УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Т.А. ПУЗАНОВА

ЭКОЛОГИЯ

Аннотация: В учебнике «Экология» излагаются главные положения современной экологии, строение и эволюция биосферы, роль живого вещества в биосфере, дается концепция ноосферы. Автор делает попытку показать связь процессов и явлений, происходящих как на уровне локальных экологических систем, так и глобальной экосистемы – биосферы. В учебнике детально рассматриваются основные компоненты экологических систем и механизмы из взаимодействия, экологические факторы среды и адаптация к ним живых организмов.

В учебнике рассмотрены основные экологические принципы функционирования экосистем, приведены подробные сведения о загрязнении различных компонентов окружающей среды: атмосферного воздуха, воды, земель, растительного и животного мира, механизмы воздействия загрязняющих веществ на живые организмы планеты, освещаются экологические проблемы современности и пути их решения.

В условиях развивающегося экологического кризиса задачей курса «Экология» является формирование естественнонаучного экологического мировоззрения. В соответствии с этой задачей рассмотрена концепция модели устойчивого развития современной цивилизации, индикаторы и индексы, определяющие тренд развития общества.

В учебнике содержатся вопросы для самопроверки, список литературы – обязательный (краткий) и расширенный. Для понимания масштабов изучаемых явлений и поиска ответов на дополнительные вопросы и справочный материал, касающиеся той или иной экологической проблемы, в конце каждой главы пособия приведены ссылки на известные экологические веб-сайты.

Учебник предназначен для студентов, обучающихся по гуманитарным направлениям, а также для всех, кто интересуется экологическими проблемами современности.

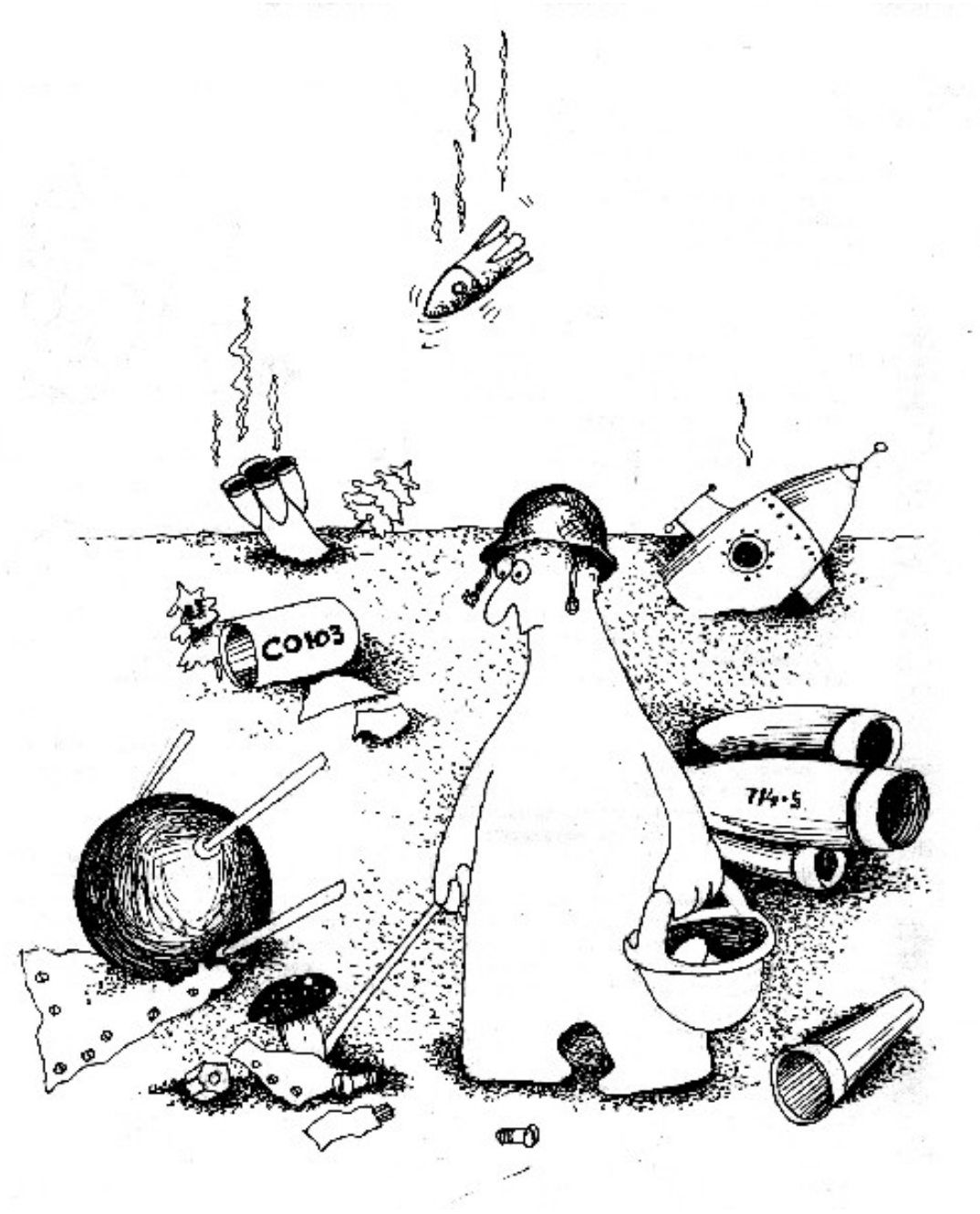
Экология

Автор: Пузанова Татьяна Алексеевна

Научный редактор: д.г.н., профессор Огуреева Галина Николаевна

Рецензенты: д.б.н., Трифонова Т.А., д.б.н. Колесников С.И.

Художник Стас Егин



Введение

Предоставленные сами себе,
события имеют тенденцию
развиваться от плохого
к худшему.
Закон Мерфи

XX в. сильно «спрессовал» как время, так и пространство. Еще совсем недавно Земля представлялась огромной. Поездка из Москвы в Санкт-Петербург в начале XVIII века занимала летом до 2-3 недель. Благодаря научно-техническим достижениям, обусловленным доступностью природных ресурсов Земли, мы в течение суток оказываемся в любом уголке планеты. Планета стала маленькой… И мусорные свалки высоко в горах и на удаленных океанических островах, лишний раз убеждают в степени преобразования лика Земли современной цивилизацией.

Канули в прошлое идеалистические представления о неисчерпаемости и бесплатности даров природной кладовой: запасы ресурсов Земли стремительно сокращаются. Взрывообразный рост населения планеты и увеличение темпов потребления в XX веке привели к тому, что разрушение природной среды достигло планетарных масштабов - человечество преобразовало более половины всех природных экосистем планеты, биосфера перестала справляться с переработкой потоков загрязнения. Экологические проблемы, которые еще в начале прошлого столетия носили локальный характер, за столетие стремительно превратились в глобальные проблемы современности: нехватка пресной воды, исчезновение биологических видов, недостаток пахотных земель, проблемы опустынивания и эрозии, критическое количество отходов, качество воздуха, загрязнение водоемов и т.д. Все это может привести в ближайшие

десятилетия к болезненному экологическому кризису, к коллапсу природных систем, обеспечивающих и поддерживающих жизнь на Земле.

Блага, которые нам дает природа, зависят от степени сохранности всех деталей отлаженного механизма её функционирования. Потеря или преобразование нескольких, даже на первый взгляд и не самых значимых элементов природной системы, может привести к «сбоям» многообразных связей, пронизывающих окружающую среду. Так, например, системы жизнеобеспечения во многом зависят от мельчайших существ планеты – бактерий, размер которых измеряется микронами. Но поскольку до сих пор их большая часть неизвестна, то и прогнозы изменения природных систем планеты априори приблизительны: мы можем лишь предполагать, как поведут они себя при условии увеличения нагрузок на природную среду. Поэтому, будущее человечества зависит от полноты знаний о сложном переплетении процессов в локальных и глобальных экологических системах. Но для этого необходима достаточная осведомленность о существующих невероятно сложных связях в природе, о состоянии природных систем планеты, четкий «бухгалтерский» подсчет прихода и расхода природного баланса и готовность всех людей к изменению привычного стиля жизни. Решение многих актуальных экологических проблем невозможно без моделирования многокомпонентных и многоуровневых природных систем, анализа временных и пространственных взаимосвязей.

Многие экологи-пессимисты сравнивают набранный темп беспечного и потребительского отношения к природе с обгоняющим время поездом, без остановок мчащимся в один конец – к краю пропасти. Экологи-оптимисты предполагают, что еще существует «окно», в течение которого можно исправить сложившуюся ситуацию. Задача экологов-прагматиков – найти правильный алгоритм взаимодействия существования современного и последующих поколений человечества в гармонии с окружающей средой.

Директор Института политических и социальных исследований Деннис Медоуз в университетском парке штата Нью-Хемпшир США построил

своеобразную «полосу препятствий» для студентов и приезжающих на стажировку по устойчивому развитию специалистов других стран. В парке, на высоте 6 метров протянуты между вековыми соснами стальные канаты, к реке спускаются «тарзанки», между деревьев построены крутые лестницы, ведущие к вершинам деревьев. Основной задачей мастеркласса является формирование интернациональной команды, каждый участник которой должен пройти, преодолевая страх, эту полосу препятствий. Важным условием преодоления является ровно один момент, - страховочные канаты находятся в руках у членов команды из других стран. Таким образом, эта почти детская игра, лишний раз заставляет задуматься, что мир един и многие решения и действия одних людей так или иначе «канатами» связаны с жизнью людей других уголков планеты. И спрятать голову от назойливых экологических проблем даже отдельным государствам не удастся. Поэтому, непременным условием перехода к устойчивому развитию общества является продвижение к этой цели не за счет других стран, а совместно с ними, т.е. приоритетность глобальных интересов. Таким образом, сохранение природных экологических систем и может стать глобальной идеей, объединяющей различные культуры и народы.

Все изменил 20 век. Мы подошли к грустной черте, когда на планете утрачено более половины лесов, лугов и болот. И ведь дело не в том, что мы планомерно уничтожаем экологические системы планеты Земля, служащие домом для огромного количества живых существ (столь же достойных жизни, кстати, как и мы с вами), - мы медленно и верно пилим сук, на котором и сидит человечество, поскольку мы полностью зависим от природы. И чем активнее мы преобразуем природу под себя, чем меньше становится уголков неохваченных вниманием человека, тем быстрее этот сук под нами может проломиться.

Что такое для человека 30-50 лет? Да очень много! Почти вся жизнь! А для природы, где отсчет времени идет на тысячи-миллионы лет, - это лишь мгновенье. Мало кто задумывается, что человек, возможно, лишь временный

гость на планете Земля… Миллиарды лет планета существовала без него, справлялась как-то…

И вот на планету пришел человек, да еще с лозунгом: «Мы не можем ждать милостей от природы. Взять их у неё - наша задача». И начал брать… Брать настолько много и быстро, что планета вздрогнула. И сейчас в огромном количестве точек Земли, мигают красные лампочки тревоги: иссякает пресная воды в источниках, вырублен лес, смыт верхний плодородный слой почвы, замусорен океан.

Что дальше? Мы же не хотим превратиться в планету Шелезяку из мультфильма «Тайна третьей планеты»: «Планета Шелезяка. Полезных ископаемых нет, воды нет, растительности нет, населена роботами»? Для этого надо усвоить некоторые правила жизни, к которым надо приучить себя и окружающих. Ну а прежде чем усвоить правила, наверное, надо все-таки понять некоторые истины, на которых и основывается наука о нашем общем доме – **Экология,** исследующая окружающий нас с вами мир живой и неживой природы. Но как называется окружающий мир, населенный самыми разнообразными жителями планеты Земля?

Глава 1. Предмет и задачи экологии

Число гипотез,
объясняющих данное явление,
обратно пропорционально
объему знаний о нем.
Закон Мерфи.

Слово **экология** в переводе с греческого языка обозначает науку о доме или домоводство (ойкос - дом, жилище; логос - наука, учение). Поэтому в некоторых ранних научных трудах использовался термин-синоним – «ойкология». Термин «экология» и его первое определение было предложено в 1866 году немецким естествоиспытателем **Эрнстом Генрихом Геккелем** (1834 - 1919) для обозначения одной из частей зоологии, изучающей взаимоотношение животных со средой их обитания: «под экологией мы понимаем науку об экономии, о домашнем быте животных организмов. Она исследует общие отношения животных как к их неорганической, так и органической среде, их дружественные и враждебные отношения к другим животным и растениям, с которыми они вступают в прямые и непрямые контакты…». И в вышедшем в свет в 1866 г. труде «Всеобщая морфология организмов» Э.Геккель называл экологией **«общую науку об отношениях организмов со средой обитания»**. Соответственно, экология одна из немногих наук, которая имеет свой конкретный день рождения – 14 сентября 1866 года: именно в этот день вышла в свет книга Э. Геккеля. Очевидно, что ученый-биолог даже и не подозревал, что он станет основоположником новой научной дисциплины. Более того, как видно из определения, он под экологией понимал более узкое направление, но, видимо, интуитивно, он предвосхитил весь спектр проблем, которые в будущем будет решать «наука о доме».

Э. Геккель был не одинок, немецкий гидробиолог **Карл Август Мёбиус** (1825 - 1908) при изучении морских устричных колоний Северного моря выявил, что вместе с устрицами в сходных условиях жизни обитают сообщества других организмов, тесно связанных между собой через среду обитания. Это были первые исследования, заставляющие задуматься, что живые организмы развиваются «не сами по себе», а в тесной связи с условиями окружающей среды.

Вставка 1.

В энциклопедическом словаре Брокгауза и Ефрона, изданном в 1904 году, было следующее пояснение термина: «Экология, или ойкология, - часть зоологии, обнимающая собой сведения касательно жилищ животных, т.е. нор, гнезд, логовищ и т.п. До сих пор экология не достигла той степени развития, которая дала бы ей право на известную самостоятельность, так как до сих пор она не вышла из периода описаний и не выработала ни определенных методов, ни известной суммы обобщений…».

Возникнув как одна из ветвей биологии, экология еще в начале XX в. не претендовала на статус самостоятельной науки. За прошедшие немногим более 100 лет, произошла глубокая трансформация этой области знания, и экология по задачам, спектру исследуемых объектов и применяемым методам превратилась в широкую междисциплинарную науку, изучающую многочисленные аспекты окружающей среды.

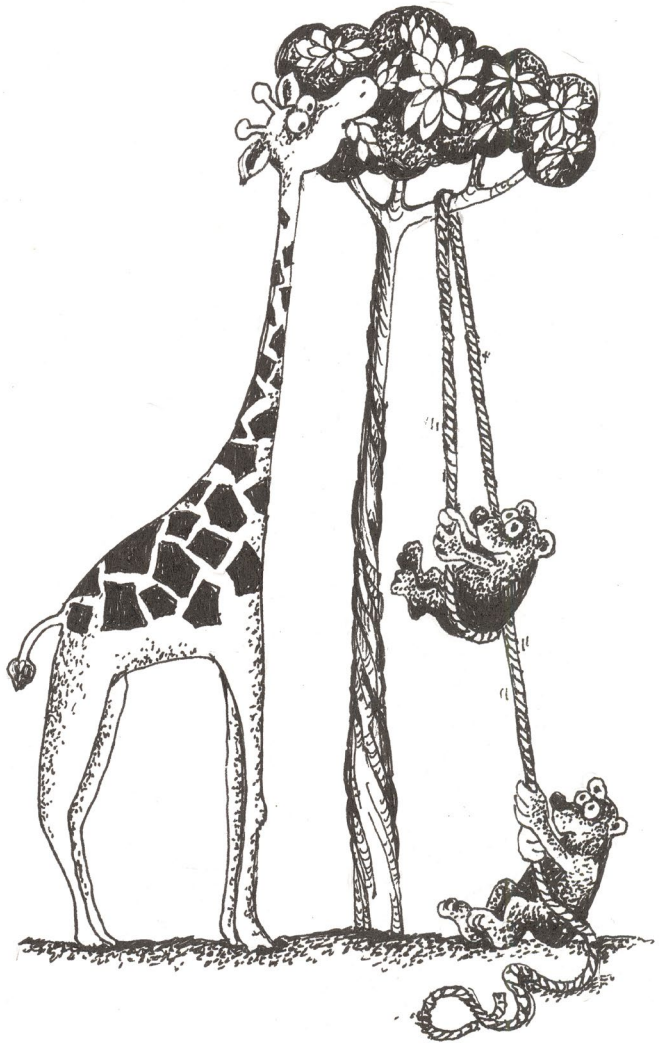
1.1. Возникновение и развитие экологии

Предыстория экологии, как научной дисциплины, восходит к философским трактатам позднего средневековья. Так, английский государственный деятель и философ позднего средневековья **Фрэнсис Бэкон** (1561–1626) в работе «Истинные указания для истолкования природы» писал, что человек, находясь внутри природы, имеет единственное превосходство и господство на ней - в отличие от всех других существ, человек способен познавать законы природы и правильно их применять. А очевидное великое

достоинство науки Ф. Бэкон выразил в своём знаменитом афоризме «Знание - сила».

Следующий этап развития науки приурочен к переходу от внешнего описания природы к научным исследованиям, пытающимся выявить механизмы скрытых связей, существующих во всем многообразии природных явлений. В середине XVIII в. была опубликована работа шведского натуралиста **Карла Линнея** (1707 - 1778) «Система природы», в которой были заложены основы научной классификации всех творений природы - животных, растений и минералов по классам, отрядам, родам и видам и изложено представление о строгой упорядоченности различных природных процессов, направленных на поддержание равновесия в природе.

Профессор Кенигсбергского университета, немецкий философ **Иммануил Кант** (1724 - 1804) в лекциях по физической географии, подчёркивал необходимость целостного описания природы, которое учитывало бы взаимодействие физических процессов и деятельности живых организмов. Еще дальше пошел французский ученый-натуралист **Жан Батист Ламарк** (1744 - 1829), который в книге «Философия зоологии» задался вопросом о влиянии среды на организмы. Согласно теории Ж.Ламарка, организмы, совершенствуясь,



вынуждены приспосабливаться к условиям внешней среды. Наиболее известное подтверждение, приведённое Ламарком, - пример с жирафами, которым приходилось постоянно вытягивать шею, чтобы дотянуться до листьев у высокорастущих деревьев, и с муравьедом, длинный язык которого приспособлен для ловли муравьёв в глубине муравейника. Кроме этого, Ламарком был сформулирован «закон наследования приобретённых признаков». Полезные признаки, приобретённые животными, согласно его исследованиям, - передаются потомству: жирафы передали потомкам вытянутую шею, муравьеды - длинный язык, и т.д. И хотя он так и не сумел объяснить все истинные причины влияния факторов среды, сама постановка вопроса повлияла на дальнейшее развитие научной мысли.

Одним из родоначальников экологии по праву считается немецкий естествоиспытатель и путешественник **Александр фон Гумбольдт** (1769-1859) в течение всей жизни исследовавший природу различных стран Европы, Центральной и Южной Америки, Урала и Сибири. Своей основной задачей он считал «постижение природы как целого и сбор свидетельств о взаимодействии природных сил» и одним из первых осознал необходимость **синтеза наук** при изучении закономерностей многообразия природных связей. В результате обобщения наблюдений им была обоснована идея вертикальной поясности, заложены основы общего земледелия и климатологии, установлены взаимосвязи различный географических явлений и их распределение на Земле. Благодаря его исследованиям произошло изменение направленности проведения научных исследований: от изучения отдельных видов растений к познанию закономерностей изменения растительного покрова. Заложив основы «географии растений», А. Гумбольдт не только констатировал различия в распределении растений по странам и континентам, но и пытался объяснить причину этих закономерностей, обусловленную климатическими особенностями территории. В конце жизни был издан его пятитомный труд «Космос», где

он попытался обобщить все известные в то время сведения о природе Вселенной.

