуются два соединения - диоксид серы и триоксид серы. В процессе первоначального горения топлива до триоксида серы окисляется менее 3% серы. Кислотные дожди губят растения, закисляют почву, увеличивают кислотность озер.

Необходим контроль процесса способствующих снижению выбросов окислов серы в атмосферу. В основном это строительство заводов по производству серной кислоты по схеме: диоксид серы - триоксид серы - серная кислота. Используя оксиды серы как вторичное сырье, человечество для производства такого необходимого ему во многих отраслях промышленности продукта, как серная кислота, перестанет извлекать из недр ограниченные запасы серы.

Подсчитано, что в 80-е годы человечеству было необходимо получать около 25 млн. т серной кислоты в год (например, для получения синтетических моющих средств и других продуктов), а выброс оксидов серы в то же время составил 15,6 млн. т. в год, больше, чем необходимо для производства указанного выше количества серной кислоты.

Даже при среднем содержании оксидов серы в воздухе порядка 100 мкг на кубометр, что нередко имеет место в городах, растения приобретают желтоватый оттенок. Отмечено, что заболевания дыхательных путей, например бронхиты, учащаются при повышении уровня оксидов серы в воздухе.

Разработано большое число методов для улавливания двуокиси серы из отходящих дымовых газов. Например, скрубберные установки, дающие отходы в виде продуктов, имеющих спрос на рынке: один из таких скрубберов производит серу высокой чистоты, другой — разбавленную серную кислоту. Последнюю, невыгодно перевозить на большие расстояния, но высокочистая сера, которая находит применение при производстве лекарственных препаратов, промышленных реагентов, удобрений в развитых странах привлекает и потребителей из-за рубежа.

Оксиды азота (N_2O_2). В природе оксиды азота образуются при лесных пожарах. Высокие концентрации оксидов азота в городах и окрестностях промышленных предприятий связаны с деятельностью человека. В значительном количестве оксиды азота выделяют ТЭС и двигатели внутреннего сгорания. Выделяются оксиды азота и при травлении металлов азотной кислотой. Производство взрывчатых

веществ и азотной кислоты - еще два источника выбросов оксидов азота в атмосферу.

Загрязняют атмосферу:

- N_2O — оксид азота I (веселящий газ), обладает наркотическими свойствами, используется при хирургических операциях;

- NO — оксид азота II, действует на нервную систему человека, вызывает паралич и судороги, связывает гемоглобин крови и вызывает кислородное голодание;

- NO_2 , N_2O_4 — оксиды азота V ($N_2O_4 = 2NO_2$), при взаимодействии с водой образуют азотную кислоту $4NO_2 + 2N_2O + O_2 = 4HNO_3$. Вызывают поражение дыхательных путей и отек легких.

Оксиды азота принимают участие в образовании фотохимического смога. К фотохимическим процессам относятся процессы образования пероксиацетилнитратов (ПАН). При концентрациях ПАН 0,1-0,5 мг/м³ они могут вызывать раздражение слизистой оболочки глаз и гибель растений. Уровни фотохимического загрязнения воздуха тесно связаны с режимом движения автотранспорта. В период высокой интенсивности движения утром и вечером отмечается пик выбросов в атмосферу оксидов азота и углеводородов. Именно эти соединения, вступая в реакции, друг с другом, обуславливают фотохимическое загрязнение воздуха.

Наблюдается большое количество заболеваний верхних дыхательных путей у населения, подвергавшегося воздействию высоких уровней оксидов азота, по сравнению с группой людей, которые находились в условиях меньшей концентрации N_2O_4 , а концентрации других загрязнителей были такими же.

Люди с хроническими заболеваниями дыхательных путей (эмфизема легких, астма), а также страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями, более чувствительны к прямым воздействиям оксидов азота.

Оксид углерода II (CO). Концентрация оксида углерода II в городском воздухе больше, чем любого другого загрязнителя. Однако поскольку этот газ не имеет ни цвета, ни запаха, ни вкуса, наши органы чувств не в состоянии обнаружить его.

Самый крупный источник оксида углерода в городах — автотранспорт. В большинстве городов свыше 90% CO попадает в воздух вследствие неполного сгорания углерода в моторном топливе

по реакции: $2C + O_2 = 2CO$. Полное сгорание дает в качестве конечного продукта диоксид углерода: $C + O_2 = CO_2$.

Другой источник оксида углерода — табачный дым, с которым сталкиваются не только курильщики, но и их ближайшее окружение. Доказано, что курильщик поглощает вдвое больше оксида углерода по сравнению с некурящим.

Оксид углерода вдыхается вместе с воздухом или табачным дымом и поступает в кровь, где конкурирует с кислородом за молекулы гемоглобина. Оксид углерода соединяется с молекулами гемоглобина прочнее, чем кислород. Чем больше оксида углерода содержится в воздухе, тем больше гемоглобина связывается с ним и тем меньше кислорода достигает клеток. По этой причине оксид углерода при повышенных концентрациях представляет собой смертельно опасный яд.

Типичный автомобильный двигатель середины 60-х годов выбрасывал с выхлопными газами в среднем 73 г оксида углерода на каждые 1,5 км пробега. К 1981 г. выброс оксида углерода новыми автомобилями достиг уровня всего 3,4 г на 1,5 км (данные США).

Оксид углерода IV (CO₂). Влияние углекислого газа (CO₂) связано с его способностью поглощать инфракрасное излучение (ИК) в диапазоне длин волн от 700 до 1400 нм. Земля, как известно, получает практически всю свою энергию от Солнца в лучах видимого участка спектра (от 400 до 700 нм), а отражает в виде длинноволнового ИК-излучения.

С 1850 г. содержание CO₂ в атмосфере возросло с 0,027 до 0,033% в связи с техногенной деятельностью. Человечество сожгло в XX в. ископаемых видов топлива столько, сколько за весь период своего существования до XX в. Поглощая ИК-излучение, CO₂ действует как парниковая пленка.

Подсчитано, что если к 2000 г. среднегодовая температура возрастет на 1°C, то в результате таяния ледников уровень Мирового океана поднимется на 1,5 м. Но накопление углекислого газа в атмосфере идет в 2-3 раза медленнее, чем это подсчитано теоретически.

Механизмом вывода углекислого газа из атмосферы является поглощение его в результате фотосинтеза растений, а также связывание его в океанских водах по реакции: $CO_2 + H_2O + Ca^{2+} = CaCO_3 + 2H^+$.