Другим исследователем, предопределившим теоретическую основу экологии, был английский натуралист и путешественник **Чарльз Роберт Дарвин** (1809 - 1882), заложивший основы эволюционной теории. В 1859 г. он опубликовал труд «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь», где показана изменчивость видов растений и животных и их естественное происхождение от более ранних предковых форм. В изложенной теории эволюции ученый придавал первостепенное значение естественному отбору: в условиях резкого увеличения численности любого вида живых организмов и нехватки ресурсов для поддержания растущей популяции, между особями возникает борьба за существование (конкуренция).

Одним из основоположников экологии в России был профессор Московского университета, биолог-естествоиспытатель **Карл Францевич Рулье** (1814–1858). В своих исследованиях ученый подчеркивал неразрывную связь животных и растений с окружающей средой. Влияние внешних факторов на живые организмы, законы географического распространения животных, проблемы изменчивости, адаптации, миграции, влияние человека на природу - эти и многие другие проблемы были освещены в его трудах.

В 1895 г. датский ботаник **Йоханнес Эугениус Варминг** (1841-1924) ввел термин «экология» в ботанику для обозначения самостоятельной научной дисциплины - экологии растений. Он первым издал книгу об экологии растений и прочитал университетский курс по экологии. Русский ученый **Василий Васильевич Докучаев** (1846-1903) создал учение о природных зонах и учение о почве, как особом биокосном теле. Огромное влияние на развитие основ экологии оказали научные труды **Владимира Ивановича Вернадского** (1863 - 1945), разработавшего учение о биосфере. В 1926 году в опубликованной книге «Биосфера» он впервые доказал, что

биосфера - это вещественно-энергетическая система, обеспечивающая биологический круговорот химических элементов и изменение во времени всех живых организмов, включая и человека. Уникальность учения заключается в том, что впервые была показана роль живых организмов в формировании состава атмосферы, гидросферы, земной коры.

Наиболее важными для формирования теоретической основы экологии были 20-40-е годы XX в., когда вышли в свет первые специализированные журналы, возникли экологические общества. Развитие направления во многом было обусловлено тем фактом, что экология все стремительнее выходила из рамок биологической отрасли знания и переходила в междисциплинарную науку, базирующуюся на комплексном исследовании всех механизмов природных и антропогенных явлений. В это время появилось новая фундаментальная база для теоретических основ экологии – экосистемный подход, основанный на исследовании природных комплексов, состоящих из живой и неживой природы. Учение об **экологических системах (экосистемах)** - природных комплексах, в которых постоянно поддерживается круговорот веществ между организмами и неорганическими компонентами, было разработано английским ботаником **Артуром Джордж Тенсли** (1871-1955). В 1940 году российский фитоценолог **Николаевич Сукачёв** (1880 - 1967) разработал достаточно близкое по сути учение о биогеоценозе – природном комплексе, включающем не только живые организмы, но также и почву, климат, поверхностные и грунтовые воды.

1.2. Превращение экологии в междисциплинарную науку

В начале XX в. в мире царила эйфория от технических успехов и череды естественнонаучных открытий. В те годы было счастливое ощущение безграничности возможностей человечества в покорении природы, «приручении» Мирового океана, даже существовали планы переселения на Марс, где собирались к началу XXI в. выстроить города и научно-

исследовательские станции. Предполагалось, что технический прогресс обязательно приведет к всеобщему счастью на Земле: роботы и умные машины освободят человека от работы, у людей появится много свободного времени. И основным вопросом, который представлялся достойным для раздумий человека XX1 столетия – это каким образом потратить освободившееся свободное время?

В качестве символа «счастливого» ощущения безграничности успехов в покорении природы, часто приводятся слова известного русского советского биолога Ивана Владимировича Мичурина: «Мы не можем ждать милостей от природы, взять их у нее — наша задача».

А маленьким детям читали стихи про покорителей природы:

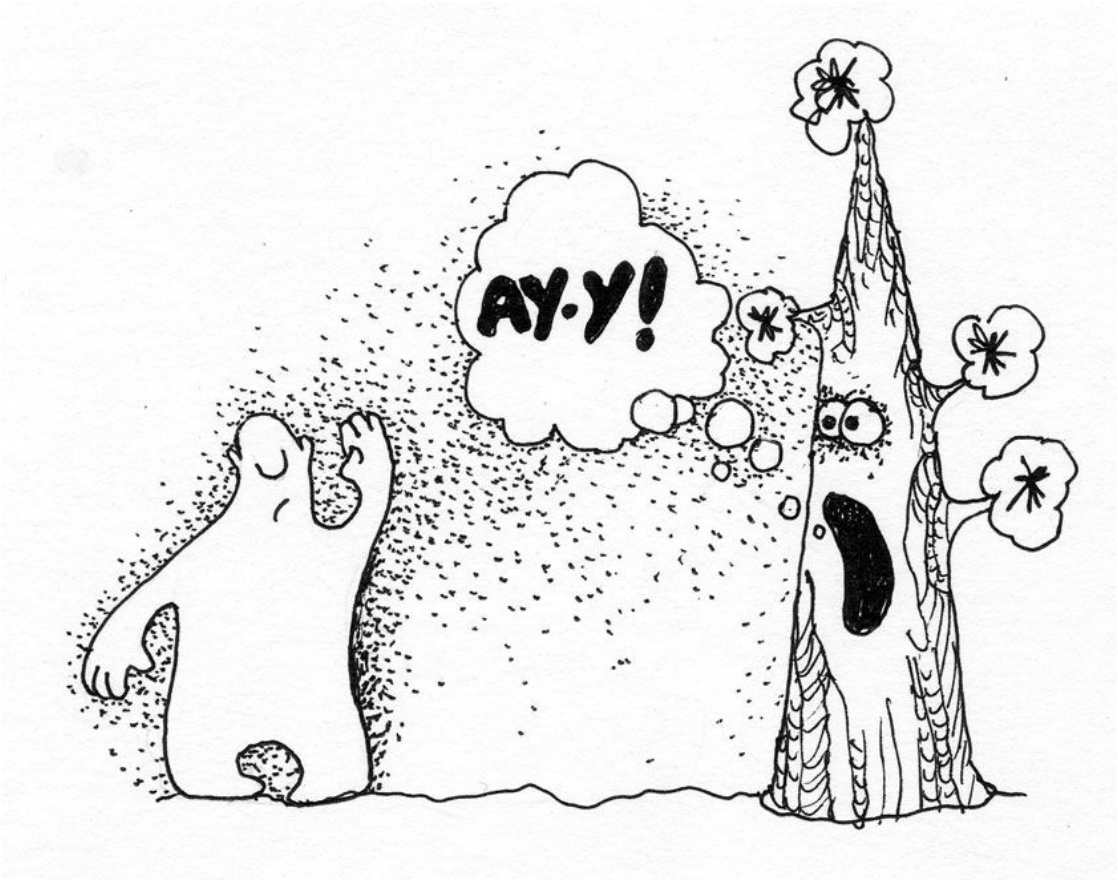
«Человек сказал Днепру:
- Я стеной тебя запру.
Ты с вершины будешь прыгать, ты машины будешь двигать!
- Нет, - ответила вода. Ни за что и никогда!
И вот в реке поставлена железная стена.
И вот реке объявлена война, война, война! (…)
Где вчера качались лодки, - заработали лебедки.
Где шумел речной тростник, - разъезжает паровик.
Где вчера плескались рыбы, - динамит взрывает глыбы. (...)
Дни и ночи, дни и ночи, бой с Днепром ведет рабочий».
(С.Маршак, «Война с Днепром»).

Так, машина технического прогресса наращивала обороты. После второй Мировой войны экономический рост и интенсивность воздействия на окружающую среду ускорились. Эти годы вошли в историю как период послевоенного экономического бума и научно – технических достижений: появились первые ЭВМ, на орбиту были запущены первые искусственные спутники, построены водохранилища и гидроэлектростанции, разработаны первые синтетические материалы, появилось большое количество «дымящих» фабрик, заводов.

Обратной стороной экономического бума было изменение в местах интенсивной хозяйственной деятельности природных экосистем: территории обводняли, осушали, распахивали, орошали, застраивали, использовали под отходы и т.д. Игнорирование воздействия новых технологий на экологические системы обернулось усиленной эрозией почвы, загрязнением поверхностных и грунтовых вод, процессами опустынивания и заболачивания, огромными потоками новых загрязняющих веществ в биосфере и т.д. О том, какой невосполнимый урон нанесли непродуманные действия тех лет, свидетельствует хотя бы пример освоения целинных земель Казахстана и Алтая, приведшего в 1950-х годах к массовой деградации почв, водно-ветровой эрозии и пыльным бурям.

И именно в эти годы в средствах массовой информации появились устрашающие статьи о степени загрязнения природной среды: Лондонском смоге, о кислородных автоматах в Токио, о массовой гибели птиц из-за пестицидов, о кислотных дождях из-за выбросов из труб оксидов серы и азота. На природе, кроме всего прочего, отражалась «война нервов» - соревнование социалистического и капиталистического лагерей в гонке вооружений, в том числе ядерного, что привело к новому типу загрязнения ядерными отходами.

С 60-х годов XX в. экологические проблемы все чаще стали обсуждаться среди всех слоев населения. Американский ученый **Юджин Одум** (1913 - 2002) назвал этот этап развития науки **«всеобщей озабоченностью проблемами окружающей среды»**. В научно-популярной литературе стали появляться мрачные зарисовки ближайшего будущего планеты. Для предотвращения надвигающейся угрозы, стали зарождаться общественные движения в защиту окружающей среды, организовываться международные союзы, появилась практика международного законодательства и сотрудничества.



С начала 70-х годов была развернута работа по сохранению окружающей среды. В 1961 г. было принято решение о создании сети заповедников по всему миру и создан **Всемирный фонд дикой природы (WWF),** начавший свою деятельность с охраны природы на Галапагосских островах. В 1966 г. была издана первая международная Красная книга, в которой были приведены списки видов, находящихся на грани вымирания (в СССР в 1978 г.). С 1964 по 1974 гг. под эгидой ЮНЕСКО была осуществлена Международная биологическая программа (МБП), основной целью которой было исследование структуры и функционирования экосистем, описание редких видов животных и растений. Именно в эти годы появились первые учебники по природопользованию и экологии.

В конце 80-х — начале 90-х годов экологические проблемы уже ежедневно вызывали дискуссии не только в научных кругах: проблемы загрязнения, кислотных дождей, разрушения озонового слоя, потепления климата, исчезновение тысячи видов растений и животных, чрезмерное истощение природных ресурсов, - эти и многие другие вопросы заставляли

общество задуматься о судьбах детей и внуков, вызывали самые разнообразные прогнозы развития планеты.

Растущий интерес к экологическим проблемам был обусловлен несколькими причинами. Во-первых, проблемы экологии действительно касаются каждого жителя планеты, желает он этого или нет. Во-вторых, экологические ситуации динамичны: не знают ни государственных, ни природных границ и постоянно «будоражат» общественное мнение. В-третьих, общественные и научные движения в защиту окружающей среды оказались достаточно действенными. Так, в настоящий момент во многих развитых странах Европы стало популярным экологическое мировоззрение: «модно» перемещаться на велосипеде или малолитражном автомобиле, экономить энергию и воду, использовать вторично-переработанные материалы, сортировать отходы и т.д.

Изменения общественных настроений и возникновение новых локальных и глобальных экологических проблеем, соответственно, меняли и фундаментальную основу экологии. Экология все более «выходила» из рамок биологической науки, вбирая знания по свойствам неживой природы, механизмам реагирования всех компонентов экосистемы, технологическим процессам защиты окружающей среды, характеристикам различных природных сред и их трансформации в результате деятельности человека. Так, шаг за шагом, увеличивая спектр задач и методов их разрешения, экология превратилась в обобщающую междисциплинарную науку. В 1965 г. американский эколог Э. Макфедьен

писал: «Приходится признать, что эколог — это некто вроде дипломированного вольнодумца. Он самовольно бродит по законным владениям ботаника, зоолога, систематика, зоопсихолога, метеоролога, геолога, физика, химика и даже социолога; он браконьерствует во всех названных и во многих других уже сложившихся и почтенных дисциплинах».

1.3. Предмет экологии

По мере накопления знаний о механизмах взаимодействия живой и неживой природы, исследователи поняли, что на планете существуют своеобразные системы, характеризующиеся высоким уровнем организации связей между различными компонентами этих систем, способностью к подержанию равновесия при внешних воздействиях, упорядоченностью взаимодействующих и взаимозависимых компонентов. Эти системы, образующие единое целое из компонентов живой и неживой природы, были названы **экологическими системами, или экосистемами**. **Экосистема - единый природный комплекс, образованный живыми организмами и средой их обитания, в котором живые и косные компоненты связаны между собой обменом вещества и энергии.**

Соответственно, там, где есть жизнь, там существуют и экосистемы. А жизнь существует и на океаническом дне, и на вершинах скалистых гор, и в глубоких слоях Земли, и на ледяных шапках планеты – в Арктике и Антарктике. Самой большой экосистемой является **биосфера,** включающая всю совокупность живых организмов, обитающих на планете и взаимодействующих с неживой природой. И именно благодаря механизмам глобального взаимодействия её компонентов и лучистой энергии Солнца, поддерживается жизнь на Земле и сохраняется устойчивое равновесие биосферы. Поскольку экосистемы Земли являются природной фабрикой планеты, поддерживающей баланс различных элементов в биосфере, именно они и являются главным **объектом экологии**.

Таким образом, экология как наука прошла определенный путь: возникнув как учение о среде обитания живых организмов и их взаимоотношениях между собой, она по мере накопления знаний вышла на системный уровень, исследующий многоуровневые связи между различными

компонентами экологических систем, их динамику во времени и пространстве.

Необходимо также отметить некоторую «размытость» в употреблении термина экология, свидетельствующую о том, что окончательное становление понятийного аппарата еще не произошло. Так, под экологией понимается и направление академических знаний, и состояние окружающей среды (экология города), и степень загрязнения (экологически чистый - экологически грязный), и природоохранные мероприятия (борьба за экологию) и бытовая оценка загрязнения окружающей среды (плохая экология) и т.д. Бесспорно одно: к экологии сейчас прикованы взоры широкой публики, ученых, политиков. В последние годы все чаще стали говорить об экологической политике, экологизации промышленности. И, несомненно, экология, «впитывая» в себя идеи смежных дисциплин, будет еще не раз претерпевать коренные изменения.

1.4. Задачи экологии

Основной целью экологических исследований является выявление закономерностей организации и функционирования экосистем различных уровней под воздействием природных и антропогенных факторов.

Экология, как и любая другая естественнонаучная дисциплина, сочетает в себе теоретическую часть и практическую область применения. Теоретическая основа экологии состоит в детальном изучении основ структуры и функционирования природных и антропогенных экосистем, выявлении механизмов регуляции и стабилизации окружающей среды, обеспечивающих устойчивость жизни. Наиболее важным является изучение глобальной экосистемы планеты – биосферы: определение пределов ее ёмкости и трендов, возникающих в связи с нарушениями ее функционирования. Соответственно, одной из главных задач экологии является **выявление и анализ причин нарушения механизмов**

трансформации экосистем, приведшим к экологическим проблемам, поиск путей преодоления негативных последствий. Исследование конкретных параметров и связей в любой экосистеме может быть решено только объединёнными усилиями учёных разных специальностей и направлений: генетиками, физиологами, почвоведами, географами, химиками и др. Из этого требования вытекает и следующая задача современной экологии – это **консолидация огромного фактического материала и его систематизация на основе единой теоретической базы.**

На современном этапе развития человеческого общества, в условиях все возрастающего техногенного пресса и нехватки природных ресурсов, все более возрастает практическое значение экологии. Основной задачей практической экологии является разработка **новых технологий, направленных на сбережение ресурсов и охрану окружающей среды, формирование научно-обоснованных норм и ограничений по использованию и охране ресурсов, совершенствование системы экологического мониторинга, предложение практических рекомендаций, направленных на рациональное и оптимальное природопользование.**

Человечество уже столкнулось с рядом ответных реакций природной среды на неразумную хозяйственную деятельность. Последствия этих действий, будь то деградация плодородного слоя почвы, загрязнение поверхностных и грунтовых вод, «парниковый эффект» и т.д., потребуют привлечения колоссальных средств для их разрешения. Поэтому, одной из задач экологии является также и **мировоззренческая функция: научить общество мыслить экологично.** Человек скоро вынуждено обратится к альтернативным вариантам энергетики, использованию вторичных ресурсов, защите Мирового океана, сохранению экологического равновесия, поскольку бесконечное преобразование природы и «выкачивание» природных ресурсов имеет свой предел. Формирование новой стратегии поведения человеческого общества для приведения антропогенной

деятельности в соответствие с экологической выносливостью природы, позволит сохранить её для будущих поколений.

1.5. Структура экологии

Структура экологии рассматривается с различных точек зрения и единой системы пока не существует. Причина подобных разногласий заключается в том, что любое структурирование должно отвечать определенным правилам деления: по одному основанию, по сопоставимой размерности и т.д. Сложность обусловлена также тем, что основной объект экологии – экологические системы относятся к разным уровням организации: от биосферы до небольших экосистем. Поскольку основа экологических исследований базируется на сумме научных знаний и практических технологий, первым звеном деления может быть разделение на общую и прикладную экологию.

	общая	биоэкология	• глобальная экология • экология разноуровневых биологических систем (аутэкология, синэкология, демэкология и т.д.) • экология различных таксономических групп организмов (экология насекомых, птиц, растений, микроорганизмов и т.д.) • эволюционная экология • палеоэкология
			• глобальная экология

экология		геоэкология	• экология различных компонентов биосферы (экология гидросферы, атмосферы и т.д.) • экология различных типов ландшафтов (экология тундр, степей, пустынь и т.д.) • экология природно-антропогенных систем • космическая экология
		социоэкология	• глобальная экология • экология человека • этноэкология • археоэкология
	прикладная	Инженерная (промышленная) экология	• Экология строительства • Экология энергетики • Военная экология • Экология транспорта • Экология горнодобывающей промышленности и т.д.
		Сельскохозяйственная экология	• агроэкология • экология животноводства
		Промысловая экология	• экология промысловых рыб • экология промысловых зверей
		Рекреационная экология	• экология туризма • экология парков, мест отдыха и т.д.
		урбоэкология	• экология поселений • коммунальная экология

Общая экология, в свою очередь, может быть разделена по доминирующему объекту изучения и, соответственно, можно выделить биоэкологию, геоэкологию, социоэкологию. Прикладная экология может быть разделена на инженерную экологию, сельскохозяйственную, рекреационную, урбоэкологию. Следующие уровни структуры могут быть выделены по множеству других признаков.

Общая экология занимается исследованием механизмов взаимодействия между живой и неживой природой в экосистемах и является теоретической основой для решения проблем рационального природопользования, охраны окружающей среды. Поскольку аспекты

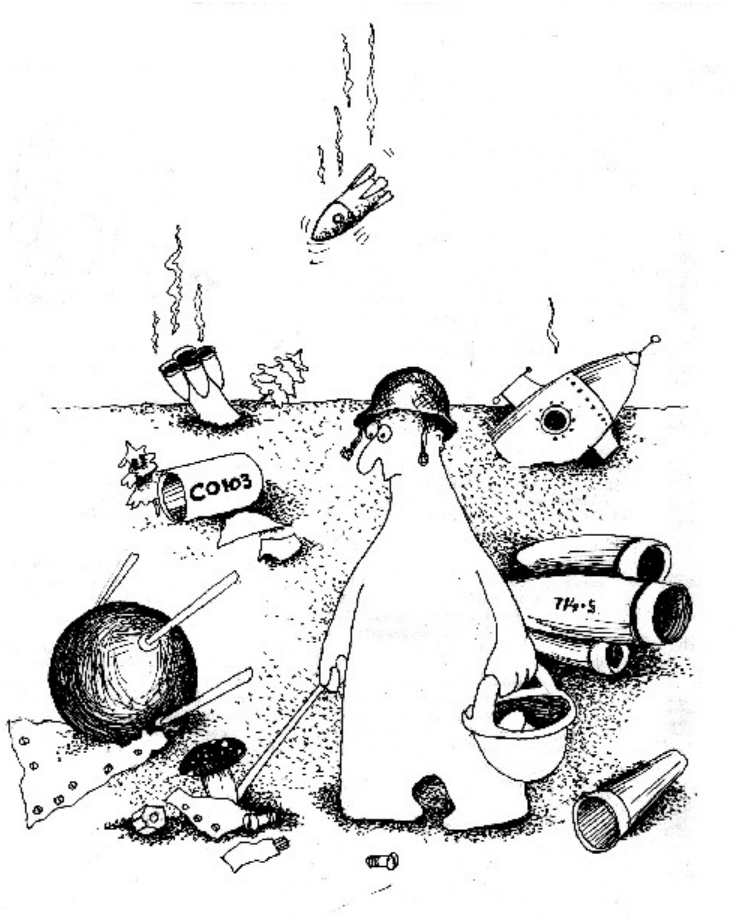
взаимодействия живых организмов и окружающей среды многоплановы и многообразны, то и областью исследования общей экологии являются вопросы строения и эволюции экосистем и глобальной экосистемы - биосферы, анализ связей в природе, изучение основных сред жизни, выявление экологических проблем и поиски путей их решения. Естественно, что экология находится в тесной связи с другими науками, на стыке с которыми формируются ее производные.

Биоэкология изучает отношения организмов между собой и окружающей средой. Дальнейшее структурирование возможно по уровню организации живого вещества: можно выделить ***молекулярную экологию***, ***морфологическую экологию***, исследующую закономерности строения органов и структур в зависимости от условий обитания, ***аутоэкологию,*** изучающую живое вещество на уровне особи (организма), ***демэкологию*** (экологию популяций), ***эйдэкологию*** (экологию видов), ***синэкологию*** (экологию сообществ), ***глобальную*** (экологию биосферы). Например, в задачу ***аутэкологии*** входит изучение реакции организма на воздействия факторов внешней среды, а ***синэкология*** исследует как отношения между организмами одного вида, так и отношения между организмами разных видов, объединяемых в экосистемы.

При делении по типу структурирования живого вещества в биологической системе биоэкологию можно разделить на ***экологию многоклеточных организмов*** (грибов, растений, животных) и ***одноклеточных*** (микроорганизмов). Далее, выделяются, соответственно, ***экология грибов, экология растений, экология животных.*** Реконструкция условий среды и структуры сообществ в прошлые геологические эпохи входят в задачу ***палеоэкологии***.

Геоэкология исследует сложную систему взаимодействия внутри тонкой поверхностной оболочки пересечения литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы. Геоэкология исследует проблемы взаимодействия природных и антропогенных систем как на глобальном уровне (***глобальная***

геоэкология), так и на локальном уровне. Принимая за признак деления различные сферы планеты, можно выделить ***экологию литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы***. По принадлежности природных и антропогенных экосистем к различным природным зонам, выделают, например, ***экологию тундр*** и ***арктических пустынь, лесную экологию***, ***экологию степей, экологию пустынь*** и т.д. В пределах каждой области знания выделяется несколько следующих порядков деления: в лесной экологии, например, различают экологию таежных экосистем и тропических лесов, а, в экологии пустынь - экологию глинистых, каменистых и песчаных пустынь. По основным типам экосистем, можно выделить экологию гор и равнин, экологию речных бассейнов и прибрежных территорий и т.д. Еще один ряд экологических дисциплин связан с земными сферами и выходит за рамки земли как планеты. Это ***космическая экология***, которая исследует существования жизни в космосе, выявляет связи между функционированием космических тел с процессами, происходящими на нашей планете.



Социоэкология изучает взаимодействие общества с окружающей средой. Основными вопросами исследования социоэкологии являются проблемы как глобального уровня, к которым можно отнести экологические угрозы и кризисы планетарного масштаба (***глобальная экология***), проблемы устойчивого развития общества, деградацию окружающей среды, так и

проблемы влияния окружающей среды на здоровье и жизнедеятельность человека, комфортность среды (***экология человека***). Кроме этого, необходимо выделить в этом разделе ***археоэкологию***, которая занимается реконструкцией среды обитания древних цивилизаций и исторических формаций

Прикладная экология. Областью прикладной экологии является разработка прогнозов и конкретных управленческих, юридических, технологических и других рекомендаций, направленных на улучшение экологических параметров окружающей среды различных уровней систем: от мелких производственных циклов до глобальных экологических кризисных ситуаций. Основной задачей прикладной экологии является выработка новых технологий и методов для минимизации воздействия человека на среду, действенного контроля за состоянием окружающей среды и т.д. В зависимости от объекта исследования, можно выделить целый ряд следующих подразделений.

Инженерная экология изучает воздействие хозяйственных объектов (от отдельного предприятия до слагаемой ими техносферы) на природу и обратное влияние природной среды на функционирование предприятий и их комплексов. В основу инженерной экологии входит разработка норм и правил хозяйственной деятельности. В зависимости от типа хозяйственной деятельности, можно выделить, соответственно, ***экологию строительства, горнодобывающей промышленности, энергетики*** и т.д.

Сельскохозяйственная экология исследует проблемы разведения (воспроизводства) культурных растений и домашних животных. **Биоресурсная (промысловая) экология** изучает условия, при которых эксплуатация биологических ресурсов природных экосистем (лесов, водоемов, морей и океанов) не приводит к их истощению и нарушению общего баланса. Основной задачей биоресурсной экологии является учет численности и системы воспроизводства промысловых видов животных,

реабилитация видов, подвергнувшихся сильному воздействию, восстановление нарушенных местообитаний и т.д.

Комплекс экологических проблем, связанных с отдыхом человека на природе, положен в основу **рекреационной экологии**. **Урбоэкология** (экология поселений, коммунальная экология) изучает особенности и влияние различных факторов искусственно преобразованной среды обитания людей в жилищах, населенных пунктах, в городах.

Очевидно, что данная структура экологических дисциплин является неполной: в пределах каждой выделенной области знания существует еще более дробное деление. Кроме того, многие разделы экологии возникли на базе совмещения смежных наук. Так, в последние годы, в экономике появился новый раздел - экоэкономика, базирующаяся на развитии промышленности и производства с учетом новых экологичных технологий. Некоторые подразделы экологии можно отнести как к общей, так и к прикладной экологии. Так, областью медицинской экологии является как выявление причин, очагов заболеваемости, так и выработка вполне конкретных мероприятий по оздоровлению населения исследуемого региона.

Контрольные вопросы:

1. Кто и когда ввел в науку термин «экология»?
2. Что является предметом изучения экологии?
3. Каковы основные этапы развития экологии как науки?
4. Когда начался этап стремительного развития экологии и чем он был обусловлен?
5. Почему основным объектом экологии являются экосистемы?
6. Каковы основные задачи экологии?
7. Какова классификация экологической науки?
8. Чем отличаются социоэкология, геоэкология и биоэкология?
9. Чем отличаются общая и прикладная экология?

Полезные ссылки:

Всероссийский экологический портал - http://ecoportal.ru/

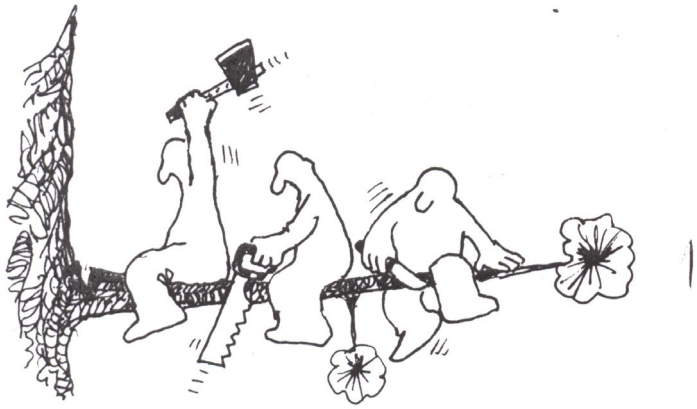
Национальный портал «Природа России» - http://www.priroda.ru/

Библиотека учебников по экологии - http://window.edu.ru/window/library

Электронная экологическая библиотека - http://www.ecology.aonb.ru

Экологический портал - http://www.ecokom.net

Экологический центр «Экосистема» - http://www.ecosystema.ru/



Международный портал по экологии и окружающей среде-

http://www.greenwaves.com/russian/indexrus.html

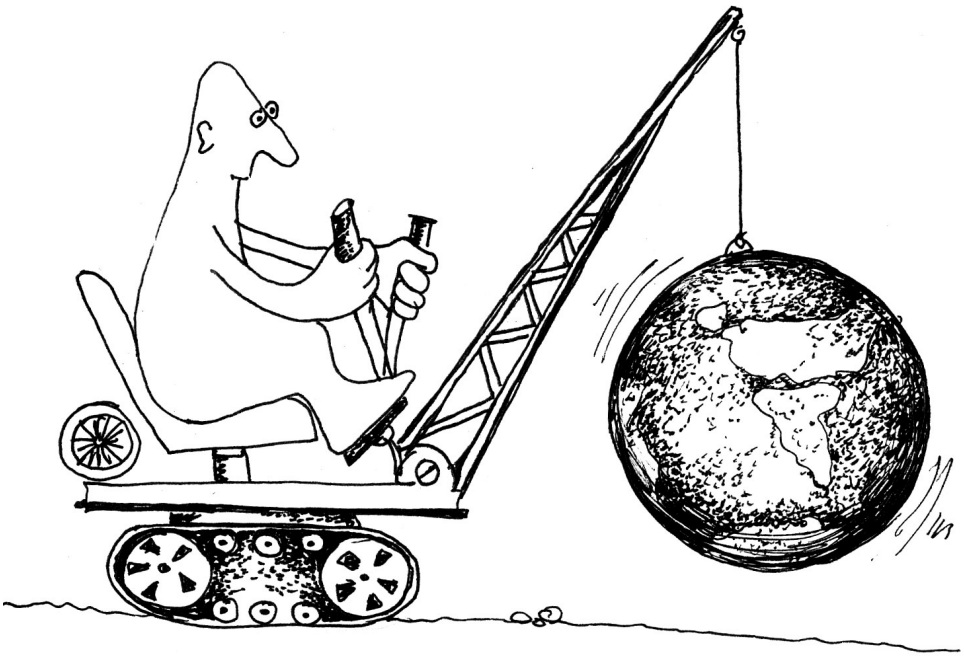
«Зелёный шлюз» - путеводитель по экологическим информационным ресурсам - http://zelenyshluz.narod.ru/

Глава 2. Учение о биосфере

Когда мы пытаемся вытащить что-нибудь одно, оказывается, что оно связано со всем остальным.
Закон Мерфи.

Ежегодно осенью в небольшом французском городке Сен-Дье (Saint-Dié-des-Vosges) проходит Международный фестиваль географии. Место проведения фестиваля выбрано не случайно: именно в этом городе в 1507 году была впервые напечатана карта Земли, включающая американский континент. Эмблемой фестиваля является человек, играющий планетой как мячиком.

В городе Анкоридже (США) есть любопытный, тянущийся в пространстве памятник-конструкция Солнечной системы: для зрительного восприятия масштаба, диаметр всех планет и расстояние между ними и Солнцем уменьшены пропорционально. Давайте попытаемся поиграть с этим мячиком-планетой.



В настоящий момент выяснены практически все основные параметры планет Солнечной системы: в 2007 году при помощи новых технологий были уточнены размеры Земли, но

разница с предыдущими показателями составила лишь несколько миллиметров. Так, экваториальный радиус планеты Земля, имеющей форму геоида, составляет 6378,14 км, полярный радиус - 6356,78 км, а масса $5{,}9737\times10^{24}$ кг. Чтобы представить нашу планету в форме мячика, необходимо уменьшить диаметр в 10 миллионов раз. В этом случае, в наших руках окажется шар диаметром чуть более метра (1,28 м.). Хотя в руках он в любом случае оказаться не сможет – несмотря на уменьшение, масса шара составит почти 6 тонн из-за тяжелого ядра в центре шара.

А всем известная звезда, относящаяся по спектральной классификации, к «желтым карликам» - Солнце, даже уменьшенная в 10 миллионов раз все равно останется впечатляющей по размерам: диаметр будет составлять 139, 2 метра. Для того чтобы добраться до Солнца с планеты Земля в выбранных пропорциях, необходимо преодолеть почти 15 километров. А расстояние до Луны, имеющей диаметр 35 см, наоборот, будет достаточно близким – 38,4 метра.

Твердая оболочка Земли окажется удивительно тонкой: толщина коры на суше будет варьировать в пределах 2 – 6,5 см, а под океаном не достигать и 1 сантиметра (3-8 миллиметра). Чтобы еще более образно представить соотношение земной тверди, по которой ходит более 6,5 миллиардов человек, и мантии, можно привести аналогию с обычным куриным яйцом: скорлупа, в данном случае, и будет представлять пропорции внутреннего и внешнего «содержания» планеты. Самая глубокая скважина на планете, пробуренная на Кольском полуострове и занесенная в книгу рекордов Гиннеса, будет иметь глубину 1,2 см. А высочайшая вершина земного шара Эверест, расположенная в Гималаях на границе Непала и Тибета – около 9 миллиметров. Вся планета будет окружена прозрачной тонкой газовой оболочкой, мощность которой до барьера проникновения губительных для живых организмов ультрафиолетовых лучей, будет составлять всего 2-4 миллиметра.

Оболочка бурлящей жизни на планете Земля не будет превышать и миллиметра на нашей модели. Согласитесь, что даже уменьшение на семь порядков всех размеров планеты все равно впечатляет: с расстояния около метра можно и не заметить наличие жизни на планете-«мячике». Но мы знаем, что жизнь не просто есть, - она активна и настолько активна, что может полностью преобразовать не только поверхностную оболочку, но и затронуть все сферы планеты. Так, воздух, которым мы дышим (и вместе с нами огромное количество живых веществ), вода, которую пьем, большое количество полезных ископаемых – все это результат жизни и ежедневной работы миллиардов живых существ в течение сотен миллионов лет. Именно эта оболочка, тончайшая «пленка жизни», заселенная организмами, и называется биосферой. Но где же границы этой жизни?

2.1. Понятие «биосфера»

В истоках учения о биосфере лежат труды европейский естествоиспытателей XVIII в. и, прежде всего **Жана Батиста Ламарка**, который в труде «Гидрогеология» впервые отметил, что все живые организмы содержат вещества неорганической природы, и объяснил это активным участием живых организмов в формировании земной поверхности. Это было первое приближение к понятию биосферы, но Ж.Б.Ламарк не предложил для него особого термина. А сделал это спустя 70 лет ученый из Австрии Эдуард Зюсс, предложивший считать водную оболочку планеты гидросферой, твердую оболочку литосферой, а оболочку, населенную живыми организмами, - биосферой. О сущности биосферы Э.Зюсс практически ничего не написал и определял ее как «пространственно ограниченную совокупность организмов».

Вставка 1. Дополнительная информация

Представление о широком влиянии живых существ на процессы, протекающие в природе, были изложены в трудах основоположника русской школы почвоведения **Василия Васильевича Докучаева**, который показал зависимость процесса

почвообразования от совокупного влияния климата, растительного и животного мира, горных пород, рельефа и времени. «Наука, - подчеркивал В.В. Докучаев, - может принести пользу человечеству, если будет развиваться в направлении разработки учения о соотношении живой и мертвой природы, то есть учения о биосфере».

Другой взлет научных знаний в последней четверти XIX в. в области исследования биосферы, связан с именем основателя микробиологии **Сергеем Николаевичем Виноградским**. В своих исследованиях он показал огромную роль невидимых организмов планеты - бактерий в создании мира. В лаборатории Страсбурга он открыл возможность получения энергии за счет окисления сероводорода и использования ее для ассимиляции углекислого газа, открыв, таким образом, процесс хемосинтеза. Открытие бактерий, способных получать энергию из неорганической природы и питаться минеральными веществами, произвело переворот в науке. Кроме этого, С.Н. Виноградский впервые выделил из почвы азотфиксирующии бактерии, нашел бактерии, усваивающие свободный водород.

В начале XX в. академик **Владимир Иванович Вернадский** создает учение о биосфере как особой глобальной системе нашей планеты, в которой основной ход геохимических и энергетических процессов определяется живым веществом. Основные идеи учения были изложены в научном труде «Биосфера», опубликованной в 1926 г. До работ В.И. Вернадского явления, изменяющие лик Земли в масштабе геологического времени, рассматривались как чисто физические, химические или физико-химические процессы (размыва, растворения, осаждения, выветривания пород и т. д.).

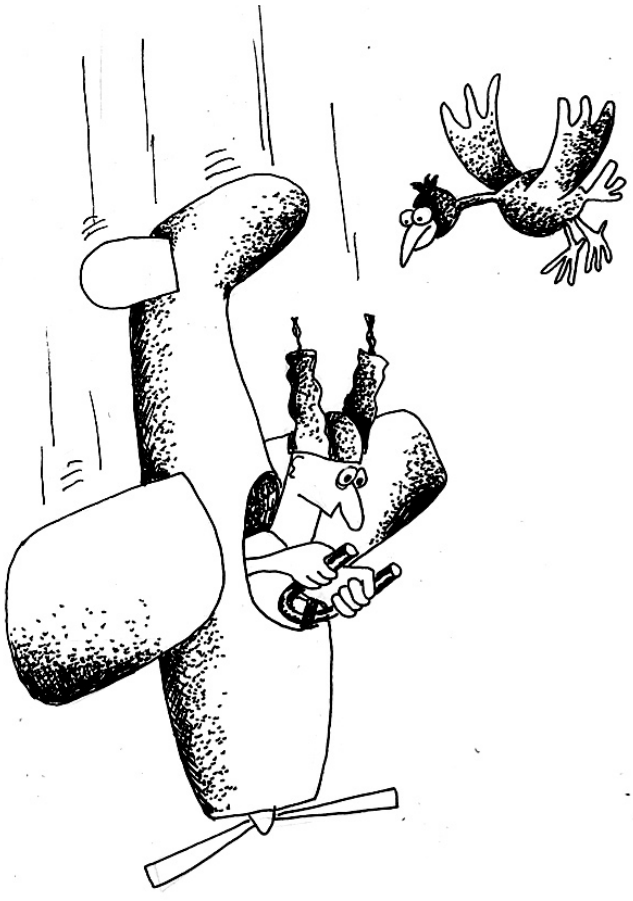
В привычное представление о биосфере как об особой оболочке земли он вложил существенно иное, биогеохимическое, содержание. И, если, согласно первому определению, биосферой следует считать поверхность планеты, населенную живыми организмами, то, по В.И. Вернадскому, **биосфера - это оболочка планеты, структура и энергетика которой определяются совокупной деятельностью живых организмов.** Это не только небольшая «прослойка», состоящая из организмов, но и почвенный покров, осадочные породы, природные воды, атмосфера. Все эти сферы Земли появились и развиваются благодаря деятельности живых организмов.