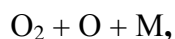
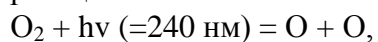
Пыль. Причины основных выбросов пыли в атмосферу- это пыльные бури, эрозия почв, вулканы, морские брызги. Около 15- 20% общего количества пыли и аэрозолей в атмосфере попадает в результате хозяйственной деятельности человека- производство стройматериалов, дробление пород в горнодобывающей промышленности, производство цемента, строительство. Пыль, осевшая в индустриальных городах, содержит 20% оксидов железа (Fe_2O_3), 15% оксида кремния (SiO_2) и 5% сажи (С). Промышленная пыль часто включает также оксиды различных металлов и неметаллов, многие из которых токсичны (оксиды марганца, свинца, молибдена, ванадия, сурьмы, теллура).

Пыль и аэрозоли не только затрудняют дыхание, но и приводят к климатическим изменениям, поскольку отражают солнечное излучение и затрудняют отвод тепла от Земли. Например, так называемые смоги в населенных южных городах снижают прозрачность атмосферы в 2-5 раз.

Кислород (O_2) Кислород на Земле создан самой жизнью. Примерно 2 млрд. лет назад содержание свободного кислорода в земной атмосфере начало возрастать. После того как из части атмосферного кислорода сформировался защитный озоновый слой, начали развиваться наземные растения и животные. С течением времени содержание кислорода в атмосфере значительно менялось, поскольку менялись уровни его образования и использования:

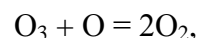
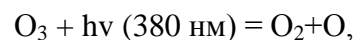
Главным продуцентом кислорода на Земле служат зеленые водоросли поверхности океана (60%) и тропические леса суши (30%). Тропические леса Амазонки называют легкими планеты Земля. В литературе высказываются опасения, что возможно уменьшение количества кислорода на Земле вследствие увеличения объема сжигаемого ископаемого топлива. Но расчеты показывают, что использование всех доступных человеку залежей угля, нефти и природного газа уменьшит содержание кислорода в воздухе не более чем на 0,15% (с 20,95 до 20,80%).

Озон (O_3). Озон образуется в верхних слоях стратосферы и в нижних слоях мезосферы в результате протекания следующих реакций:



где М — различные составляющие атмосферы, например, кислород или азот.

Озон и атомарный кислород могут реагировать в кислородной атмосфере согласно реакциям:



Эти реакции образуют так называемый цикл Чепмена. Общее содержание озона иногда выражают как число молекул, получаемое в результате суммирования по всем широтам, долготам и высотам. На сегодняшний день это количество приблизительно равно $4 \cdot 10^{37}$ молекул озона. Наиболее распространенной количественной оценкой состояния озона в атмосфере является толщина озонового слоя Х- это толщина слоя озона, приведенного к нормальным условиям, которая в зависимости от сезона, широты и долготы колеблется от 2,5 до 5 относительных мм. Области с уменьшенным содержанием на 40-50% озона в атмосфере называют «озоновыми дырами».

Около 90% озона находится в стратосфере. Долгое время считалось, что основной причиной истощения озонового слоя являются полеты космических кораблей и сверхзвуковых самолетов, а также извержения вулканов и другие природные явления.

Разрушительное действие хлорфторуглеродных соединений (ХФУ) на стратосферный озон было открыто в 1974г. американскими учеными- специалистами в области химии атмосферы Ш. Роулэндом и М. Молина (в 1996г. за открытия в этой области им присуждена Нобелевская премия). Во всем мире постарались ограничить выброс ХФУ в атмосферу, тем не менее, сейчас во всем мире ежегодно производится около миллиона тонн газообразных веществ, способных разрушить озоновый слой.

ХФУ, часто встречающиеся в быту и в промышленном производстве, - это пропелленты в аэрозольных упаковках, хлаоагенты (фреоны) в холодильниках и кондиционерах. Они применяются и при производстве вспененного полиуретана, и при чистке электронной техники.

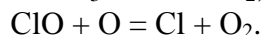
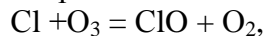
Постепенно ХФУ поднимаются в верхний слой атмосферы и разрушают озоновый слой- щит атмосферы, спасающий от УФ-

излучения. Время жизни двух самых опасных фреонов - Ф-11 и Ф-12- от 70 до 100 лет. Если сохранятся современные темпы выброса ХФУ в атмосферу, то в ближайшие 70 лет количество стратосферного озона уменьшится на 90%. При этом весьма вероятно, что:

- рак кожи примет эпидемический характер;
- резко сократится количество планктона в океане;
- исчезнут многие виды животных, например, ракообразные;
- УФ-излучение неблагоприятно скажется на сельскохозяйственных культурах.

Все это нарушает равновесие во многих экосистемах Земли, из-за фотохимического смога ухудшится общее состояние атмосферы, усилится «парниковый эффект».

ХФУ - высокостабильные соединения и поскольку они не поглощают солнечное излучение с большой длиной волны, они не могут подвергнуться его воздействию в нижних слоях атмосферы, но, преодолев защитный слой, поднимаются вверх по атмосфере и коротковолновое излучение высвобождает из них атомы свободного хлора. Свободные атомы хлора затем вступают в реакцию с озоном:



Таким образом, разложение ХФУ солнечным излучением создает каталитическую цепную реакцию, согласно которой один атом хлора способен разрушить до 100 000 молекул озона. Канцерогенным является УФ-излучение с длиной волны короче 320 нм. Ожидается, что каждый процент сокращения озонного слоя повлечет за собой увеличение числа случаев заболевания раком кожи на 5-6%.

Основным критерием контроля качества атмосферного воздуха является ПДК токсичных веществ. При санитарной оценке качества атмосферного воздуха принято выражать содержание загрязняющих веществ в мг на м³ воздуха. Это выражение концентрации применимо для любого агрегатного состояния примесей

Критерием оценки влияния выбросов предприятий на окружающую среду является уровень практических концентраций примесей в атмосфере, полученных в результате рассеивания выбросов, по сравнению с предельно допустимыми.

Нормы ПДК служат исходной базой для проектирования и экспертизы новых машин и механизмов, технологических линий,

промышленных сооружений и предприятий, а также для расчета вентиляционных, газопылеулавливающих и кондиционирующих систем, контролируемых приборов и систем сигнализации.

Нормативные выбросы вредных веществ устанавливаются для каждого источника загрязнения в г/с и для всего предприятия в целом (т/год). При установлении ПДВ (предельно допустимый выброс) или ВСВ (временно согласованный выброс) необходимо учитывать фоновые концентрации, значения которых определяются для предприятия территориальными организациями службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Для городов с населением меньше 250 тыс. человек приняты следующие нормы фоновых концентраций основных токсикантов:

$$\text{SO}_2 — 0,1 \text{ мг/м}^3 \quad \text{CO} — 1,5 \text{ мг/м}$$

$$\text{NO}_2 — 0,03 \text{ мг/м}^3 \quad \text{пыль} — 0,2 \text{ мг/м}^3$$

Методика для расчета ПДВ основана на применении модели, которая учитывает индивидуальные свойства загрязнителя.