2.2. Строение биосферы

Биосфера выглядит тонкой пленкой только если ее сопоставлять с параметрами планеты. Но мы ведь обычно смотрим на биосферу не из космоса, а с земной поверхности, и на человеческий взгляд, наш биосферный дом не так уж и мал. Все этажи этого огромного здания, под названием биосфера, заселены. Некоторые этажи отличаются очень большим количеством обитателей, другие заселены не столь плотно. И архитектура здания, и стройматериалы, и распределение в нем жителей, - все имеет общие закономерности построения.

Биосфера – это жизнь, а жизнь пронизывает различные сферы Земли: нижнюю часть атмосферы (тропосферу), всю водную оболочку (гидросферу) и верхнюю часть земной коры (литосферу). Наибольшее «сгущение» жизни наблюдается на границах сред обитания: воздуха и почвы, в прибрежной зоне контакта моря, воздуха и атмосферы, в приповерхностных слоях океана, т.е. в зоне проникновения солнечной радиации. Эти зоны контакта В. И. Вернадский образно назвал «пленками жизни».

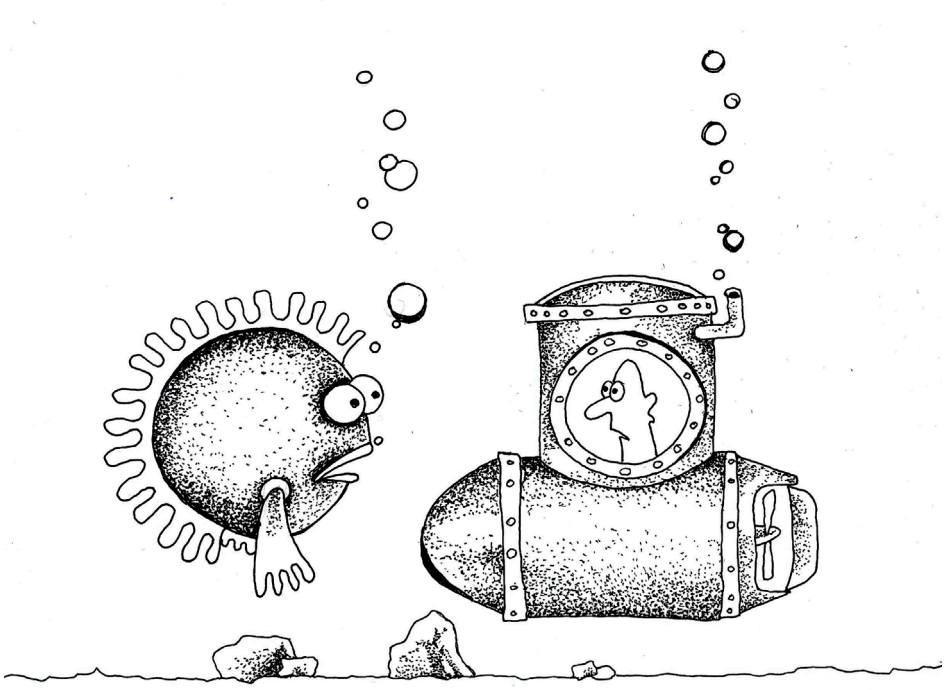
Соответственно, **границы биосферы** совпадают с границами жизнедеятельности организмов: нижний предел жизни на Земле – дно океана или глубинные слои литосферы, верхний предел ограничен жёстким излучением ультрафиолетовых лучей.



В атмосфере граница биосферы простирается примерно на высоту 15-20 км, - фактически до озонового экрана (у полюсов границы озонового слоя находятся на высотах 8 –30 км., в тропиках - 15-35 км). Если бы можно было извлечь весь озон,

находящийся в атмосфере, и сжать под нормальным давлением, то в результате получился бы слой, покрывающий поверхность Земли, шириной всего 3 мм (сжатая под нормальным давлением атмосфера составляла бы слой в 8 км). Но именно благодаря способности озонового экрана поглощать опасные ультрафиолетовые лучи, жизнь на Земле и существует. Другим условием, определяющим верхние границы биосферы, является понижение с высотой давления и уменьшение температур.

Например, критический порог кратковременного пребывания человека без кислородного прибора ограничивается высотой 6000 - 7000 метров над уровнем моря. А верхней границей растений является высота около 6200 м. Насекомые могут прожить и выше, питаясь заносимой на высоты пыльцой и другой органикой. Так, пространства на высоте семи-восьми километров над уровнем моря, несмотря на низкое атмосферное давление и холод, сильно ограничивающие возможности существования для большинства организмов, заселены пауками, клещами, ногохвостками. Таким образом, если не иметь в виду случаи рекордных подъемов (птицы до 13 -14 км, простейшие до 15 км, бактерии до 75-85 км) верхней границей реального распространения жизни следует считать высоту около 8-10 км .



В течение длительного времени исследователи спорили: до какой глубины простирается жизнь в океане? Так, английский натуралист Э.

Форбс в 1841 году категорически заявил, что ниже 540 метров на глубине морей жизни нет, обосновывая свою уверенность результатами наблюдений в Средиземном море. Но через 20 лет с глубины 2160 метров в этом море был поднят кабель, который был усеян ракушками и устрицами. И по современным представлениям, вся толща Мирового океана, в том числе и самая глубокая Марианская впадина (11022 м), занята жизнью. Так, в пробе грунта, взятого японским автоматическим батискафом «Кайко» осенью 2002 года на глубине 10.900 метров японские исследователи обнаружили 13 видов неведомых науке одноклеточных организмов круглой или удлиненной формы размером 0,5 - 0,7 мм, существующих в неизменном виде уже почти миллиард лет.

Изменение привычных границ существования живых организмов обусловлено возможностью некоторых из них приспосабливаться к жизни в экстремальных условиях. Наиболее легко приспосабливаются бактерии: чем проще устроен организм, тем проще ему адаптироваться к окружающему миру. Среди этих одноклеточных организмов встречаются бактерии, живущие в горячих источниках, кислых средах, солевых концентрированных растворах. Ранее, например, считалось, что жизнедеятельность живых организмов ограничена температурой около 100^0, поскольку при более высоких температурах происходит потеря белковыми веществами их естественных свойств, вследствие нарушения структуры молекул, но в срединно-океанических хребтах океанического дна в местах выхода гидротермальных источников были найдены хемосинтезирующие бактерии, живущие при температурах 350^0. Эти гидротермальные источники, названные «черными курильщиками» и «белыми курильщиками», на глубинах более 2,5 км при полном отсутствии света дают начало богатейшего всплеска жизни – уникального оазиса среди пустынных экосистем морских глубин. В литосфере на глубине 4500 метров в нефтеносных водах найдены также микроорганизмы. Но на «пределах» биосферы можно найти лишь отдельные проявления жизни (споры, бактерии,

мицелии грибов), а основная концентрация жизни наблюдается в местах соприкосновения различных геосфер.

Кроме этого, в пределах биосферы существуют холодные полярные безжизненные пространства или жаркие и сухие безводные пустыни, в пределах которых активная жизнь «замирает», но и там существуют живые организмы. Совокупность этих областей называется **парабиосфера.**

Атмосфера (от. др.-греч. пар и шар) - самая легкая газовая оболочка, окружающая планету. Масса атмосферы примерно в миллион раз меньше массы планеты. Часто атмосферу образно называют воздушным океаном, внутренняя поверхность которого покрывает гидросферу и литосферу, а внешняя плавно переходит в межпланетное пространство.

Сейчас очевидно, что современный состав атмосферы планеты возник благодаря эволюции живых организмов Земли. Первичная атмосфера, образованная в результате вулканических извержений, отличалась от современной отсутствием кислорода и преобладанием двуокиси углерода. Возникновение кислородной атмосферы, приведшее к всплеску жизни на планете, было обусловлено процессами фотосинтеза в сине-зеленых водорослях и продолжает поддерживаться с помощью фотосинтезирующей растительности.

В истории планеты было два переломных периода. Первый из них относится ко времени, когда содержание кислорода в атмосфере достигло примерно 1% от современного уровня (это так называемая первая точка Пастера). В этот переломный момент появились первые аэробные организмы, способные жить только в среде, содержащей кислород. Второй период связывают со временем, когда концентрация O_2 достигла примерно 10% (вторая точка Пастера). В этот период появился озоновый слой, организмы начали мигрировать и активно осваивать сушу.

Так, по мере эволюции жизни на Земле, в атмосфере постепенно уменьшалось содержание углерода и его соединений: с десятков процентов до современных величин - 0,03%. Одновременно происходили процессы

накопления кислорода и синтеза озона. После выхода растений на сушу уровень содержания кислорода быстро достиг современных значений – 21%.

Большая часть атмосферы состоит из химически чистых газов: одни из них нейтральны для обитателей планеты (инертные газы, азот), другие необходимы настолько, что без них большая часть жизни угасла бы (кислород), третьи могут привести к негативным последствиям (окись углерода). Весь химизм атмосферы необыкновенно тонко устроен: без постоянного производства кислорода растительностью, кислород мгновенно вошел бы в соединение с углеродом и водородом органических соединений, с серой и азотом вулканических выбросов и навсегда исчез из атмосферы, остановив жизнь на Земле. Но и небольшое повышение его содержания тоже губительно: жизнь может «сгореть». Поэтому, содержание основных компонентов атмосферы благодаря «запрограммированным» процессам в биосфере поддерживается в узком диапазоне.

Мы привыкли к наличию кислорода, но не всегда осознаем, насколько много воздуха потребляем, чтобы обеспечить организм его необходимым количеством. Например, в среднем человек за одни сутки делает около 20 000 вдохов и выдохов, пропуская через организм 3,5 литра воздуха ежеминутно и около 15 кг в день. И если без пищи мы можем прожить в течение 5 недель, без воды – 5 дней, то без воздуха жизнь прекращается на 5-й минуте.

Как любая смесь газов, воздух, удерживаемый силой тяжести, занимает все свободное пространство около поверхности земли. По мере увеличения высоты, воздух становится все более разреженным, начинают преобладать легкие газы, и на высоте 1000 км остается менее одной миллионной доли общей массы атмосферы. Помимо этого, под действием ультрафиолетовой радиации на высоте начинается расщепление молекул кислорода и газовых примесей на атомы и, начиная с высоты 800 км, преобладает водород и гелий.

Кроме этого, земная атмосфера имеет целый ряд других важных функций. Так, она насквозь пронизывается радиацией Солнца, определяя климатические и погодные условия планеты. Она защищает поверхность планеты от жесткого космического излучения. Без столь мощного щита, которым является озоновый экран, жизнь на планете остановилась бы.

По характеру изменения температуры с высотой, по газовому составу и другим характерным особенностям, атмосфера разделена на слои. По характеру изменения температуры воздуха с высотой последовательно выделяется **тропосфера** (от земной поверхности до 16 км), выше которой расположена стратосфера (до 50 км), **мезосфера** (до 80-95 км), и, наконец, **термосфера**, где на высотах 200-300 км температура воздуха достигает $+1500^0$С и далее остается постоянной.

Гидросфера (от греч. вода и шар) - водная оболочка Земли. Именно в гидросфере впервые зародилась жизнь планете. Гидросфера, благодаря способности воды быть в жидком, твердом или газообразном состоянии, пронизывает все другие оболочки Земли: формирует бесконечные океанические просторы, просачивается в литосферу, образуя подземные воды, испаряется в атмосферу, перемещаясь с воздушными массами, «застывает» на вершинах гор в виде снега и льда.

Водная поверхность планеты составляет 71%. Иногда, даже говорят, что нашу планету скорее надо было бы назвать «Океан», а не «Земля», учитывая соотношение воды и суши. В действительности, гидросфера еще больше. Если прибавить к покрытой водой поверхности земного шара, ледники и снежный покров, то площадь, занятая гидросферой будет составлять 86% от общей поверхности планеты.

Также частичка гидросферы представлена и в атмосфере, в виде облаков и водяного пара ($1{,}3 \times 10^{13}$т, что соответствует слою воды толщиной 2,5 см). Взаимодействие этих вод и взаимные переходы из одних видов вод в другие составляют сложный круговорот воды на земном шаре. Из газов,

растворенных в воде, наибольшее значение имеют кислород и углекислый газ.

В морской воде, в отличие от пресных поверхностных вод, растворено большое количество различных солей. В среднем солёность Мирового океана составляет около 3,5 %. Это значит, что в каждом литре морской воды растворено 35 грамм солей (в основном это хлорид натрия). В процентном соотношении в морской воде содержится 85,7% кислорода, 10,8% водорода, 1,9% хлора, 1,05% натрия, 1,35% магния, 0,09% серы и т.д. При пересчете на граммы и тонны, учитывая объемы Мирового океана, значения содержания солей получаются более внушительные. Например, столь необходимый для человеческого организма йод, содержится в морской воде в ничтожных концентрациях: 5×10^{-5} г в одном литре морской воды. Но суммарное содержание йода в океане составляет внушительную сумму в 87 860 млн. тонн.

Вставка 2. Дополнительная информация

Почему нас лечит море? Какие ассоциации возникают у нас при слове Европа? Континент и союз государств? Средневековые города? Булыжные мостовые? Аккуратно подстриженные газоны? Зеленые холмы, перемежающиеся с долинами садов? Да, несомненно, но кроме этого, особенно в летний сезон, Европа ассоциируется с белоснежными песками морского побережья Италии, с накатывающимися шумными волнами Атлантики в Португалии, с филигранно вырезанными бухтами греческих островов, с гламурным Лазурным берегом Франции. И миллионы людей со всех уголков Европы во время летней жары устремляются к морю.

Лечение морем – талассотерапия, началось не так давно. Впервые пить морскую воду и употреблять в пищу морские продукты для улучшения здоровья настоятельно рекомендовал английский врач Ричард Рассел, и в 1754 году на английском побережье Ла-Манша был открыт первый госпиталь. Но еще в течение более сотни лет аристократическая элита Европы морскому отдыху предпочитала поездки на горячие минеральные источники и марциальные воды. И только лишь в конце 19 века летняя жизнь аристократии перемещается на английское и французское побережья. И постепенно бывшие рыбацкие деревушки с лодками и разбросанными сетями на берегу стали превращаться в фешенебельные морские курорты с летней светской жизнью.

Почему нас так манит море? Еще в 1909 году В.И. Вернадский предрек, что в капле морской воды «… мы должны найти все химические элементы». И действительно, сейчас в Мировом океане определены 82 элемента таблицы Менделеева, оказывающие влияние на здоровье человека.

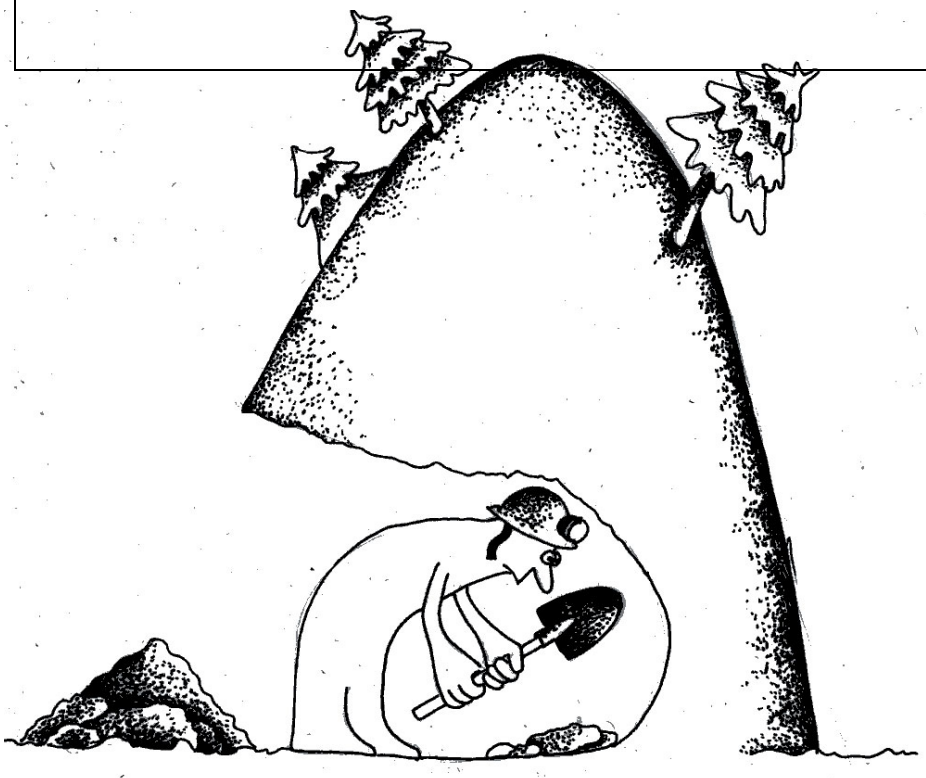
В морской воде, в отличие от пресных поверхностных вод, растворено большое количество различных солей. В среднем солёность Мирового океана составляет около 3,5 %: в каждом литре морской воды растворено 35 грамм солей. Морская соль на 99% состоит из шести главных ионов – натрия, хлорида, сульфата, магния, кальция и калия.

Уже давно люди обратили внимание на удивительное сходство состава морской воды и человеческой крови. Так, если сравнивать ионный состав крови и морской воды, то можно заметить, что максимально доминирует в этих жидкостях хлорид натрия (в крови – 76,2%, в морской воде – 85,9%). Содержание кальция одинаково – по 1,2%, а содержание калия в морской воде составляет 2,3% и 1,1% в плазме крови, соответственно. Причина сходства очевидна – жизнь зародилась в море.

Но еще более важным часто является наличие микроэлементов, многие из которых выполняют своеобразную роль дирижеров-катализаторов, ответственных за те или иные процессы в организме. От микроэлементов, содержащихся в организме человека в ничтожных количествах (10-3 – 10-12%) зависят многие обменные процессы в организме человека. Например, известно, что морская соль содержит йод, недостаток (как и избыток) которого может привести к заболеваниям щитовидной железы. Так, во многих горных районах Альп была распространена зобная болезнь. Это районы так называемых отрицательных йодных аномалий, где недостаток этого важного для щитовидной железы элемента приводил к большому количеству больных с отклонениями в умственном развитии. В России к территориям зобной анемии относятся некоторые районы Урала, Кавказа, Среднего Поволжья, Карелии. Сейчас научились справляться с зобной болезнью, добавляя в пищу йодированную соль или морскую капусту, которая накапливает в своих тканях до 1% йода.

Кроме йода, в «дарах моря» сконцентрировано большое количество элементов, важных для здоровья человека: калия, кальция, магния, железа, брома, натрия, серы. Так, кальций укрепляет скелет и сердечно-сосудистую деятельность, железо помогает кровеносной системе организма, бром успокаивает нервную систему, калий играет важную роль в обменных процессах, магний предотвращает спазмы мышц и сосудов, сера активно борется с грибковыми заболеваниями кожи, а недостаток натрия в организме приводит к быстрой утомляемости. А значит, море лечит: ионы морской воды, проникая через клетки кожи, восстанавливают состав плазмы крови и помогают справиться со

многими болезнями. К сожаленью, уже доказано, что при выпаривании морской воды и последующем разведении не все чудотворные элементы «оживают» и поэтому настоящее лечение морем может быть только у моря.



Земная кора (литосфера) — наиболее неоднородная твердая оболочка Земли, сложенная различными породами. В 1909 году югославский

физик Андрей Мохоровичич обнаружил резкое увеличение сейсмических волн на глубине около 40 км. Даная граница была названа в его честь границей Мохо. Слой, лежащий выше данной границы и называется земной корой. В настоящий момент выявлено, что планета Земля состоит из трех главных слоев – твердой земной коры (0-40 км), твердой оболочки или мантии (40-2900 км) и жидкого ядра (2900-6370 км). Некоторые исследователи предполагают, что внутри жидкого ядра расположено еще внутреннее более плотное ядро. Масса земной коры близка $24{,}6 \times 10^{18}$ т.