Физико-химические методы очистки атмосферы от газообразных загрязнителей. Основное направление защиты воздушного бассейна от загрязнений вредными веществами - создание новой безотходной технологии с замкнутыми циклами производства и комплексным использованием сырья.

Многие действующие предприятия используют технологические процессы с открытыми циклами производства. В этом случае отходящие газы перед выбросом в атмосферу подвергаются очистке с помощью скрубберов, фильтров и т.д. Это дорогая технология, и только в редких случаях стоимость извлекаемых из отходящих газов веществ может покрыть расходы на строительство и эксплуатацию очистных сооружений.

Наиболее распространены при очистке газов адсорбционные, абсорбционные и каталитические методы.

Санитарная очистка промышленных газов включает в себя очистку от CO₂, CO, оксидов азота, SO₂, от взвешенных частиц.

6.2 Рациональное природопользование

Исследования ведущих специалистов экологов приводят к

заклучению что в настоящее время создалась кризисная ситуация, которая требует принятия срочных мер. Иначе уже к середине следующего века он перейдет в экологическую катастрофу, при которой разрушительные процессы выйдут из-под контроля человека и примут необратимый характер. Вывести человечество от создавшегося положения может только подлинная научно-техническая революция, при которой любые технические решения должны опираться на предварительные серьезные научные изыскания, и прежде всего в области экологии. При этом самым сложным является процесс изменения мировоззренческих позиций, признание абсолютного приоритета задачи повышения устойчивости природных систем над задачей роста хозяйственных благ.

На первых порах экологизации научно-технического прогресса должна проявляться в изучении безопасных пределов антропогенного давления общества на окружающую среду, в широком использовании чистых и неисчерпаемых источников энергии, в более полной добыче полезных ископаемых из недр и полезного вещества из извлеченной породы, во внедрении ресурсосберегающей и безотходной технологии и т.п. Отсутствие экономической, материальной заинтересованности производителей в бережном отношении к природе и соответственно недостаточность денежных средств, выделяемых для защиты окружающей среды - одна из основных причин доведения до состояния.

И только тогда, когда это состояние стало оказывать ощутимое отрицательное влияние на условия производства продукции и получения прибыли, в поле зрения экономики стали входить экологические проблемы.

Это отрицательное влияние проявляется в истощении наиболее доступных месторождений полезных ископаемых, что ведет к удорожанию сырья и материалов, ухудшению здоровья работников, что отражается на производительности труда; ухудшении работы оборудования и качества продукции, вследствие загрязненности воздуха и воды, используемых в производстве; снижение

урожайности сельскохозяйственности культур.

Например, в Узбекистане истощение почвенного покрова обрело заметное очертание в 60-80-е года прошлого столетия, когда окончательно утвердилась монополия хлопчатника. Для повышения урожайности хлопчатки в почву ежегодно вносилось большое количество минеральных удобрений (селитра, фосфаты и др.), на каждый гектар (до 400 кг). Кроме того, для борьбы с сельскохозяйственными вредителями широко использовались ядохимикаты- пестициды (на каждый гектар площади тратилось до 54 кг). Из-за постоянного и неограниченного использования минеральных удобрений и пестицидов, почти при полной отсутствии севооборота, почвы за последние 20-30 лет потеряли от 30% до 50% перегноя. Кроме того, уничтожение дождевых червей и других живых организмов замедлило естественный процесс восстановления плодородия земли.

Широкомасштабное использование пестицидов для уничтожения сорняков различных сельхозвредителей вызвало накопление пестицидов в подземных и надземных водах, и даже на стеблях растений. Заражение ядохимикатами распространялось по цепочке: яд попал в организм домашних животных, а затем и человека, который употреблял молоко и мясо зараженного пестицидами животного.

Огромную роль в экономике Узбекистана имеет проблема рационального использования орошаемых земель. Эти земли в основном приурочены к речным долинам и речным трассам, к конусам выносов и к дельтам рек.

В низовьях рек грунтовые воды залегают вблизи дневной поверхности земли и в период вентиляции, поднимаясь по капиллярам, испаряются, а содержащиеся в воде соли (сульфат, хлорид, натрий и др.) выпадают в осадок. Происходит засоление. На таких землях посевы выглядят угнетенными, и естественно, ожидать желаемого урожая не приходится. Засолению подвержены многие участки: Сарыкамышская дельта Амударьи (Хорезм), Акчадарья (Элликкала,

Турткуль, Беруни), дельта Амударьи (Каракалпакстан), дельта Зарафшана (Бухара, Каракуль), дельта Шерабада, Кашкадарьи, Мирзачуль, Центральная Фергана. В большинстве районов уровень залегания грунтовых вод составляет 1-3 метра и, как следствие этого, в почве накапливаются различные соли (1-3%). В этих районах очень напряженная экологическая обстановка.

В целях борьбы с засолением строятся горизонтальная и вертикальная дренажная системы, а зимой осуществляется “промывка” почв.

Для этого, чтобы повысить эффективность орошаемых земель, необходимо увеличить коэффициент полезного действия магистральных каналов, мелкохозяйственных и внутрихозяйственных оросителей. Вместе с тем важно экономно расходовать воду в промышленности, строительстве, транспортном, рыбном и коммунальном хозяйстве.

Общий объем возвратных вод Аральского бассейна составляет примерно 30-31 км³ в год. Часть этой воды сбрасывается в закрытые водоёмы Кызылкумов и Каракумов, другая часть питает Сырдарью и Амударью.

В настоящее время в местах сброса вод оросительных систем, образовалось свыше 100 соленых водоёмов различного размера, вода которых расходуется на испарение. Дренажная вода, сбрасываемая в реки, является причиной и загрязнения и избыточной минерализации. В составе дренажных вод, как известно, содержатся вредные химические соединения (минеральные удобрения, пестициды и др.), которые делают воду совершенно не пригодной для употребления. Кроме того, такая вода вызывает различные заболевания.

Как известно, на орошаемых землях естественная растительность полностью отсутствует. Некоторая часть диких животных покидает зону орошения, другая - приспособляется к изменившимся условиям, но большая часть погибает. Например, начиная с 60-х годов уровень Арала стал понижаться из-за отвода воды на орошение, поэтому процесс высыхания быстро

прогрессировал. Это привело к перестройке структуры геосистемы. За исключением литологической, все остальные компоненты претерпели изменения в сильной и очень сильной степени.

Понижение уровня грунтовых вод, рост степени её минерализации, накопление солей в почве привели к распространению в начале гидроморфных, полугидроморфных, а затем и автоморфных условий. Вологистые почвы стали переходить в лугово-такырные, в некоторых местах в типично-солончаковые, кроме того камышовые заросли сменились гребенщиком, однолетней солянкой, колосником каспийским. Животный мир также перетерпел изменения - в основном рыбы, водоплавающие птицы, большая часть которых погибла из-за высыхания водоёмов. В общем органическая жизнь дельт в корне изменилась и этот процесс продолжается до сих пор.