Исходя из состава, строения и мощности можно выделить континентальную и океаническую кору. На континентах кора вглубь простирается до 70 км и состоит из трех основных слоев (сверху вниз) – осадочного, гранитного и базальтового. Под океанами гранитный слой выклинивается, а осадочный и базальтовый уменьшаются в мощности и толщина океанической коры составляет- 5-10 км. Иногда выделяется кора промежуточного типа.

Земную кору формируют горные породы, которые подразделяются на изверженные, метаморфические и осадочные. **Изверженные (магматические) породы** образованы при охлаждении и затвердевании магмы. **Метаморфические породы -** это преобразованные осадочные и магматические породы под действием высокой температуры, давления и глубинных активных флюидов (горячих газов и растворов). **Осадочные породы** образовались в результате накопления осадков. Иногда сложно представить, но многие высочайшие вершины мира сформированы из осадочных пород, поскольку в прошлые геологические эпохи эти территории находились под океаном.

Вставка 3. Дополнительная информация

В середине 60-х годов прошлого века появилось много научных проектов для выяснения строения земной коры. Самым известным и успешным проектом подобного рода является Кольская сверхглубокая скважина, бурение которой началось в 1970 г, а закончилось

через 24 года - в 1994 году. Максимальная глубина скважины составляет 12262 м. Результаты бурения выявили, что по мере увеличения глубины и давления, породы становятся все более пористыми, а на глубине 5500-5700 метров были обнаружены 14 видов микрофасилий - окаменевших остатков древних живых организмов. Эта находка позволила изменить сроки существования жизни на нашей планете с 1,5 до 3 млрд. лет. Во время бурения из глубин, где уже нет осадочных пород, был обнаружен метан в концентрациях, сопоставимых с бакинскими нефтяными залежами. Так была поставлена под сомнение длительное время существовавшая теория биологического происхождения углеводородов. На глубине 11400 м были обнаружены залежи разнообразных полезных ископаемых, например, высокие концентрации золота (http://www.oilru.com/nr/91/1104/oilru.com).

В биосферу, как отмечалось ранее, входит верхняя часть литосферы, - кора выветривания, которая образовалась в результате процессов окисления, гидратации, выщелачивания и гидролиза горных пород различного состава. Преобразования литосферы живыми организмами началось, по всей видимости, после выхода организмов на сушу (около 450 млн. лет назад) и привело к появлению на границе атмосферы и литосферы - почв и, соответственно, новой оболочки планеты – **педосферы.** В.И. Вернадский назвал почвенный покров планеты «благородной ржавчиной Земли». Мощность почвы зависит от климата, особенностей рельефа, времени развития почвы, особенностей слагающих ее пород, произрастающей на ней растительности и активности населяющих ее организмов. В среднем, толщина педосферы составляет около одного метра.

Почвы и живые организмы содержат почти все элементы, входящие в периодическую систему Д.И. Менделеева, за исключением искусственно полученных человеком элементов. Но по количественным уровням диапазон колебаний содержания очень велик. Каждый элемент земной коры имеет свой **кларк - среднее содержание в земной коре**. Самым распространенным элементом коры является кислород, имеющий кларк - 47,0%. На втором месте стоит кремний (29,5%), на третьем - алюминий (8,05%). В сумме эти три элемента составляют 84,55%. Если к данным элементам прибавить железо (4,65%), кальций (2,96%), натрий (2,50%), калий (2,50%), магний

(1,87%), титан (0,45%), то сумма составит 99,48%. Таким образом, из перечисленных элементов преимущественно и состоит земная кора. На остальные 80 элементов, соответственно, приходится чуть более половины процента.

2.3. Вещество биосферы

Биосферой называют оболочку Земли, которая не только населена живыми существами, но и бесконечно ими преобразовывалась по мере эволюционного развития. Все вещество Земли Владимир Иванович Вернадский разделил на семь разных, но генетически взаимосвязанных типов веществ:

- **живое вещество** – совокупность всех живых организмов планеты, включая и человека, играющая основную роль в процессах изменения облика планеты.
- **биогенное вещество** - вещество создаваемое и перерабатываемое живыми организмами (мертвая органика, каменный уголь, битумы, известняк, все формы детрита, торф, уголь, нефть, газ биогенного происхождения);
- **косное вещество** - твердое, жидкое и газообразное вещество планеты, образующееся в результате процессов, в которых живые организмы не участвуют (горные породы, минералы и т. д.);
- **биокосное вещество** - косное вещество, преобразованное живыми организмами (природные воды, газо- и нефтеносные сланцы, битуминозные пески, часть осадочных пород, почвы, кора выветривания, глинистые минералы, илы);
- **вещество радиоактивного распада** - элементы и изотопы уранового, ториевого и актиноуранового ряда;
- **рассеянные атомы** земного вещества и космических излучений;
- **вещество космического происхождения** - метеориты, космическая пыль.

Ту часть биосферы, где живые организмы встречаются в настоящее время, обычно называют **современной биосферой,** а древние биосферы относят к **былым биосферам**. **Стратисферу**, т.е. все геологические осадочные отложения, а это слой до 3 км, образованный начиная с палеозоя до настоящего времени, В.И. Вернадский считал результатом жизнедеятельности организмов. По его мнению, земная кора - это область былых биосфер и даже ее гранитно-гнейсовый слой образовался в результате метаморфоза пород, некогда возникших под влиянием живого вещества. Лишь базальты и другие основные магматические породы он считал глубинными и первозданными.

2.4. Живое вещество: видовой состав и масса

Живые организмы являются основой биосферы, но они составляют крайне незначительную ее часть. Если выделить в чистом виде и распределить равномерно по поверхности, то это будет слой около 1,5 -2 см или 0,01% от массы всей биосферы. И, тем не менее, **живые организмы – центральное звено в функционировании биосферы.** Если бы на планете не было жизни, то она походила бы на Венеру или Марс: бескрайняя пустыня с атмосферой из углекислого газа. На протяжении длительной эволюции живые организмы, тысячекратно пропустив через свои клетки часть атмосферы, мирового океана, огромную массу минеральных веществ, создали и обеспечили все условия для существования многообразия форм жизни на планете.

Основным энергетическим источником функционирования биосферы является солнечная энергия и, частично, внутренняя энергия Земли. И, соответственно, биосферу необходимо также рассматривать как особую термодинамическую открытую оболочку Земли, важнейшей функцией которой является регулярное воссоздание живого вещества по численности, массе и количеству аккумулированной и удерживаемой энергии.

В биосфере Земли можно выделить две различные подсистемы, связанные друг с другом исторически и функционально: **биосферу океана и биосферу суши.** Живое вещество распределено в пределах данных подсистем крайне неравномерно: все живое вещество суши составляет $6{,}4 \times 10^{18}$ г, а живое вещество океана – $29{,}9 \times 10^{15}$ г, т.е. биомасса океана примерно на три порядка меньше суши. Почти все живое вещество планеты образовано зелеными растениями: биомасса животных составляет всего $0{,}006 \times 10^{18}$ г. В отличие от биосферы суши, распределение организмов в океане обратное: на растения (в основном, фитопланктон) приходится только 6,3% от общей биомассы, а большую часть (93,7%) составляет биомасса животных и микроорганизмов.

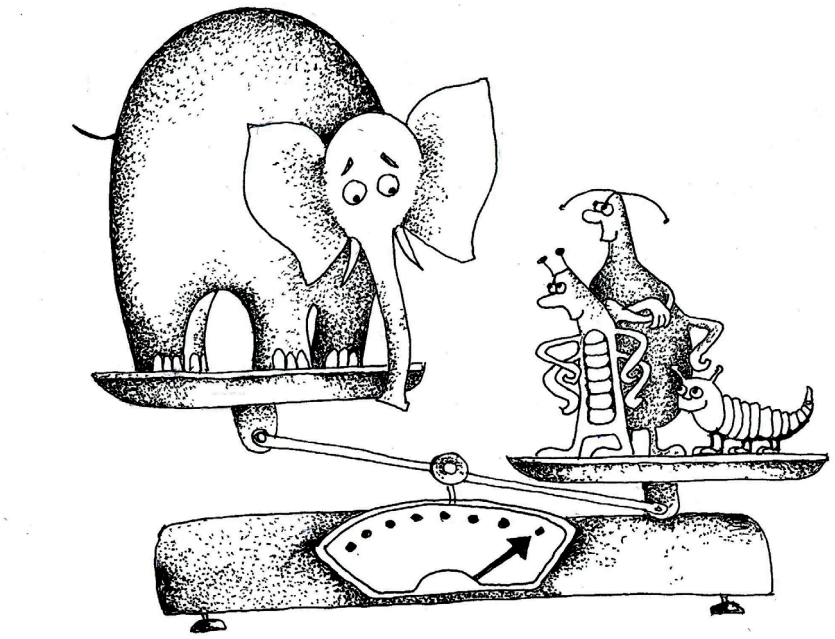
Другой отличительной особенностью биосферы океана является более быстрое обновление общей биомассы. Несмотря на то, что биомасса океана намного меньше биомассы суши, общая годовая биологическая продукция в Мировом океане превышает продукцию суши за год. Объясняется это тем, что слой жизни океана состоит преимущественно из планктона, обновление которого происходит в течение месяца, а обновление биомассы суши происходит примерно за 15 лет. Кроме этого, биосфера океана выполняет большую биогеохимическую работу и в ряде случаев выступает как мощная буферная система, обеспечивающая глобальное геохимическое, климатическое и экологическое равновесие.

Живые обитатели планеты весьма различны: от гигантских млекопитающих, масса тела которых измеряется тоннами, а длина метрами, до микроскопических одноклеточных существ, размеры которых измеряются микронами. И каждый живой организм - шедевр природы, возникший благодаря длительной эволюции. Общепринятой классификации органического мира до сих пор не существует и одновременно существует несколько вариантов систематик живых организмов. По наиболее распространенной систематике, все живые организмы подразделяются по отсутствию или наличию ядра на прокариот (от лат: pro – до, перед и karyon

– ядро) и эукариот (от лат: eu – хорошо, полностью и karyon – ядро). Первый эшелон жизни на планете представлен прокариотами, не имеющими клеточного ядра (бактерии и сине-зеленые водоросли). Эукариоты, имеющие клеточное ядро, - это растения, грибы и животные.

Все многообразие форм жизни на земле, видов растений, животных, микроорганизмов с их наборами генов и сложных экосистем, образующих живую природу называется **биологическим разнообразием.** Число известных зарегистрированных обособленных видов, обитающих на нашей планете, находится более 1,5 миллионов. Но до сих пор неизвестно - каково реальное общее количество живых существ на планете и открытия продолжаются. Например, до сих пор нет четкой классификации микроорганизмов Земли и не подсчитано их точное количество: эти невидимые существа остаются все еще «черным ящиком» для современного уровня развития науки.

Так, мы никогда не находимся в одиночестве: нас окружает огромное количество невидимых существ. Сотни миллионов жизней обитает снаружи и внутри нас, каждая из которых дышит и питается. И, несмотря на то, что размеры микроорганизмов измеряются тысячными долями миллиметра, предполагают, что общая масса микроорганизмов суши достигает многих миллиардов тонн.



Вставка 4. Дополнительная информация

Уже сейчас выявлено, что на каждом квадратном сантиметре нашей кожи находиться как минимум 2000 бактерий, а в 1 г почвенного субстрата может содержаться до 10 млрд. микроорганизмов (http://microorganizmy.naukadv.ru). Согласно исследованиям южнокорейских биологов, только на ручках тележек для покупок в супермаркетах, которыми ежедневно пользуются сотни посетителей крупных магазинов, находится около 1 100 колоний микроорганизмов на 1.55 квадратных дюйма (приблизительно 4 квадратных сантиметра) и наша кожа является основным «оборонным» барьером против микробной инфекции (http://medportal.ru).

Обитателями микромира могут быть как прокариоты, так и эукариоты. Самыми известными микроорганизмами являются бактерии и вирусы, основное различие между которыми заключается в том, что бактерии способны синтезировать живое вещество, а вирусы его разрушают. На данный момент изучена структура, химический состав и свойства около 6000 вирусов. Поскольку вирус сам по себе не размножается, живым организмом его можно считать условно. Вирусы предельно просты - это небольшие частицы, содержащие генетическую информацию: в состав вирусов входит либо ДНК, либо РНК, в зависимости от типа вируса. И только проникнув в живой организм вирус начинает размножаться и атаковать, используя клетки живого организма как фабрику для производства собственных копий. Когда клетка разрушается и погибает, она выбрасывает в организм новые вирусы. А проникать вирусы способны даже сквозь фарфоровые фильтры, используемые для улавливания бактерий. Но вирусы также необходимы в природе, как и все другие организмы. Вследствие того, что бактерии характеризуются очень высокой скоростью размножения, вирусы своей разрушительной функцией стабилизируют их рост. Кроме этого, разрушительная функция вирусов приводит к появлению новых, более устойчивых штаммов бактерий.

Другими простыми мельчайшими существами планеты являются **бактерии** (от латинского слова «маленькая палочка»), размер которых редко превышает 10 мкм. Одна из самых известных групп бактерий -

цианобактерии (или сине-зеленые водоросли). Именно они были первыми представителями живых организмов на планете. Сейчас известно и охарактеризовано около 6000 видов бактерий.

Основная биосферная функция бактерий - находиться на «передовом фланге» взаимодействия живого и косного вещества планеты. Именно бактерии обитают при самых высоких и самых низких температурах, в самых кислых и щелочных источниках. Они первыми заселяют лавы после извержения вулкана и обнажившиеся после схода лавины горные породы. «Выгрызая» твердые породы литосферы, расщепляя растворенные в природных водах соединения, извлекая из неживой природы необходимые для жизни элементы, они синтезируют первичные органические соединения.

Бактерии распространены во всех природных средах (90% биомассы океана составляют именно бактерии) и их находят в самых разнообразных, порой удивительным местах. Так, участники американской экспедиции к берегам Антарктиды на глубине 853 метров подо льдом обнаружили большое сообщество бактерий и моллюсков. Поскольку эта территория была перекрыта льдом на протяжении 10000 лет, очевидно, что открытия мест обитания бактерий будут продолжаться (http://www.forextimes.ru/news/hnews26778p.htm).

В зависимости от среды обитания микроорганизмы подразделяют на **аэробные**, живущие при наличии кислорода, и **анаэробные**, живущие в безкислородной среде. Микроорганизмы обладают способностью разлагать различные вещества и соединения. Благодаря этим свойствам в последние десятилетия их используют для рекультивации почв при нефтезагрязнении, для разложения нежелательных синтетических веществ. Микроорганизмы, с одной стороны используются как разнообразные источники антибиотиков, с другой - являются возбудителями холеры, сибирской язвы, туберкулеза и других заболеваний.

Другое царство живых организмов - **грибы** обитают главным образом на суше и особенно интенсивно размножаются в теплых и влажных местах

(например, в тропической зоне планеты). В настоящий момент их описано около 100 000 видов. К грибам относятся как микроскопические одноклеточные организмы - дрожжи, так и хорошо знакомые нам по осеннему лесу подберезовики, мухоморы, боровики. Большая часть грибов имеет нитевидное тело - гифы, совокупность которых образует мицелий. Грибы, в отличие от зеленой растительности не способны сами синтезировать органику, а произрастают на готовом органическом субстрате. Основной биосферной функцией грибов является разложения отмерших тканей животных и растений до первичных органических соединений. В процессе разложения им также помогают и бактерии, но грибы играют лидирующую роль.

Но последствия этой функции могут быть и отрицательными для человека. Так, во время второй мировой войны, половина грузов, пересекающих тропическую зону, была полностью «изъедена» грибами. А солдаты часто эвакуировались из этой зоны не из-за ранений, а из-за многочисленных инфекций, вызванных грибковыми заболеваниями кожи. Деструктивная функция грибов столь значительна, что эти организмы разрушают провода, оптические приборы, ткань и т.д. (Рейвн, Эверт, Айкхорн, 1990).

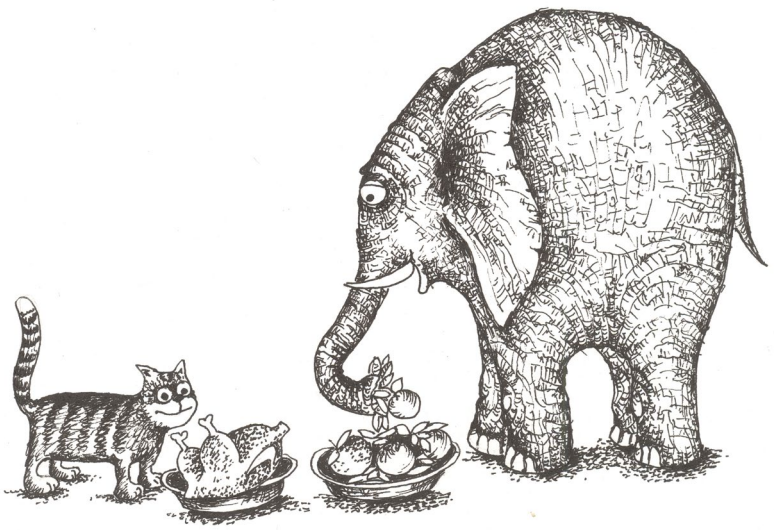
В настоящее время описано около 500 тысяч видов **растений** и более 1,0 млн. видов **животных** (включая насекомых и прочих беспозвоночных), сгруппированных в классы и типы. Растения – это весьма разнообразная группа живых организмов, размножающаяся спорами, семенами и вегетативным путем. Обширную группу наиболее примитивных низших растений составляют водоросли. И низшие и высшие растения по своему строению однотипны – все они, используя энергию солнечного света, синтезируют органические соединения, извлекая их из воды, почвенного субстрата, воздуха. Кроме света, воды и воздуха для жизни им необходимы органические соединения, созданные бактериями-прокариотами. Именно благодаря фотосинтезу, этому удивительному таинственному процессу,

посредством которого вода и воздух превращаются в живую материю, существует жизнь на Земле. Зеленые растения, производящие основную массу органики на планете, являются фундаментом для царства грибов и животных.

Самым разнообразным по видовому составу является царство животных - свыше 1 млн. видов. Из этого числа на позвоночные животные приходится только 4%, а на млекопитающих, к которому относится и человек – 0,4% из общего числа видов. Среди животных наиболее многочисленна группа насекомых. На каждого жителя планеты приходится по 10 тонн насекомых (250-300 млн. особей)! Но и это царство еще не полностью описано. Открытия продолжаются. Так, в 2006 году в результате исследований в труднодоступной лесистой местности в северной части Борнео (Калимантан) в Малайзии открыли 52 новых вида животных и растений, ранее не известных науке. А всего с 1994 года на этом острове найдено более 360 новых видов (Jungle secrets: 52 new species found in Borneo's 'Lost World' - Daily Mail, 19.12.2006). На севере Вьетнама, в горном районе Бат Дай Сон (Bat Dai Son) на границе с Китаем, в 2007 году ботаники описали более 100 новых видов растений (http://www.vokrugsveta.ru/news/?item_id=2260И).

Все обитатели биосферы, чтобы существовать, должны питаться, т.е. потреблять энергию. По способу питания живые организмы можно разделить на **автотрофов (или продуцентов), гетеротрофов (или консументов)** и **редуцентов (деструкторов)**. К продуцентам относятся зеленые растения суши и моря, сине-зеленые водоросли, использующие в качестве питания минеральные вещества, а в качестве источника энергии – солнечных свет или энергию химических связей. К консументам относятся разнообразные организмы – от бактерий до крупных животных, использующие в качестве пищи и источника энергии органические соединения, созданные продуцентами. И, наконец, третий тип организмов представлен редуцентами, питающимися мёртвым органическим веществом. К данной группе относятся многие микроорганизмы, грибы и некоторые виды животных и насекомых.

Функционально редуценты это те же самые консументы, поэтому их часто называют **микроконсументами.** Таким образом, каждое царство живых организмов выполняет свою особенную функцию: прокариоты ассимилируют неорганическую материю, растения синтезируют биомассу, грибы и бактерии разлагают органику, а животные являются регуляторами процесса в целом. И этот бесконечно повторяемый в природе процесс характерен для любой экосистемы – «от кочки до оболочки».



2.5. Состав живых организмов

Жизнь на Земле существует уже более 3 миллиардов лет (дискуссии относительно времени возникновения жизни на земле продолжаются, и любые цифры могут быть оспорены). За это время эволюция не прерывалась: все живые организмы, от вирусов до человека, имеют один и тот же генетический код.

Вставка 5.

Какие механизмы действуют в природе и почему мы не просто внешним сходством, а пристрастиями и привычками, болезнями и характером так сильно походим на родителей, бабушек, дедушек? В Древней Греции философы стремились дать лаконичные определения буквально всему. Так, Платон определил человека как двуногое, лишенное перьев. Не успел стихнуть смех учеников, как Диоген принес Платону в качестве опровержения ощипанного петуха. После чего Платон был вынужден добавить: «... и с плоскими ногтями». Как известно, в каждой шутке есть доля правды.

Одним из последних достижений в биологии было успешное расшифрование человеческого генома (от слов ген + хромосома). В основе отличий человека от других живых организмов лежат особенности его

генетического «текста». Ребенок каждого из родителей получает текст, длиной в три миллиарда букв. И отличия генома человека от родственных видов не так уж и велики. Например, при сопоставлении сходных генов шимпанзе и человека 99 из 100 букв, как правило, одинаковы. В настоящий момент расшифровка продолжается и уже выяснено, что при всей уникальности генома человека, в его ДНК есть довольно много сходства даже с мышами и дрозофилами (http://www.chem.msu.su/rus/journals/chemlife/2000/genom.html). **Важной особенностью биологических организмов является их способность к воспроизводству в результате смены поколений особей и передаче наследственной информации от предыдущего поколения к последующему.**

В живых организмах обнаружены почти все элементы периодической системы Менделеева, но содержание многих из них чрезвычайно мало. Еще академик А.И. Опарин провел ряд модельных экспериментов, пытаясь воспроизвести природные условия, существовавшие на планете 3 миллиарда лет назад. Результаты эксперимента доказали, что и в далекие геологические эпохи основа органического вещества была неизменной и состояла из простых углеводородов, спиртов, альдегидов и некоторых аминокислот. Такими каркасными элементами для всех организмов биосферы являются **кислород, углерод, водород и азот**. Их общее содержание в живом веществе биосферы составляет 98,72 % и именно благодаря высокой реакционной способности и растворимости, они могут образовывать самые разнообразные химические соединения. И все многообразие живых организмов планеты: от облака «живой пыли» - микроорганизмов до 30-метрового кита, построено главным образом из этих четырех элементов. Таким образом, **для всех живых организмов планеты характерно биохимическое единство**.

Живые организмы на 70% содержат кислород, большая часть которого связана с водородом и образует воду. В водных организмах количество воды превышает 90% от общей массы, в зеленой растительности – более 85%,

крупные млекопитающие на 60% состоят из воды и только споры и семена содержат менее 15 %. Немецкий физиолог Эмиль Дюбуа-Реймон и человека назвал «одушевленной водой», поскольку мы более чем на две трети состоим из воды.

Кроме названых четырех химических элементов, к первичным элементам жизни добавляют еще два элемента - **фосфор и серу**. Фосфор входит в состав основы молекул наследственности - ДНК и РНК, а также молекулы, поставляющей энергию, - АТФ, а сера входит в состав двух из 20 основных аминокислот. Эти шесть элементов, благодаря распространенности во всех клетках, органах и тканях как растительных, так и животных организмов, являются эволюционно «сквозными», несмотря на то, что сера и фосфор в весовом отношении занимают сравнительно скромное место.

Кроме этого, к элементам-органогенам следует добавить натрий, калий, магний, кальций, хлор и железо. Таким образом, 99,9% живой массы организмов составляют элементы «исходной дюжины»: H, C, N, O, Na, Mg, P, S, Cl, K, Ca, Fe. На то, что они все относятся к первым 26 элементам периодической системы, обратил в свое время внимание еще Д.И. Менделеев. **Выборочно накапливая отдельные элементы и выделяя их во внешнюю среду в форме совершенно новых химических соединений организмы тем самым изменяют и химизм биосферы.**

Недостаток или избыток некоторых элементов изменяет параметры функционирования организма. Исходя из этой особенности к группе жизненно-важных элементов необходимо причислить также кремний, медь, цинк, хром, селен, молибден, никель, олово, йод, кадмий, кобальт, свинец, фтор, барий, стронций и ртуть. Так, дефицит в почвах Австралии кобальта, привел к массовым заболеваниям коров и овец анемией и к массовому падежу скота. А избыток в растениях селена, вызывает облысение овец, выпадение перьев у птиц. В Средние века в мастерских по изготовлению головных уборов была распространена «болезнь сумасшедшего шляпочника». В те времена при изготовлении фетровых шляп применялись

содержащие ртуть препараты, и в организме мастеров происходило постепенное накопление этого тяжелого металла, поражающего в конечном итоге центральную нервную систему.

Вставка 6. Дополнительная информация

В некоторых поселениях забайкальских казаков на реке Уров и в соседних долинах еще в XIX в. была описана странная болезнь – ломкость и искривление костей, названная местным населением «коряжной болезнью». Больные были не в состоянии передвигать ноги и становились полными инвалидами. Болезнь поражала не только людей, но и домашних животных. Тайна уровской болезни была раскрыта в 30-х годах XX в.: причина связана с недостатком кальция, йода, фосфора в почве, воде и растениях и повышенного содержания стронция и бария. В результате замещения кальция на стронций в скелетах людей возникает нарушение обмена веществ, проявляющееся в хрупкости костей и недоразвитии скелета. Десятки других элементов содержатся в очень малых количествах и, возможно, их влияние на живые организмы планеты будет еще выявлено в будущем.

2.6. Основные свойства и функции живого вещества

В чем же причина столь высокой химической активности живого вещества, сумевшего преобразовать все сферы Земли? Известняки, уголь, илы, почвы, железные и марганцевые руды, кислород атмосферы – все это создано живым веществом за геологическое время. Причина столь высокой химической и геологической активности живого вещества по выражению академика Л. С. Берга, обусловлена «биологическими катализаторами (ферментами), которые совершают, с физико-химической точки зрения что-то невероятное». В живых организмах на порядок или несколько порядков увеличиваются скорости химических реакций. В.И. Вернадский в связи с этим живое вещество назвал **«формой чрезвычайно активированной материи».**

Среди основных свойств живого вещества можно отметить следующие:

1. Мобильность - способность живых организмов быстро осваивать все свободное пространство. Живое вещество, подобно газу, растекается по поверхности планеты, при этом мелкие организмы размножаются гораздо быстрее, чем крупные.

Это свойство связано как с интенсивным размножением (без сдерживающих факторов дрожжевые клетки заселят пространство планеты за несколько часов, бактерии - за несколько суток, некоторые насекомые - за год), так и со способностью живых организмов в благоприятных условиях увеличивать биологическую массу. Например, многоярусные тропические леса занимают около 3000 млн. га или 6% площади суши, но при этом дают 60% всего живого вещества планеты.

Мобильность живых организмов сдерживается многообразными биологическими и экологическими механизмами, а также фактором времени. Например, видовое разнообразие участков лесной гари бедно непосредственно после пожара и требуется значительное количество лет, чтобы участок гари «сравнялся» с окружающими экосистемами. Другим классическим примером является заселение острова Кракатау после извержения вулкана в 1883 году, уничтожившего все живые организмы на острове. Мощность взрыва была эквивалентна взрыву водородной бомбы: на острове осталась только гора, покрытая лавой и пеплом. Для формирования новых экосистем потребовалось 50 лет, но и они по разнообразию видов уступали предыдущим.

2. Активность – способность к движению, но не только пассивному, происходящему под действием силы тяжести, гравитационных сил и т.д., но и к активному – против течения воды, движения воздушных масс, силы тяжести и т.д.

3. Устойчивость и деструктивность – способность к устойчивой жизнедеятельности и быстрому разложению после гибели. Благодаря специфическим химическим соединениям — белкам и ферментам, все живые организмы устойчивы в процессе жизнедеятельности, но организмы также легко разлагаются после окончания жизни. После смерти организмов образовавшиеся органические и неорганические вещества включаются в круговороты.

4. Адаптивность – способность приспосабливаться к различным

условиям окружающей среды, в том числе и к крайне трудным по физико-химическим параметрам. На протяжении эволюционного отбора и развития живые организмы выработали огромное количество жизненных форм в процессе приспособления к тем или иным условиям.

5. Реактивность – способность к высокой скорости протекания реакций, которая на несколько порядков больше, чем реакции в неживом веществе. Именно благодаря высокой скорости биохимических реакций жизнь преобразовала планету. Эти реакции управляются и ускоряются ферментами.

Отдельно можно выделить **механическую реактивность** – например, способность землероев (червей, сурков, сусликов и др.) к преобразованию поверхности экосистемы. Известно, например, один дождевой червь за сутки способен переработать количество органики равное его собственному весу.

6. Воспроизводимость – способность живого вещества к обновлению. Наибольшая скорость обновления характерна для мельчайших организмов,- планктона, пассивно плавающего у поверхности океана: в каждом кубическом метре воды содержится до 50 миллионов простейших клеток. Фитопланктон является своеобразным «пастбищем» для рачков, морских звезд, моллюсков, мальков рыб и т.д., которые питаются ими. Весной характерно бурное размножение водорослей: в это время года каждая диатомовая водоросль может делиться ежедневно, что влечет одновременно вспышку и зоопланктона.

Всю деятельность живого вещества в биосфере можно, с определенной долей условности, свести к нескольким основополагающим функциям.

1. Биотическая функция. Биосфера является самоподдерживающейся и самоорганизующейся целостей системой. Если бы эта главная функция исчезла, то через несколько десятков лет, планета могла бы стать безжизненной пустыней. Живое вещество, являясь одним из основных компонентов биосферы, воссоздает себя и поддерживает необходимое разнообразие.

2. Энергетическая. Биосфера - это самый мощный аккумулятор солнечной энергии благодаря фотосинтезу растений. Продуцированная зелеными растениями энергия затем передается по цепям питания, рассеивается.

За геологическую историю Земли биосфера накопила в недрах колоссальное количество энергии в залежах торфа, каменного угля, нефти и других полезных ископаемых, служащих и в настоящее время энергетической базой для человека.

3. Газовая функция. Биохимическая деятельность живого вещества обеспечивает, в частности, и планетарное равновесие газов.

4. Концентрационная (накопительная) функция. Живые организмы в ходе жизнедеятельности избирательно накапливают определенные химические элементы, повышая их содержание, по сравнению с окружающей средой, в десятки и сотни раз. На первом месте находиться основа всей органической жизни планеты - углерод. Например, во многих горючих ископаемых, образованных из остатков отмерших растений, содержание углерода в тысячи раз превосходит среднее содержание в литосфере. Кальций концентрируется в известковом скелете животных, фосфор накапливается в скелетах рыб. Отдельные виды живых организмов являются специфическими концентраторами некоторых элементов: морская капуста накапливает йод, лютики - литий, ряска - радий, позвоночные животные - железо, бактерии – марганец и т.д.

Вставка 7. Дополнительная информация

Например, бледную поганку часто называют «лесной коброй». Согласно преданию, именно бледной поганкой был отравлен римский император Клавдий, которому подмешала в пищу ядовитый гриб его жена Агриппина. А ядовитость этих грибов обусловлена способностью концентрировать в своих органах селен, содержание которого в сотни раз превышает среднее содержание в почве.

Накопительную функцию организмов часто используют и в прикладных целях: для поисков полезных ископаемых или для обогащения руд. Например, еще рудокопы средних веков знали, галмейная фиалка

произрастает на почвах с повышенным содержанием цинка, а золотоискатели Австралии при поисках месторождений ориентировались на белые цветы жимолости. Кроме этого, способность организмов накапливать токсичные элементы (тяжелые металлы и радиоактивные элементы), может быть индикатором выявления степени загрязнения окружающей среды.

5. Окислительно-восстановительная функция. Под влиянием живого вещества происходят как процессы окисления, благодаря обогащению среды кислородом, так и процессы восстановления, обусловленные дефицитом кислорода. Этот процесс связан со способностью некоторых элементов (Fe, S, P, N и др.) менять валентность. Благодаря окислительно-восстановительной функции создаются новые соединения, происходит изменение миграционной активности элементов и, как следствие, - формирование руд, растворение или осаждение элементов. Восстановительные процессы обычно сопровождаются образованием и накоплением сероводорода, а также метана, что делает безжизненными глубинные слои болот, а также придонные толщи воды.

6. Деструктивная функция. Образование живого вещества и аккумуляция им энергии сопровождается одновременно и диаметрально противоположным процессом - разложением, минерализацией органических соединений и превращением их в простые минеральные соединения - CO_2, воду, аммиак (NH_3) с освобождением энергии, что и является основой биологического круговорота вещества (подробно круговороты веществ будут рассматриваться в следующем разделе).

Так, в процессе фотосинтеза в зеленом листе создаются углеводы. При отмирании растений органическое вещество используется в пищу микроорганизмами, грибами и животными. Сложные органические соединения (углеводы, крахмал, целлюлоза и др.) с помощью организмов-редуцентов подвергаются минерализации и вновь превращаются в минеральные соединения, поступают в почву, чтобы по следующему кругу быть усвоенными растениями.

Другие организмы, к которым относятся бактерии, грибы и лишайники, воздействуют на горные породы за счет выделения комплекса кислот. Разрушая породы, организмы избирательно извлекают и включают в биотический круговорот важнейшие питательные элементы - кальций, калий, натрий, фосфор, кремний и многие микроэлементы.

7. Транспортная функция. В результате активной формы движения организмов постоянно происходит перенос вещества и энергии. Часто такой перенос осуществляется на колоссальные расстояния, например, при миграциях животных.

8. Информационная функция. Проявляется через способность живых организмов и их сообществ накапливать определенную информацию, закреплять ее в наследственных структурах и затем передавать последующим поколениям. Так, организмы освоили различные виды информации - зрительную, звуковую, химическую, электромагнитную. Эти процессы в них осуществляются путем общего энергоинформационного обмена.

Например, снижение интенсивности размножения может быть связано не только с недостатком корма или изменением окружающей среды: уменьшение потомства может происходить и в результате «перенаселения» территории. В этом случае включаются особые внутренние механизмы популяций, которые приводят к уменьшению потомства.

Вставка 8. Дополнительная информация

Мы еще крайне мало знаем о всем спектре информационных связей в природе, но факты иногда поражают: устройство любого муравейника строго подчинено внутренним правилам и законам поведения; в клину журавлиной стаи каждый член «команды» занимает строго определенное место и стороны птичьего клина образуют угол, близкий к 110 градусам. Еще в Древнем Китае и Египте «действовала» голубиная почта и птицы, по им одним ведомым ориентирам, безошибочно находили дорогу домой. В последние годы ведутся исследования биоэнергетической природы деревьев: изучаются информационные связи деревьев между собой.

9. Средообразующая и рельефообразующая функция. Природная

среда создана живыми организмами, которые и поддерживают в относительно стабильном состоянии все ее параметры. В результате средообразующей функции в географической оболочке произошли важнейшие изменения: преобразование газового состава первичной атмосферы, изменение химического состава вод первичного океана, образование толщи осадочных пород в литосфере, возникновение почвенного покрова. Кроме этого, живое вещество само способно создавать новые формы рельефа. Так, всем известны крупные коралловые барьерные рифы, построены благодаря способности кораллов усваивать из морской воды известь и строить из нее свои скелеты.

2.7. Круговорот веществ в биосфере

Земля находится в непрерывном движении: в Мировом океане течения перемешивают слои воды, вода испаряется с водной глади, в атмосфере ветры переносят облака, из облаков идет дождь и снег, поверхностные воды стекаются в рукава рек, реки впадают в океан. Вместе с водой, к процессу «подключаются» различные химические элементы и соединения. И это происходит несчетное число раз. Неизменно повторяющийся цикл процесса перемещения и превращения вещества в биосфере называется **круговоротом веществ в биосфере.**

В случае отсутствия круговоротов веществ живые организмы давно исчерпали бы все ресурсы планеты, поскольку запасы любого элемента конечны. В действительности круговорот элементов обратим не полностью, - часть веществ из него изымается: из атмосферы теряется некоторая доля легких элементов, часть органических соединений фоссилизируется (захоранивается) в педосфере, литосфере в виде гумуса, торфа, илов и осадочных пород, минеральных солей, выносимых реками в океан и осаждающихся в донных отложениях.

Различают большой (геологический) и малый (биогеохимический) круговорот. Движущей силой круговоротов является энергия Солнца и внутреннее тепло Земли.

Большой геологический круговорот веществ, продолжающийся миллионы лет, заключается в том, что под действием водных и воздушных агентов **магматические** горные породы подвергаются выветриванию, а продукты их разрушения выносятся в Мировой океан и другие водоемы, образуя **осадочные** горные породы. Под действием тектонических движений, высоких давлений и температур осадочные и магматические породы преобразуются в **метаморфические**. Например, глины превращаются в глинистые сланцы, пески в кварциты и т.д. В результате новых крупных геотектонических движений, процессов опускания материков и поднятия морского дна эти породы вновь оказываются в зоне интенсивного выветривания, т.е. круг замыкается.

Малый биогеохимический круговорот обусловлен двумя взаимосвязанными и противоположными процессами: образованием и разложением живого вещества. С одной стороны, происходит молекулярный, клеточный, тканевый обмен внутри самого живого организма, с другой – круговорот веществ связывает организм и его среду обитания в единое целое.

И каждый маленький цикл круговорота включен в более крупный круговорот. Символом данного круговорота служит не круг, а циклоида – линия, описываемая точкой, находящейся на ободе движущегося колеса, т.е. для круговорота характерно поступательное развитие по спирали. Основной особенностью биогеохимического круговорота является то, что в нем, в отличие от большого геологического круговорота, участвуют не все природные элементы, а только биогенные, необходимые для жизнедеятельности организмов. И именно круговоротом веществ обеспечивается непрерывность процессов в биосфере, и многие жизненно-важные элементы, несмотря на их ограниченность в литосфере, участвуют в жизнедеятельности организмов. Так, при отсутствии круговорота, например,

за короткое время был бы исчерпан основной «кирпичик» живого вещества - углерод, благодаря которому создается огромное количество органических соединений.