Охрана и защита природных комплексов неразрывно связаны с рациональным использованием природных ресурсов. Только правильное и плановое использование природных богатств, внедрение безотходных или малоотходных технологий способно уберечь окружающую среду от загрязнения и деградации.

Смысл рационального природопользования заключается в регулировании водно-солевого режима почвы, влажности, защита её от водной и ветровой эрозии, обеспечении необходимыми микроэлементами, своевременным внесением органических и минеральных удобрений, т.е. необходима такая система сельского хозяйства, где агромилиоративные и агротехнические мероприятия строго соблюдаются.

Для эффективного использования водных и почвенных ресурсов необходимо, чтобы коэффициент полезного действия оросительной коллекторно-дренажной сети составлял 85-90%. Посевы необходимо обеспечивать биологически необходимой нормой воды.

В целях рационального использования водных ресурсов необходима борьба с загрязнением вод в реках и водных бассейнах.

Необходимо сокращение сброса отходов промышленных предприятий, животноводческих ферм и др. в водоёмы.

В целях рационального природопользования широко использовать результаты мониторинговых исследований. Наблюдение, контроль, оценка и разработка мер в области охраны окружающей среды- является основной при разработке мер по рациональному природопользованию.

6.3. Восстановление нарушенных экосистем

Многообразные перекрывающиеся формы связей между популяциями разных видов объединяют биоценоз в целостную биологическую систему. Как и системы иного уровня, биоценоз существует в определенных условиях географической среды. Среда эта не стабильна и устойчивое выполнение центральной функции экосистем- поддержания биогенного круговорота- должно обеспечиваться биоценозическими адаптивными механизмами. Эти механизмы действуют как в сфере историческим установившихся стабильных взаимоотношений, адаптивных к наиболее общим условиям существования данной экосистемы, так и в системе взаимосвязей, определяющих устойчивое поддержание этих отношений в колеблющихся условиях конкретной среды.

На уровне экосистем набор видов, состав и сложность трофических сетей, наиболее устойчивые формы взаимодействия между видовыми популяциями отражают приспособленность к наиболее фундаментальным особенностям среды и направлены на устойчивое поддержание биогенного круговорота в этих условиях. Нарушения в экосистеме, происходящие на фоне неизменных средних характеристик среды, вызывают функциональные адаптации компенсаторного типа, сохраняющие принципиальную структуру

биоценоза. Таковы, например, многообразные обратимые изменения трофических, топических или паразитарных связей, обусловленные колебаниями численности отдельных видов. При более существенном нарушении состава биоценоза возникают неустойчивые, сменяющие друг друга сообщества- процесс, в идеальном случае ведущий к восстановлению исходного типа экосистемы экологические сукцессии такого рода- одна из наиболее ярких выражений действия функциональных адаптаций на уровне биоценозов.

Человек издавна оказывал влияние на природу, воздействуя как на отдельные виды растений и животных, так и на сообщества в целом. Но лишь в текущем столетии рост населения, а главным образом качественный скачок в развитии науки и техники привели к тому, что антропогенные воздействия по своему значению для биосферы вышли на один уровень с естественными факторами планетарного масштаба. Преобразования ландшафтов в города и иные поселения человека, в сельскохозяйственные угодья и промышленные комплексы охватило уже более 20% территории суши. Количество перемещаемого в процессе производственной деятельности вещества в наше время на порядок выше величин естественных рельефообразующих процессов. Расход кислорода в промышленности и транспорте в масштабе всей биосферы порядка 10% планетарной продукции фотосинтеза; в некоторых странах техногенное потребление кислорода превышает его производство растениями. В наши дни воздействие человека на природные системы становится направляющей силой дальнейшей эволюции экосистем.

Влияние деятельности человека на природные сообщества чрезвычайно разнообразно и прослеживается на всех уровнях биосферы. Кризисное её состояние в первую очередь связано с такими факторами антропогенного воздействия, как прямое истребление ряда видов живых организмов, а также загрязнение биосферы промышленными и бытовыми отходами, пестицидами и т.п.

Эксплуатация биологических ресурсов. Катастрофические результаты влияния человека на природу впервые были восприняты через список истребленных человеком видов растений и животных. Главные причины уничтожения птиц и млекопитающих – неумеренная охота и борьба с вредителями. При этих формах воздействия вымирание видов шло главным образом через нарушение механизмов воспроизводства популяций из-за резкого снижения их численности и плотности населения.

Однако не меньше число видов исчезло с лица земли по чисто экологическим причинам, таким как, коренное изменение свойственных виду биотопов, нарушение биоценологических связей в виде появления новых хищников, возбудителей болезней и т.п. В Узбекистане также шло истребление животных и птиц хищническим способом. Многие из них в настоящее время занесены в “Красную книгу”. Проблема переэксплуатации не менее значима и в водной среде. Известно, что перепромысел не только снижает численность промысловых видов гидробионтов, но и оказывает влияние на структуру и воспроизводительные способности их популяций.

И в этом случае стоит вопрос восстановления нарушенной экосистемы. Такое же положение и по отношению к растительности.

Освоению новых площадей для строительства городов, увеличение орошаемых площадей привели к уничтожению многих растений.

Борьба с вредными последствиями переэксплуатации биологических ресурсов – задача экологическая. Она предусматривает изучение параметров популяций эксплуатируемых видов и разработку на этой основе норм воздействия промысла, не нарушающих, а, напротив стимулирующих репродукцию в масштабах, полностью компенсирующих уровень промыслового изъятия. Вторичные последствия в виде упрощения структуры экосистем и снижения уровня биологического разнообразия также основываются на экологических закономерностях. Соответственно и мероприятия по восстановлению устойчивости экосистем должны

базироваться на экологической основе. Охрана природы в наше время уже не может ограничиваться только “запретительными” мерами (частичный или полный запрет охоты или иных форм эксплуатации конкретных ресурсов, создание сети заповедников и т.п.). Современные знания достаточны для активных форм воздействия на природные системы вплоть до искусственного конструирования экосистем с заданными свойствами в антропогенно-нарушенных ландшафтах.

Экосистемы в пределах которых имеют место карьеры, отвалы, траншеи, отстойники и хвостохранилища обогатительных фабрик, трассы интубопроводов, водоводов и канализационных коллекторов, площадки буровых скважин, промышленные площадки и транспортные коммуникации ликвидированных предприятий и др. относятся к нарушенным и требующим рекультивации.

Рекультивация (лат. Recultivo, где re- приставка, означающая повторность, возобновление и cultivo- обрабатываю, возделываю) – комплекс организованных, инженерно-технических и биологических мероприятий, направленных на восстановление хозяйственной (производственной) и медико-биологической нарушенных ландшафтов (экосистем).

К нарушенным экосистемам относятся и обработанные ландшафты, где имеет место завершение разработки полезных ископаемых, формирования отвалов, извлечения из него ценных попутных компонентов, а также геологоразведочных строительных и иных работ, связанных с нарушением почвенного и растительного покрова.

Техногенные экосистемы (ландшафты), образующиеся на месте нарушенных и обработанных земель, не обладают способностью к самовосстановлению. Если же эта способность сохранена, то на восстановление естественным путем необходимы десятки или сотни лет. В связи с тем, что любое цивилизованное общество не может допустить выбытия на длительный срок из производства столь огромных площадей, встала проблема их восстановления. При этом

ставится задача не только восстановления прежнего потенциала экосистем (ландшафта), его исходной биологической и сельскохозяйственной продуктивности, но создания оптимального ландшафта (экосистем). Успешно выполняющего ресурсопроизводящие и природоохранные функции.

Рекультивация наземных экосистем осуществляется обычно в несколько этапов и подэтапов. Л.В. Моторина выделяет три основных. Первый- подготовительный. Он включает в себя обследование и типизацию нарушенных экосистем, изучение специфики их абиотических условий (геологического строения, состава пород, пригодности их к биологической рекультивации и другим видам пользования, прогноз динамики гидрогеологических условий), установление требований к последующим этапам рекультивации, составление технико-экономического обоснования и рабочих проектов и планов.

Второй этап- горнотехнический. Он включает мероприятия, направленные на подготовку территории к дальнейшему использованию. Сюда входит планировка поверхности, формирование плодородного слоя почвы на силанированную поверхность проложение необходимых дорог, каналов, коллекторно-дренажной сети и т.д. Конечная стадия этого этапа- укладка на выровненную поверхность плодородного слоя почвы мощностью 0,3-0,5 м для сельскохозяйственного и лесохозяйственного использования.

Третий биологический этап- это комплекс мероприятий сельскохозяйственного, рыбоводного и других значений по восстановлению плодородия экосистем. Он объединяет обработку нанесенного слоя почвы, внесение удобрений, посев сельскохозяйственных культур и зарыбление малых водоёмов (экосистем). Объектом рекультивации выступают прежде всего горнопромышленные экосистемы. Нуждаются в рекультивации, также экосистемы нарушенные мелиоративным строительством, а также эродированные земли. Указанные типы экосистем относятся к классу сельскохозяйственных антропогенных ландшафтов

(экосистем).

В Республики Узбекистан продолжается в системе восстановления водных экосистем, разработка и осуществления ряд программ по охране ресурсов подземных вод. Для снижения темпов их регионального загрязнения (истощения) завершены работы по схеме комплексного использования водных ресурсов и охраны подземных вод. Ведутся исследования по решению проблемы обессоливания больших масс коллекторно-дренажных вод, предотвращению их сброса вместе с коммунально-бытовыми стоками в речные и ирригационные системы. Введено в практику производственно-водохозяйственной деятельности получение заявок и разрешения на оценку воздействия на природную среду. Начаты работы по созданию водо-охраных полос и зон вдоль русел рек, каналов, коллекторов, водохранилищ и других водоемов.

В Республике Узбекистан осуществляется переход от локального принципа охраны пресных подземных вод к региональному в виде создания республиканских особо охраняемых природных территорий в областях формирования месторождений пресных подземных вод речных долин, конусов выноса и предгорных шлейфов. Разработаны принципы их размещения, создания наблюдательной сети, рекомендации по необходимому комплексу гидрогеологических работ, технологии регламентации хозяйственной деятельности для сохранения ресурсов подземных вод.

Наиболее совершенной формой охраны живой природы является заповедный режим. Организация заповедных территорий в настоящее время- это наиболее совершенный и надежный способ сохранения тех остатков могущественной некогда Природы, которым угрожает исчезновение по вине человека. Поэтому деятельность естествоиспытателей Узбекистана (большинства стран) направлена на расширение географической сети заповедных территорий и увеличение их площади.

Главная проблема восстановления экосистем- это не защита отдельных видов растений или животных, а сохранение в биосфере

достаточно обширной сети центров генетического разнообразия для обеспечения нормального развития широкого диапазона эволюционных процессов.

Под системой охраняемых территорий понимается совокупность экологически взаимосвязанных природных объектов выполняющих важнейшие средо-, ресурс- и информационно-охранные функции. Также территории исключаются из традиционного хозяйственного использования (рубка леса, осушение, орошение и тд.). В опубликованных работах говорится, что в настоящее время почти каждый природный объект- большинство видов растений и животных (или хотя бы отдельные их популяции в разных частях ареалов), биоценозов, экосистем и ландшафтов нуждается в той, или иной степени охраны. Однако реально организовать действенную охрану природных объектов можно лишь для их ограниченного числа, поэтому необходимо сосредоточить усилия хотя бы на самых важных.

Выделяются несколько видов заповедных объектов, подлежащих охране.

1. Заповедники- особо охраняемые пространства, полностью исключенные из любой хозяйственной деятельности ради сохранения в нетронутом виде природных комплексов, а также охраны редких и исчезающих видов растений и животных, типичных ландшафтов и экосистем. Подчинены строгому режиму охраны, который запрещает всякую деятельность человека, не связанную с задачами заповедника.

2. Национальные парки- обширные участки территории включающие охраняемые природные ландшафты, выделенные для охраны природы в оздоровительных, эстетических, научных и культурно-просветительских целях.

3. Резерваты природы- природные охраняемые территории с заповедным или заказным режимом. Резерваты обычно невелики по площади и создаются с целью охраны зонально или азонально встречающихся редких растительных группировках и

биотопов животных.

4. Памятники природы- природные достопримечательности, имеющие научное, историческое или культурно-эстетическое значение, а также объекты природы, связанные с какими-либо историческими событиями или лицами.

5. Заказники природы- участки природной территории, где временно или постоянно запрещены отдельные формы хозяйственной деятельности человека. Представляют интерес в научном, познавательно-воспитательном и культурной отношении. Организация заказников- это целевая форма охраны природных компонентов.

Восстановление водных экосистем. Водные ресурсы Узбекистана являются частью общих водных ресурсов, которыми располагает бассейн Аральского моря. К этому бассейну принадлежат крупнейшие реки Средней Азии: Амударья и Сырдарья, являющиеся главными источниками поверхностного стока и непосредственно впадающие в Аральское море, а также гидрографически тяготеющие к бассейну и расположенные в пределах Аральской впадины. К ним относятся реки Зарафшан, Кашкадарья, Теджен и Мургай (две последние связаны с бассейном Амударьи, Каракумским каналом), реки Чу, Талас, асса, реки впадающие в озеро Иссык-Куль и многие мелкие реки, не доносящие воды до основных речных систем, стекающие со склонов Памиро-Алая и Тянь-Шаня. Как было указано выше качество воды в этих водных экосистемах сильно ухудшается по мере продвижения с горных территорий (зона формирования) вниз (транзита и др.).