В.И. Вернадский сформулировал следующие биогеохимические принципы:

- **биогенная миграция химических элементов в биосфере стремится к максимальному своему проявлению.** Вовлекая неорганическое вещество в биологический круговорот, в «вихрь жизни», живые организмы способны проникать в ранее недоступные ей области планеты и увеличивать свою геологическую активность. По мере эволюции биосферы, происходит увеличение разнообразия живых организмов и появление новых более сложных форм;
- **эволюция видов, приводящая к созданию форм, устойчивых в биосфере, должна идти в направлении, увеличивающем проявление биогенной миграции атомов в биосфере.** Все живое вещество обладает свойством пластичности и изменчивости во времени. Так, начавшийся процесс появления свободного кислорода изменил весь облик планеты. Во время появления морских беспозвоночных, имеющих кальциевый скелет, произошло усиление миграции кальция. Выход растений на сушу в каменноугольную эру активизировал круговорот углерода. И до сих пор в земной коре мы видим свидетельства усиления миграционной способности различных элементов.
- **все живое вещество находится в бесконечном непрерывном обмене с окружающей его средой, создающейся и поддерживающейся космической энергией Солнца**. Химические элементы в биосфере постоянно перемещаются как в пределах отдельных сфер (литосферы, гидросферы, атмосферы, педосферы), так и между ними. Темпы миграции химических элементов неодинаковы: очевидно, что наиболее активная миграция происходит в атмосфере и в гидросфере.

Таким образом, живое вещество активно регулирует геохимическую

миграцию атомов. И именно благодаря этому, в течение миллиардов лет происходит эволюция живых организмов планеты и биосферы в целом, сохраняется стабильность и динамическое равновесие биосферы. Повторяющиеся перемещения и превращения химических элементов в биосфере при активном участии живого вещества называют **биогеохимическими циклами элементов.** Под этим циклом понимается круговорот химических веществ из неорганической природы в органическую - через растительные и животные организмы.

Круговорот совершается с использованием солнечной энергии и энергии химических реакций. В биосфере круговорот элемента будет быстрым и устойчивым только в том случае, если этот элемент не только растворим, но и летуч, благодаря чему одно из его соединений может возвращаться на сушу через атмосферу.

К главным биогеохимическим циклам относят **циклы углерода, азота, кислорода, серы и фосфора**. Среди летучих соединений всем известна двуокись углерода (CO_2), метан (CH_4), свободный азот (N_2), аммиак (NH_4), сероводород (H_2S) и двуокись серы (SO_2).

2.7.1. Круговорот углерода

Как отмечалось ранее, земная жизнь основана на соединениях углерода, поскольку каждая молекула живого организма построена на основе углеродного скелета. Углерод присутствует в природе во многих формах, основными из которых являются восстановленные формы углерода в виде метана и других углеводородов, нейтральные формы в виде залежей графита, алмазов и карбида, окисленные формы углерода в виде углекислого газа и карбонатов. Наконец, углерод сосредоточен в биосфере, почве и океане в виде сложных биоорганических соединений.

Несмотря на многообразие форм углерода, именно углекислый газ, находящийся в атмосфере и растворенный в Мировом океане, является основным источником углерода для переработки его в органическое

вещество живыми организмами. Главными участниками углеродного цикла являются растения и фитопланктон, которые в процессе фотосинтеза поглощают молекулы углекислоты, и атом углерода участвует в образовании разнообразных органических соединений в структуре растений. Эти соединения служат углеводным питанием для организмов, питающихся продуцентами. Поскольку все организмы дышат, то углерод в соединении CO_2 может вернуться в атмосферу в процессе дыхания. Другая часть углерода высвобождается из мертвого органического вещества организмами - редуцентами. Небольшая часть органического углерода ускользает из круговорота и накапливается в виде торфа, угля, карбонатных отложений.

На протяжении существования Земли основными источниками поступления CO_2 в атмосферу являлись вулканические извержения и геотермальные процессы. В современных условиях к этим природным процессам добавляются также выбросы при сжигании человеком ископаемого топлива: угля, нефти и газа. По сравнению с доиндустриальной эпохой (до 1850 года) концентрация CO_2 в атмосфере увеличилась на 31 %, а метана на 149 %. Кроме этого, баланс CO_2 изменяется из-за вырубки лесов, поглощающих углекислый газ.

2.7.2. Круговорот азота

Азот относится к жизненно важным элементам, являясь составной частью белковых и других органических соединений. Природный азот состоит из двух стабильных изотопов – N^{14} и N^{15}. Можно выделить два направления фиксации атмосферного азота - абиогенный и биогенный. Абиогенный путь происходит в результате реакции азота с кислородом. Единственным условием, вследствие инертности азота, является наличие большого количества энергии. Эти условия достигаются при разрядах молний, когда температура достигает более 25 000°С, вулканической деятельности, в момент сгорания метеоритов.

Но почти все живые организмы не могут использовать атмосферный молекулярный азот, и большая часть азота потребляется растениями из почвы в виде соединений аммония (NH_4^+) и нитратов (NO_3^-) . Длительное время считалось, что связывать молекулярный азот, могут только небольшое количество видов микроорганизмов, преимущественно азотобактерии, некоторые из которых поселяются на корнях растений, образуя характерные вздутия. Поэтому они часто в литературе называются **клубеньковыми бактериями.** Благодаря этой способности растения и азотфиксирующие бактерии непрерывно помогают друг другу: растения предоставляют бактериям «место для проживания» и снабжают полученным в результате фотосинтеза «топливом» — глюкозой, а бактерии обеспечивают растениям необходимый азот в усвояемой ими форме. Сейчас известно, что способностью фиксировать азот обладают многие другие организмы в воде и почве. В океанических экосистемах фиксация атмосферного азота происходит при помощи цианобактерий. Связывание молекулярного азота и перевод его в азотистые соединения получил название **азотфиксации.**

В растениях азот закрепляется в органическом веществе и затем передается по цепям питания. После отмирания, органика разлагается организмами-редуцентами, которые превращают их аммонийные соединения, нитраты, нитриты, а также в свободный азот, который возвращается в атмосферу. Поскольку соединения азота легко растворимы в воде и легко вымываются из почвы атмосферными осадками и грунтовыми водами, то в случае их избытка, что возникает при чрезмерном применении азотных удобрений, то происходит загрязнение водоемов и продуктов питания.

2.7.3. Круговорот кислорода

Кислород, как отмечалось ранее, является главным элементом нашей планеты. Большая часть кислорода связана в соединения с другими элементами – в гидросфере с водородом, в литосфере – с кремнием,

алюминием, железом и др. элементами. Однако к этому огромному «фонду кислорода» экосистема не имеет непосредственного доступа, и кислород, входящий практически во все минеральные соединения литосферы в химически связанном состоянии в биогеохимическом круговороте не участвует.

А принимает участие лишь свободный кислород и его окислы – H_2O и CO_2. Природный кислород состоит из трех стабильных изотопов: O^{16}, O^{17} и O^{18}. Процентное содержание молекулярного кислорода в атмосферном воздухе, как отмечалось ранее, близко к 21%. Основное производство свободного кислорода связано с процессом фотосинтеза и фотодиссоциации паров H_2O, а потребление - с дыханием наземных живых организмов. Кроме этого, потребителем значительной массы кислорода является неживая природа: окисление закисного железа и вулканических газов, растворение в морской и речной воде. Механизм круговорота кислорода достаточно прост: молекула кислорода (O_2), образующаяся при фотосинтезе, получает один свой атом от диоксида углерода, а другой - от воды; молекула кислорода, потребляемая при дыхании, отдает один свой атом диоксиду углерода, а другой - воде.

2.7.4. Круговорот серы

Сера, как уже отмечалось, является важным биогенным элементом, присутствуя во всех живых организмах. Биологическая роль серы связана с тем, что она входит в состав аминокислот и, следовательно, белков. Круговорот серы осуществляется через воздух, воду и почву.

Находящаяся в почве сера связана с процессом выветривания горных пород, содержащих пириты (серный колчедан FeS) и халькопириты (медный колчедан $CaFeS_2$), а также в результате разложения органических веществ растительного происхождения. Основным источником серы, доступным растениям и микроорганизмам, являются растворимые в воде сульфаты (SO_4^{2-}), которые поглощают корни растений. Сульфаты восстанавливаются

растениями, и сера включается в аминокислоты (цистин, цистеин, метионин) и белки. Животные получают серу вместе с пищей в составе уже готовых органических соединений. Сера, таким образом, проходит по пищевой цепочке экосистемы и возвращается в почву вместе с экскрементами животных.

После отмирания растений сера вновь возвращается в почву при помощи многочисленных микроорганизмов. Некоторые из микроорганизмов в анаэробных условиях восстанавливают органическую серу в сероводород (H_2S) и в минеральную серу, а другие, наоборот, окисляют и переводят в сульфаты. Сульфаты вновь абсорбируются корнями растений, и таким образом обеспечивается продолжение круговорота. Кроме этого, существуют серобактерии, которые могут жить на огромных глубинах в океане около разломов земной коры с выходами сероводорода. В процессе хемосинтеза, бактерии поглощают сероводород и выделяют серу.

2.7.5. Круговорот фосфора

Фосфор – один из наиболее важных биогенных элементов, поскольку входит в состав нуклеиновых кислот и клеточных мембран. Как отмечалось ранее, фосфор, вместе с серой и калием — один из важнейших «элементов жизни», способствующих увеличению продуктивности экосистем.

Основные запасы фосфора, накопившиеся за прошлые геологические эпохи, находятся в литосфере и в процессе выветривания поступают в наземные экосистемы. Значительные количества фосфатов оказываются вовлеченными в круговорот воды, выщелачиваются и вовлекаются в море, где питают фитопланктон. Затем вместе с отмершими остатками фосфаты погружаются в океанические глубины. Но некоторая их часть отлагается в прибрежной части и тогда, возможны варианты нового включения в круговорот. Частичный возврат фосфатов на землю возможен и по пищевым цепям. В этом случае, от фитопланктона фосфор переходит к рыбам, а затем и к морским птицам. Так, на побережьях Перу и Патагонии находится

большое количество остатков экскрементов морских птиц – гуано. Поскольку гуано содержит значительное количество питательных веществ (около 30% аммиачных солей и около 17% фосфорнокислых), часто в переработанном виде оно используется в качестве удобрений.

Также фосфор совершает биогеохимический круговорот в наземных экосистемах: микроорганизмы минерализуют органические соединения фосфора из отмерших организмов в фосфаты, растворенные соли которых вновь ассимилируются растениями.

2.8. Энергетический баланс биосферы

Солнечная радиация является основным источником для большинства процессов, происходящих в биосфере. Именно благодаря Солнцу осуществляется непрерывный круговорот веществ в биосфере. Именно благодаря Солнцу в экосистемах **обеспечивается постоянство и избыточность энергии**. Каждую секунду Солнце излучает энергию, равную $3{,}827X10^{26}$Вт., называемую **светимостью Солнца**. Реальные масштабы излучаемой энергии необыкновенно велики: этой энергии достаточно, чтобы растопить слой льда вокруг Земли толщиной 1000 км. Но на планету попадает всего лишь одна двухмиллиардная доля всего солнечного излучения в виде прямой и рассеянной радиации. Плотность потока солнечного излучения, достигающего пределов земной поверхности, называется **солнечной постоянной,** средняя величина которой принимается равной 1367 Вт/м^2. При учете шарообразности планеты, можно получить, что на верхнюю границу атмосферы поступает 1/4 часть этой величины, т.е. около 341,8 Вт/м^2. Учитывая площадь поверхности планеты (510 млн. км^2), можно легко сосчитать количество коротковолновой солнечной радиации за год – $1{,}743x10^{17}$ Вт.

Около 30% коротковолновой солнечной радиации отражается Землей и уходит обратно в мировое пространство. Доля этой отраженной световой энергии называется **альбедо.** Остальные 70% поглощаются атмосферой и

земной поверхностью. В течение длительного времени Земля сохраняет свое тепловое равновесие и, соответственно, количество теплоты, которое должно уходить в мировое пространство должно быть равным поглощенной теплоте (239,3 Вт/м^2). Согласно оценкам М.И. Будыко (1980) поглощенная земной поверхностью радиация расходуется следующим образом: 66% поглощается земной поверхностью, а 34% - атмосферой.

Радиационный баланс земной поверхности (R) равен поглощенной этой поверхностью радиации за вычетом эффективного излучения (I). Соответственно, на долю R и I приходится 105 Вт/м^2 и 53 Вт/м^2 (из 66% это 44 и 22% соответственно) поглощенной Землей солнечной радиацией.

Около 84% радиационного баланса земной поверхности тратится на испарение воды. Именно благодаря этим энергетическим затратам происходит круговорот воды. Почти вся оставшаяся часть расходуется на турбулентный теплообмен с атмосферой. Ливни и ураганы, течения рек и наводнения, океанические течения и ветры – все это солнечная энергия. А зеленые растения, используя менее 1% энергии, преобразовывают ее с помощью фотохимических реакций в энергию сложных органических соединений. Но и этой энергии достаточно, чтобы создать и «накормить» такое удивительное разнообразие организмов, населяющих планету.

2.9. Биосфера как целостная система

В целом биосфера - это единый гигантский организм, в котором автоматически поддерживается ряд свойств, обеспечивающих ее функционирование, саморегулирование и устойчивость.

1. Биосфера - это открытая система. Её существование немыслимо без поступления энергии Солнца. Благодаря солнечной энергии и биохимической активности фотосинтезирующих организмов, зеленые растения обеспечили пищей и энергией все остальные организмы, образовали и поддерживают газовый состав атмосферы.

Вставка 9. Дополнительная информация

Впервые представления о влиянии солнечной активности на живые организмы, были изложены в трудах А.Л. Чижевского, показавшего взаимосвязь многих явлений в биосфере с солнечной активностью. Предполагается, что активность Солнца влияет на многие геологические процессы, на социальную активность общества, на численность отдельных видов живых организмов или их популяций.

2. Биосфера - это централизованная система. Центральным звеном биосферы выступают все живые организмы, включая и человека. Одним из наиболее ошибочных подходов является антропоцентрический, отводящий центральное место в биосфере – человеку. Но человек является частью природы и все его действия должны быть соотнесены с механизмами функционирования биосферы.

3. Биосфера – это целостная и дискретная система. Несмотря на специфичность и самостоятельность отдельных геосфер, суммарная деятельность населяющих эти оболочки живых организмов объединяется на уровне биосферы как целостной функциональной системы. Целостность биосферы обусловлена тесной взаимосвязью всех слагающих ее компонентов, объединенных круговоротом вещества и энергии. Изменение каждого из компонентов неминуемо ведет к изменению других и всей системы в целом.

4. Биосфера – устойчивая и саморегулирующая система. Это выражается в регуляции постоянства физико-химических и биологических функций. Для биосферы характерно свойство **гомеостаза,** под которым понимается способность гасить возникающие внешние и внутренние возмущения, и приходить в исходное состояние включением ряда механизмов. Гомеостатические механизмы биосферы построены по принципу Ле Шателье-Брауна: при действии на систему сил, выводящих ее из состояния устойчивого равновесия, происходит смещение в том направлении, при котором эффект этого воздействия ослабевает. За длительную историю существования, биосфера неоднократно переживала ряд таких возмущений, к которым можно отнести падения астероидов, крупные землетрясения и извержения вулканов.

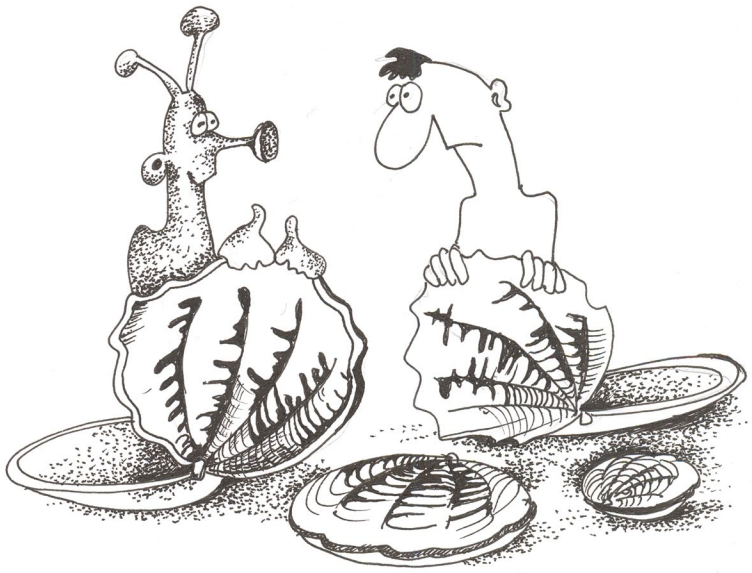
5. Биосфера – это система, характеризующаяся огромным разнообразием. Разнообразие повышает ее устойчивость, поскольку обуславливает возможность дублирования отдельных функций. Поэтому на Земле существует более полутора миллионов живых организмов, среди которых нет «лишних» или «вредных»: каждому уготована своя конкретная роль. Так, в каждой маленькой клеточке биосферы – экосистеме, есть целый ряд взаимосвязанных организмов: травоядные консументы поедают «лишнюю биомассу», не позволяя растениям слишком сильно разрастаться, за травоядными пристально «следят» хищники, предотвращая их чрезмерное размножение, количество хищников регулируется количеством травоядных и т.д. Совместная деятельность живых организмов обеспечивает извлечение определенных веществ из внешней среды, их трансформацию на разных уровнях трофических цепей и минерализацию органического вещества до составляющих, доступных для очередного включения в круговорот. Кроме этого, все разнообразие функций живых организмов, не может выполняться организмами какого-либо одного вида, а только лишь их сообществами.

6. Биосфера – система, обеспечивающая и поддерживающая круговорот веществ. За счет круговорота веществ в биосфере происходит устойчивое поддержание жизни. И, несмотря на то, что многие биогеохимические круговороты отдельных элементов начинаются в экосистемах небольшого ранга, на уровне биосферы они полностью завершаются. Так происходят планетарные процессы формирования и переотложения горных пород, поддержания экологических функций гидросферы и атмосферы, образования почв и поддержания их плодородия и т. п. Круговорот гарантирует неисчерпаемость отдельных химических соединений и непрерывность процессов, происходящих в биосфере. Стойкость биосферы обнаруживается в постоянстве ее общей массы, массы живого вещества и энергии, связанной с живым веществом, среднего химического состава всего живого.

Таким образом, только непрерывное функционирование биосферы как целостной системы способно обеспечить экологическую безопасность всех

сообществ живых организмов и каждого в отдельности. Выход из строя хотя бы одной функции, предполагает глобальную экологическую катастрофу.

2.10. Эволюция биосферы



Возникновение жизни на Земле – один из интереснейших вопросов, но однозначного ответа на него до сих пор нет. Одна из первых гипотез зарождения жизни была высказана еще Аристотелем, который придерживался **теории спонтанного зарождения жизни**. Согласно этой теории, определенные частицы содержат некое активное начало, которое при благоприятных условиях может создать живой организм. Аристотель предполагал, что примером активного начала является яйцо, но он также считал, что это и солнечный свет, и гниющее мясо. С распространением религии основополагающей стала **теория креационизма**, утверждающая, что жизнь на Земле и мир в целом созданы божественно.