Подземные и возвратные воды также сильно загрязнены. Для регулирования водных ресурсов и восстановления их качества, как указывает В.И. Антонов (2000) специально разработано, по бассейнам Амударьи, Сырдарьи и другим крупным рекам региона “Схема комплексного использования и охраны водных ресурсов”, которые периодически обновлялись и уточнялись (1983-1984г.г.) В настоящее время на базе данной схемы подписана “Соглашение”, а

также образована, на уровне министерств государств Средней Азии, ведающих вопросами водных ресурсов и водного хозяйства Межгосударственная координационная водохозяйственная комиссия (МКВД). Необходимо отметить, что “схемы” 1983-1984 годов практически не учитывали требований экологии, и в частности, сохранение Аральского моря.

Наивысший приоритет при выработке обще региональной стратегии и новых бассейновых схем совместного использования и охраны водных ресурсов региона должен быть отдан решению проблемы обеспечения населения источниками доброкачественной питьевой воды и развитию коммунального хозяйства. Решение её будет связано с поиском новых источников водоснабжения, строительством специальных каналов и сооружений, в том числе и межгосударственного использования.

Высокий приоритет следует придать осуществлению мероприятий, направленных на водное обустройство дельт Амударьи и Сырдарьи и экологическое оздоровление Приаралья. Возрождение на этих территориях прежних природно-исторических условий проживания населения возможно обеспечить путём создания здесь, а также частично и на осушенном дне моря, искусственно обводненных ландшафтных экосистем на базе комплекса регулируемых инженерных и восстановления природных водоёмов, озёр и проток, позволяющих воссоздать условия для развития рыбоводства, ондатроводства и других традиционных для этих мест промыслов.

Следующими по степени приоритетности проблемами, решение которых связано с использованием ограниченных водных ресурсов региона, являются: развитие промышленного производства и энергетики, поддержание рыбоводства и дальнейшее развитие площадей орошения.

Из-за низкого технического уровня оросительных систем и применяемой технологии орошения примерно 60% воды, забираемой из водоисточников, не доходят до возделываемых растений, а

теряется на фильтрации, и сбросы с орошаемых полей. Эта вода вместе с растворенными в ней почвенными солями, минеральными удобрениями и ядохимикатами поступает в грунтовые воды, в коллекторно-дренажную сеть, возвращается в реку и используется затем повторно на землях нижерасположенных хозяйств.

А поскольку используются возвратные воды без всякой очистки и деминерализации, то практически весь объем содержащихся в них солей вновь возвращается на поля, и чем больше объем и частота использования возвратных вод, тем больше и объем солей содержащихся в них.

Растворяясь в оборачиваемых водных ресурсах, возвратные воды оказывают, на них очень сильное загрязняющее воздействие, значительно превосходящее то, которое создают промышленные и коммунальные стоки.

Одна из важных задач, которая стоит сегодня перед Республикой Узбекистан, заключается в том, чтобы, в условиях переживаемого дефицита водных ресурсов и связанного с этим экологического кризиса в бассейне Аральского моря и с учетом происходящих изменений в социально-экономическом укладе ставшего независимым государства, определиться с программой развития орошаемого земледелия и модернизации водного хозяйства на ближайшую и среднесрочную перспективу.

Восстановление экосистем Аральского региона

Зона экологического бездействия охватила не только экосистемы Приаралья, но и экосистемы бассейна Аральского моря, и поэтому для краткости проблему называют Аральским кризисом.

Он визуально выражен высыханием Аральского моря, опустыниванием экосистем пойменных земель приморских дельт рек и полным нарушением природно-равновесной экологической системы в его бассейне целом, приводившим к ухудшению здоровья практически всего населения и появлению признакам изменения

генофонда нации. Действительно, все экосистемы этого бассейна стали зоной экологического бедствия. В настоящее время нет единого мнения относительно роли Аральского моря и его высыхания в разрушении природно-равновесной экологической системы и, следовательно, о необходимости сохранения Аральского моря на определенной отметке с последующим поэтапным восстановлением как важнейшего природного объекта и неотъемлемой части экосистемы.

Бурное социально-экономическое развитие Приаралья с 1962-1990г привело к нарушению сложившегося здесь экологического равновесия с крупными социально-экологическими последствиями. Море практически перестало получать питание из рек Сырдарья и Амударья, полностью потеряло рыбохозяйственное и транспортное значение, климат Приаралья изменился: зима стала на 1,5-2,5°C холоднее, лето жарче на 1,5-2,5 °C, а длительность вегетационного периода сократилась на 10-15 дней и т.д. Усохли сотни водоемов и озер Приаралья, давшие пищу скоту, рыбе, птице, кормивших людей. Прекратили своё существование разветвленные дельты рек Сырдарья и Амударья. Процессы аридизации и острый недостаток воды обусловили почти полную деградацию природных экосистем региона, выразившуюся в развитии процессов опустынивания. Особенно сильно пострадала дельта реки Амударья. Погибли массивы тростниковых зарослей на площади 800 тыс. га, исчезают уникальные реликтовые тугайные заросли вдоль русел рек. Иссущение дельты привело к резкому обеднению животного мира. В числе крупнейших экологических нарушений, порожденных усыханием Арала и дефицитом пресной воды, является глобальный рост заселения всего биоценоза, Помимо высыхания моря в его бассейне произошло резкое ухудшение качества речных и связанных с ним подземных вод. В результате многие регионы Узбекистана лишились доброкачественной питьевой воды и вынуждено употреблять самую плохую в мире воду. Это в сочетании общей загрязненностью атмосферы, низким доходом на душу населения,

бедственным его положением и недопустимым уровнем медико-санитарного обслуживания, а также употребление условия жизнеобеспечения: 70-90% населения (особенно женского пола) больны различными заболеваниями, связанными с экологическими сдвигами, детская смертность здесь достигла самого высокого с мире уровня, растет и общий уровень смертности, снижается средняя продолжительность жизни коренного населения, усиливается отток населения из региона, исчезло более 200 видов фауны и флоры, содержание гумуса в почве снизилось более чем в 2 раза, естественно и падение её плодородия и т.д. Если в 70-х годах регион имел самые высокие темпы роста численности населения за счет высокой степени рождаемости коренного населения, сокращения смертности и миграционного притока, то в конце 80-х годов сложилась противоположная тенденция в демографии региона. Статистика санитарно-эпидемиологической обстановки в Приаралье утверждает о том, что детская смертность здесь одна из самых высоких и составляет на 1000 родившихся детей 71, но есть и районы в Каракалпакистане, где детская смертность достигает 92-118. Более 80% женщин детородного возраста страдает анемией. Одной из распространенных болезней стал рак пищевода. В Приаралье существует гепатит, а заболеваемость брюшным тифом увеличилась в 4 раза. Новорожденные отказываются от материнского молока, потому что соленость его в 3-4 раза превышает в норму.

Высохшее дно Аральского моря стало источником выноса ядовитых кристаллов солей отравляющих людей, животных, растений, воздух и почву в радиусе 300-500км от берега моря. По различным экспертным оценкам из высохшего дна моря ежегодно выносятся 75-100 млн. т солей при исходных их запасах более 10 млрд. тонн.

Приведенное достаточно для заключения о том, что в бассейне Аральского моря в действительности сложилась бедственное положение и оно по своему характеру является водно-экологической проблемой.

Для перехвата солевого выноса из высохшего дна моря и улучшения гидрогеологического режима дельты р. Амударья предлагают создать так называемый зеленый барьер- помдерную зону вдоль его южного естественного побережья и несколько регулируемых водоёмов- озер в пределах дельты р. Амударья за счет направляемого в него стока воды. Это мероприятие ускорит гибель моря и, усиливая циклонические процессы, обеспечит поднятие еще на большие высоты ядовитой пыли и её распространения еще на большую площадь.

Следовательно, нужны самые экстренные и координальные меры по сохранению жизни в бассейне Аральского моря. Эти меры условно могут быть разделены на 2 группы, подлежащие поэтапному осуществлению. На первом этапе должно быть восстановлено экологическое равновесие и созданы минимально необходимые условия жизнеобеспечения, а на втором- осуществлены мероприятия, гарантирующие процветание населения. Условно эти этапы можно было бы назвать этапами выживания и процветания населения бассейна Аральского моря. Мероприятия первого этапа должны быть осуществлены в течение не более 2-3 лет, а второго этапа- начинаются параллельно с первым и охватят, возможно, 10-15 лет.

Эти мероприятия, по обобщенным представлениям специалистов, могут проводиться на основе их концептуального подхода относительно судьбы Аральского моря.

Одна группа специалистов предлагает улучшение жизни населения бассейна, в том числе Приаралья при дальнейшем высыхании моря до абсолютных отметок + 34...32 м (возможно и ниже) используя всю воды для удовлетворения потребностей соответствующих отраслей экономики в том числе и развитие площади орошаемых земель. Предложение не имеет экологического прогноза в условиях дальнейшего высыхания моря.

Вторая группа считает недопустимым гибель Аральского моря и невозможным восстановления экологического равновесия без него.

Данная группа предлагает поэтапное решение данной проблемы.

1. Стабилизация уровня Аральского моря. Аральское море должно быть сохранено как природный объект, но с уменьшенной акваторией. За экологически минимально допустимый уровень моря следует понимать тот уровень, при котором сохраняется естественный водоем с единым зеркалом. Он должен быть около +38...+37 м абсолютной отметки, т.к. при дальнейшем снижении его произойдет окончательное расчленение моря на три лагуны, т.е. исчезнет море как природный объект. Для поддержания такого уровня необходима подача в него (в море) около 30км³/год, т.е. столько воды сколько её испаряет море в данных условиях. Названное количество воды, можно получить путем осуществления, в основном, следующих организационно- хозяйственных мероприятий, направленных на радикальный просмотр планировки водопользования, отраслевой структуры и состава сельхозкультуры выращиваемых на орошаемых землях.

а) Прежде всего необходимо организовать, поняв, что Аральское моря неотъемлемая часть экосистемы и важно его сохранение для жизнеобеспечения населения всех, расположенных в его бассейне.

Признать статус Аральского моря в качестве экологического объекта, сохранить среду обитания человека- жителей бассейна. Напомним, что для моря не требуется выделения постоянного количества воды в любой год по водности, а достаточно поступление в него необходимого объема воды для поддержания уровня в среднемноголетнем разрезе.

б) Строго имитируя водозабор в течении всего вода во все водохозяйственные системы, лишней сток без растаскивания по ирригационной сети следует пропускать непосредственно в море. Для этого необходимо убрать дамбы, перегораживающие русла реки в пределах их дельт. Это мероприятие без учета наличия в основных реках незарегистрированного стока, в объёме около 15 км³/год в течение ближайших 10 лет обеспечит в среднем ежегодное

поступление в море не менее 10 км³ воды. Реальность этого подтверждается на примере конкретных лет. Так за сентябрь-октябрь месяцы 1987 года в море поступило 7-8 км³, в 1988 г – 23 км³ воды. За 6 месяцев 1992 года только по Амударьи в дельту поступило 12,4, а в море – 8,4 км³ воды. В 1995г в Арнасайское понижение были сброшены более 20 км³ стока р. Сырдарья и т.д.

в) Применение строгих мер по отношению нарушителям нужно вообще осуществлять на основе пересмотра принципа эксплуатации гидромелиоративных систем, согласовав план водоподачи с планом водопользования всеми водопотребителями, беспрекословно выполняя согласованное со всеми странами СНГ.

Необходимо снижение удельных затрат воды на 15-20% всех отраслях экономики. Для достижения этой цели необходимо форсированное внедрение водосберегающей технологии в сфере производства, автоматизированных систем оперативного планирования полива сельхозкультур, учета воды и платы за неё во всех отраслях народного хозяйства.

Следует полностью исключить трансформации избыточного стока в ирригационные сети для организации избыточного стока в ирригационные сети для организации заливных лугов или сброса для поддержания концевых озер, образовавшихся за счет неиспользованных оросительных и дренажных вод.

г) Безотлагательно пересмотреть структуру посевных площадей и состав сельхозкультур. Полностью исключить специализированные рисоводство, выращивать рис как мелиоративную культуру на землях, подверженных засолению. Устранить монокультуру и использование низкопродуктивных земель под посевы хлопчатника.

д) форсировать и завершить сбор и вывод в море дренажного стока со всего Каракалпакского Приаралья, Хорезмской, Ташаузской, Кзылординской областей, повернуть коллекторы Дарьялык и Озерный в Арал, не допускать сброса избыточного стока р. Сырдарья в Арнасай-Айдарское понижение, это дает морю не менее

7 км³/год воды.

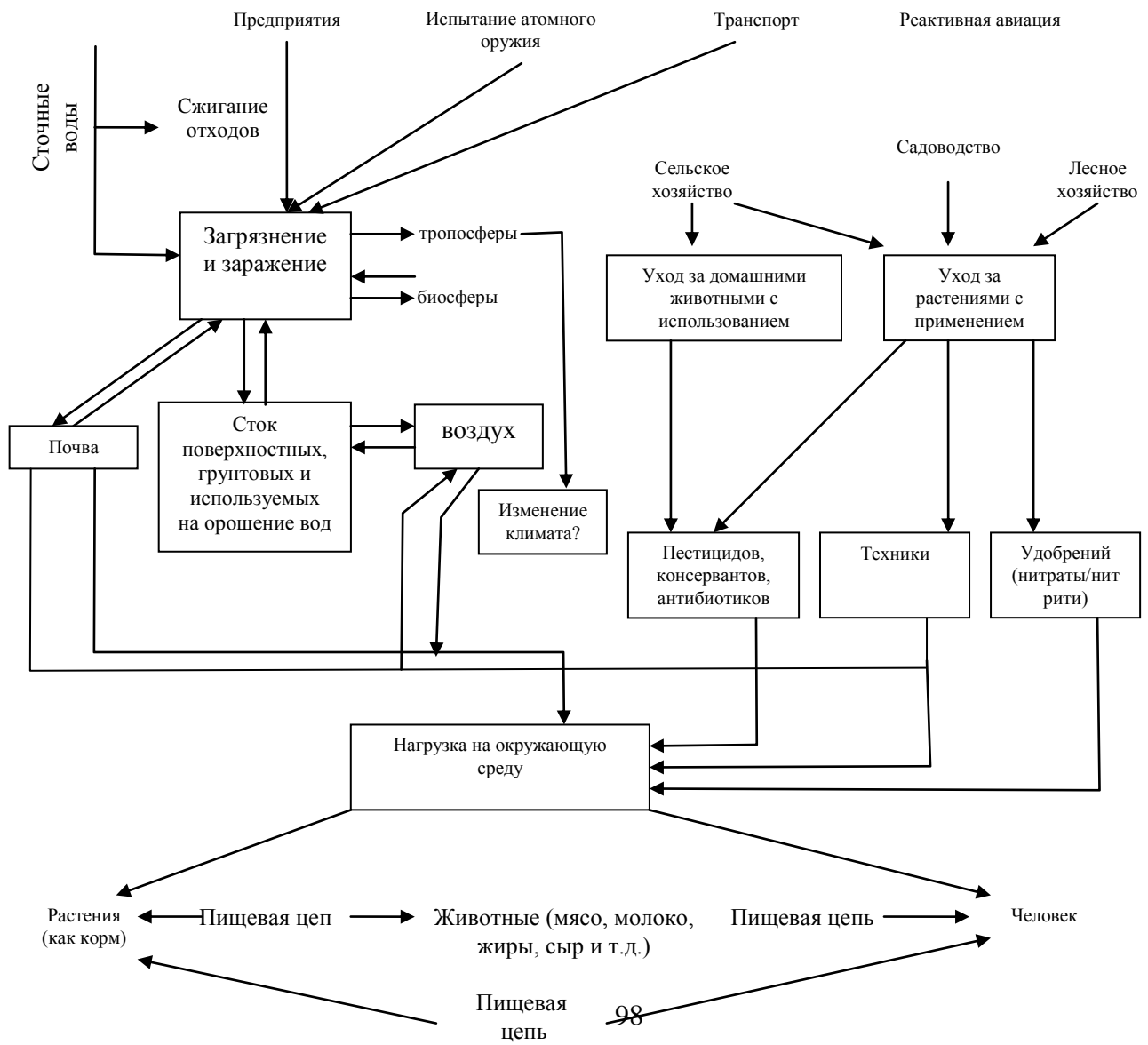
е) Осуществить фитомелиоративные работы на высохшем дне Аральского моря.

Вопросы для контроля:

1. Что общего и в чем отличия в понятиях “экология”, ”Охрана природы”, ”Охрана окружающей среды”, ”Природопользование”?
2. Что вы знаете о загрязнение почвы?
3. Роль почвы как экологического фактора?
4. Основные источники загрязнения поверхностных и подземных вод.
5. Дайте характеристику основным видам загрязнения атмосферы.
6. В чем суть рационального природопользования?
7. В чем суть восстановления экосистем?
8. Что вы знаете о восстановление водных экосистем?
9. В чем сущность экологических проблем Аральского моря и Приаралья?
10. Каковы возможные варианты спасения Аральского моря?

Используемая и рекомендуемая литература

1. Антонов В.И. Водные ресурсы Узбекистана как часть общих водных ресурсов бассейна Аральского моря и их использование в современных условиях и в перспективе. Сб. "Водные ресурсы, проблема Арала и окружающая среда". Ташкент, Университет, 2000. С. 19-39.
2. Биосфера. М: Мир, 1972.
3. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и её окружения. М: Наука, 1965. с. 215.
4. Вернадский В.И. Биосфера. М, 1975.
5. Вернадский В.М. Размышления натуралиста. Кн.2. Научная мысль как планетарное явление. М., 1977.
6. Валуконис Г.Ю., Мурадов Ш.О. Основы экологии. Том.1. Кн.1. Ташкент: Мехнат, 2001.
7. Гальперин М.В. Экологические основы природопользования. М,ФРУМ: ИНФРА-М, 2002.
8. Горелов А.А. Экология. М, 2002, с.312.
9. Дажо Р. Основы экологии. М: Мир, 1975.
10. Кашкаров Д.Н., Корвин Е.П. Жизнь пустыни. Введение в экологию и освоение пустыни. М-Л., 1936.
11. Коровин Е.П. (Ред.), Кашкаров Д.Н. Основы экологии животных. М., 1938. Природа, 1939, № 3.
12. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология в вопросах и ответах. Ростов на Дону, 2002.
13. Мейсон Б. Основы геохимии. М: Недра, 1971,с. 312
14. Маврищев В.В. Основы экологии. Минск, 2003, с. 416.
15. Небел Б. Наука об окружающей среде: как устроен мир. В 2 т. М: Мир, 1993.
16. Нигматов А.Н. Геоэкологические аспекты заовраженности и техногенной нарушенности земель Узбекистана. Ташкент, 2005, 240 с.
17. Нигматов Н. Экология нима? Тошкент, 2005.
18. Одум Ю. Основы экологии. М, 1975.
19. Одум Ю. Экология. М., 1986.
20. Реймерс Н.Ф. Азбука природы: Микроэнциклопедия биосферы. М., 1980.
21. Реймерс Н.Ф. Природопользование. М., Мысль, 1990.
22. Реймерс Н.Ф. экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). М., 1994.
23. Рахимбеков Р.У. Среднеазиатская эколого-географическая школа. Ташкент, ФАН, 1986.
24. Смит Р.Л. Наш дом планета Земля. М., 1982.
25. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М., Высшая школа, 1991.
26. Хильми Г.Ф. Основы физики биосферы. М., 1966.
27. Холдрен Д.П., Эрмех П.Г. Человек и экологические аномалии. Курьер ЮНЕСКО, 1974.
28. Фешбах М., Френдли А. Экоцид в СССР. М., 1992.
29. Чембарисов Э., Бахритдинов Б. Химический состав орасительных вод Узбекистана. Ташкент, Узбекистан, 1981, 75 с.
30. Ясаманов Н.А. Основы геоэкологии. М., 2003.



Методы эколого-географических исследований