Вставка 10. Дополнительная информация

Дискуссии продолжаются до сих пор. Предполагается, например, что жизнь могла быть занесена извне. Теория возникновения жизни вне планеты Земля, называется гипотезой **панспермии**. В основе гипотезы лежит предположение, что зародыши жизни постоянно путешествуют по космосу и могли быть занесены на планету из других планет, например, с метеоритами. Полученные в 2006 году результаты миссии **Дип импакт** (Deep Impact) по исследованию кометного вещества подтвердили наличие в кометном веществе водяного льда, летучих фракций, карбонатов, полиядерных ароматических углеводородов, сульфидов и других компонентов. Данный факт позволяет предположить, что кометы могут быть одним из возможных переносчиков жизни во Вселенной

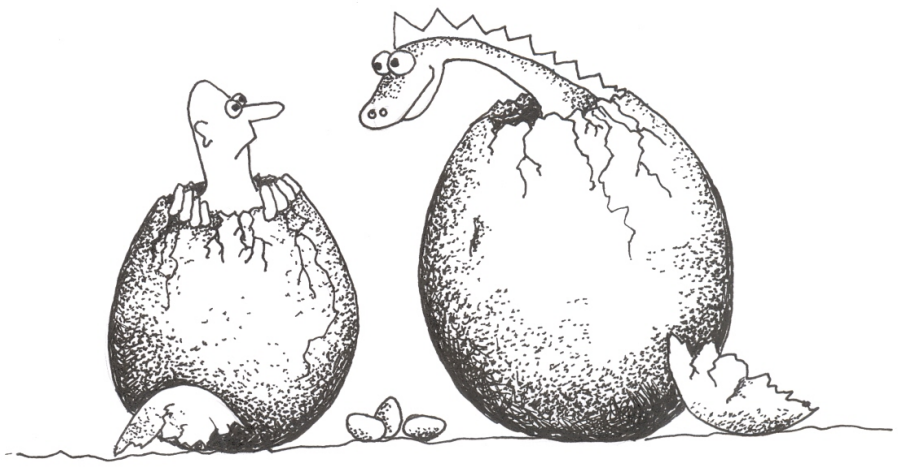
(http://solarsystem.nasa.gov/deepimpact/index.cfm). Но в настоящее время неизвестна ни одна планета, где были бы отмечены признаки жизни, и поэтому данная гипотеза не имеет вещественного подтверждения.

Возраст Земли как самостоятельной планеты Солнечной системы оценивается в 4,5-4,6 млрд. лет. Данная цифра основана на анализе вещества метеоритов и лунного грунта. Образные часы планеты приведены в книге американских биологов Питера Рейвна, Рея Эверта и Сьюзн Айкхорн «Современная ботаника» (1990). Всю прошлую историю планеты они представили в виде 24 часов. Исходя из этих суток, образование планеты произошло в полночь. Тогда планета была безжизненна и холодна: суровая пустыня с черным небом, огромным диском Луны и слабогреющим Солнцем (его светимость была на 30% ниже, чем современная). Рельеф был сглажен и вся поверхность покрыта темно-серым первичным веществом. Красная луна, размеры которой тогда были в 300-500 раз больше, чем современные, светилась и излучала энергию. В условиях ледяного холода и проникающего ультрафиолетового излучения трудно себе представить даже наличие будущей гипотетической жизни на планете.

Между 2 и 3 часами ночи (около 4 млрд.лет назад) появились древнейшие из известных горных пород, в океанах начали образовываться железные руды. Между 5 и 6 часами утра (около 3,5 млрд. лет назад) появились первые микроорганизмы (прокариоты). Очевидно, что появлению жизни на планете предшествовала химическая эволюция, но этот вопрос до сих пор является научной загадкой: даже самые примитивные организмы не могли образоваться непосредственно из простых химических веществ. И в это время планета была совершенно иной: безжизненные реки и темно-бурый океан, заселенный огромным количеством цианобактерий. Именно цианобактерии, средний размер клеток которых составляет около 2 мкм,, по общепринятой версии, явились «творцами» современной кислородсодержащей атмосферы на Земле.

И только в час дня (2 млрд.лет назад) появился свободный кислород в атмосфере. Таким образом, более половины времени планета Земля существовала без свободного кислорода. Яркий образ для описания этих событий придумал Г.А. Заварзин: биосфера в этот промежуток времени «вывернулась наизнанку». Благодаря цианобактериям вместо кислородных «карманов» появились анаэробные «карманы» в местах разложения органики. В атмосфере начинает возникать озоновый слой, преграждающий путь губительным ультрафиолетовым лучам, что приводит к расширению границ жизни. По мере увеличения кислорода в атмосфере небо становилось все более голубым, а океаны очистились от железа (http://www.svobodanews.ru/Article/2007/07/12/20070712165209483.html).

Смена анаэробных условий на аэробные вызвала резкую перестройку структуры биосферы. Древнейшие ископаемые эукариоты появились между 4 и 5 часами (1,5 млрд.лет назад). И только вечером, между 8 и 9 часами (около 700 млн.лет назад) появились многоклеточные организмы, около 10 вечера (450 млн.лет назад) растения захватили сушу, перед 11 вечера планета была уже с цветковыми растениями (200 млн.лет назад). Чем ближе к современности, тем сложней и разнообразней становились живые организмы. А первый человек появился всего полминуты назад. И за последние несколько секунд он сильно изменил облик планеты.



2.11. Человек и биосфера

Перематывая виртуальную "плёнку времени" назад можно представить, насколько длительное время на планете природные экосистемы сменяли друг друга. Сейчас, места обитания многих представителей дикой природы распаханы, почвы закатаны в асфальт, построены города. Эволюция планеты до появления человека и после – это качественно разные отрезки времени. Изменения природы начались с расселением первобытных людей по континентам. Взаимодействие природы и общества можно разбить на 6 основных этапов.

Первый этап - период присваивающего хозяйства. Элементы присваивающего хозяйства (собирательство, охота и рыболовство) и связанные с ним изменения экосистем и сегодня можно наблюдать в некоторых труднодоступных местностях мира. Приспосабливаясь к среде обитания, первобытные люди совершенствовали орудия, способы охоты, выжигали растительность для увеличения посевных площадей. Плотность населения была лимитирована количеством пищи. Так, по расчетам П.М. Долуханова (1979), численность населения в лесостепной зоне Евразии даже в самые благоприятные годы не превышала 18 человек на 100 квадратных километров. Со временем был исчерпан потенциал развития, связанный с совершенствованием каменных орудий и образом жизни охотника: исчезновение многих видов животных поставило наших предков на грань вымирания от голода и дало толчок к поиску альтернативных технологий получения пищи.

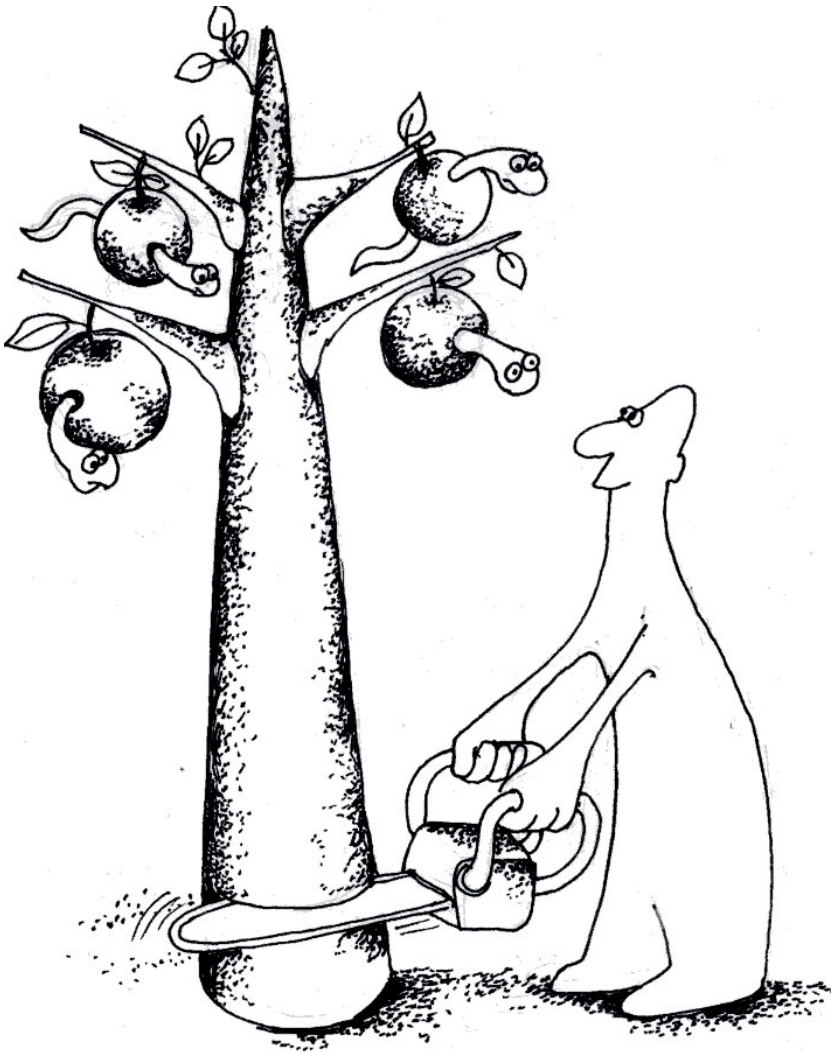
Вставка 11. Дополнительная информация

Вопрос: «Когда и как возник человек», до сих пор не имеет однозначного ответа. В прошлые века существовало ровно два ответа, первый из которых описан в Библии, второй – в теории Чарльза Дарвина. При этом Ч.Дарвин не отрицал первичного божественного начала, но предполагал, что Бог сотворил первые виды живых организмов, которые впоследствии эволюционировали в другие.

Если принять за основу дарвиновскую теорию происхождения человека, то в настоящий момент предполагается, что разделение ветвей человека и обезьян произошло

во временном интервале от от 5 до 7 млн. лет назад. Долгое время ученые считали, что эволюция человека была более-менее линейной: одна форма сменяла другую, и каждая новая была прогрессивнее, ближе к современному человеку, чем предыдущая. Сейчас очевидно, что все было гораздо сложнее: формирование «человеческих» черт шло одновременно у нескольких видов гоминид и временные интервалы существования многих видов сильно перекрываются. Иногда несколько разных видов гоминид, находящихся на разных уровнях близости к человеку, сосуществовали одновременно. Например, еще в сравнительно недавнем прошлом (всего-навсего 50 тысяч лет назад) на Земле существовало как минимум 4 вида гоминид: Homo sapiens, Homo neandertalensis, Homo erectus и Homo floresiensis.

Второй этап - период становления производящего хозяйства, получивший название неолитической революции. На этом этапе, человечество создало землепашество и скотоводство. В очагах оседлого земледелия произошла смена естественных природных экосистем пахотными угодьями, а расширение обрабатываемых земель при применении переложной и подсечно-огневой системы земледелия не только обеспечили сообщества людей пищей, но и привели к новым экологическим проблемам. Подобный тип хозяйствования спровоцировал нарушение гидрологического режима рек, усиление водной и ветровой эрозии, опустынивание территорий и т.д. Эти процессы, ставшие повсеместными и в Средиземноморье, и на Среднем и Ближнем Востоке, и в муссонных областях Северной Америки и Азии и в африканских саваннах стали новым вызовом для человечества в поисках выхода из сложившейся ситуации.



Третий этап - эволюция локальных аграрных сообществ. На этом этапе очагами развития общества становятся великие речные цивилизации. К их числу относят семь великих рек: Нил, Тигр, Евфрат, Инд и Ганг, Хуанхэ и Янцзы. Народы, населявшие речные цивилизации, существенно преобразовали сельское хозяйство и знали много о своих почвах и их плодородии. Именно в этих древних приречных цивилизациях был накоплен значительный опыт использования аллювиальных почв, создана уникальная культура орошаемого земледелия. Например, шумерские племена Двуречья даже несовершенными орудиями труда научились сооружать каналы, дамбы и плотины, могли осушать болотистые почвы и использовать воды Евфрата. Проведение этих работ, несомненно, было трудоемко и требовало большого количества рабочих рук, что способствовало новой ступени развития

общества - объединению общин для совместного хозяйствования. Для борьбы с эрозией почв в разных местностях были выработаны особые приемы (например, террасирование горных склонов). Интенсификация сельского хозяйства и высокие урожаи, в свою очередь, послужили толчком для демографического роста. Но процветание, основанное на трудоемком земледелии, имело один существенный минус – уязвимость цивилизации при столкновении с такими стихийными бедствиями, как засухи, наводнения или с социальными проблемами - войнами.

Четвертый этап - «осевое время». Так часто называют этот период, поскольку именно в это время были заложены основы религий, зародилась философия, появилась установка на «преображение природы» и гармонию с природой.

Пятый этап - взаимодействие локальных цивилизаций (по терминологии В.И. Вернадского – «антропогенная миграция»). С наступлением эпохи Великих географических открытий разобщенность человечества стала резко уменьшаться. Кроме открытия американских континентов, Австралии и Океании, данный этап характеризуется и мощным колониализмом: минеральные и биотические ресурсы стран Востока и Нового Света открыто присваивались европейскими державами.

Шестой этап - эпоха индустриализации. Этап начался в середине XVIII века в Англии и переходит в постиндустриальный этап буквально на наших глазах. Промышленную революцию проходила три основных стадии: революция «пара и угля», «нефти и электричества» и «ядерной энергетики, микроэлектроники и биотехнологий». Именно на этом этапе произошел виток интенсификации эксплуатации природных ресурсов, рост и распространение городов, появились первые техногенные катастрофы. За два столетия рост промышленности и городских агломераций принял ощутимые для планетарных биогеохимических циклов размеры. Только за вторую половину XX в., рост мирового производства товаров и услуг увеличился более чем в 7 раз (с 6 трлн. долларов в 1950 году до 43 трлн. в 2000 году).

Набранные темпы развития экономики привели к стремительному преобразованию биосферы.

2.12. Ноосфера как ступень развития биосферы

Человечество вступило в новый виток развития: биосфера при нашем активном нашем участии трансформируется в ***ноосферу.*** Рост антропогенной деятельности привел к изменению процессов на разных уровнях земной системы. На планетарном уровне - это загрязнение атмосферы и гидросферы, изменения в генофонде человечества, глобализация экономики. На локальных уровнях последние столетия привели к нарушению водного баланса, загрязнению воздуха и вод, потери биоразнообразия, эрозии почв и т.д. Накопление изменений на локальном уровне с течением времени может иметь и глобальные черты.

Процесс преобразования биосферы антропогенной деятельностью получил название **техногенеза.** А часть биосферы, преобразованная хозяйственной деятельностью человека, получила название **техносферы.** Близкими по смыслу понятиями являются термины антропосферы (Родоман, 1979), социосферы (Ефремов, 1961). Основным отличием эпохи техносферы от биосферы является изменение биогеохимических потоков вещества. Техногенные потоки элементов привели к нарушению естественного равновесия в экосистемах, появлению новых типов круговоротов веществ. Кроме этого, вторжение в глубинные слои литосферы, и развитие космической техники изменили привычные границы биосферы. Очевидно, что техносфера в последние десятилетия «поглотила» биосферу, распространившись через ее границы: реактивные самолеты и сверхглубокие скважины увеличили горизонтальные границы, в глобальный круговорот вовлечены новые элементы. Так, XX в. вовлек в процесс рассеивания и дальнейшей концентрации практически все элементы таблицы Менделеева,

многие из которых являются токсичными, т.е. негативно воздействующими на живые организмы.

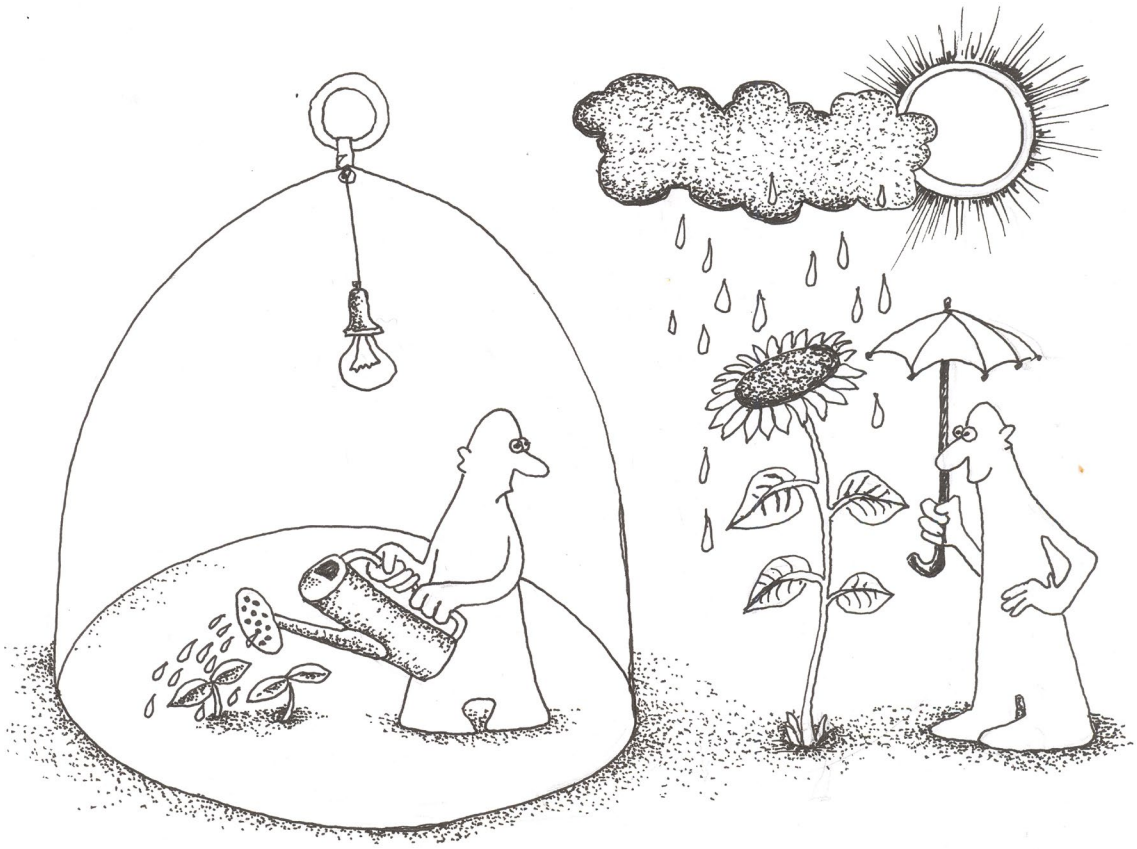
В 1927 году французский математик и философ Эдуард Леруа впервые ввел понятие **«ноосфера»**. Ноосферой Э. Леруа назвал оболочку Земли, включающую человеческое общество с его языком, индустрией, культурой и прочими видами разумной деятельности. Ноосфера, по мнению Э. Леруа, представляет собой «мыслящий пласт», идущий на смену стихийно функционирующей биосфере. Идеи Э. Леруа были развиты палеонтологом и теологом П. Шарденом. Согласно их представлениями, «мыслящая оболочка», зародившись в конце третичного периода, разворачивается с тех пор над миром растений и животных вне биосферы и над ней.

В противоположность приведенной трактовке, В.И. Вернадский представляет ноосферу не как нечто внешнее по отношению к биосфере, а как новый этап в развитии биосферы, заключающийся в разумном регулировании отношений человека и природы. Поскольку человечество неотделимо от биосферы, то главной его целью должно быть сохранение того типа биосферы, в котором возник и существует человек как вид, живой организм.

2.13. Эксперимент «Биосфера - 2»

Проблемы глобального загрязнения биосферы приводят к возникновению идей конструирования искусственных систем, частично заменяющих реальную глобальную экосистему. Так, в июле 2007 года было объявлено о начале нового масштабного экологического проекта Аризонского университета - «Биосфера-2» с целью изучения климатических изменений и судьбы экосистем Земли, ее водных и энергетических ресурсов. Данный проект воссоздания биосферы в искусственных условиях уже был: в начале 90-х годов прошлого века в штате Аризона (США) было построено сложнейшее инженерно-техническое сооружение «Биосфера-2» для проведения уникального эксперимента – моделирования замкнутой

экологической системы. Конструкция из стекла и стали, занимающая площадь 1,27 гектара с объемом воздуха в ней 203 760 кубических метров, была построена в течение 10 лет компанией «Space Biosphere Ventures» и миллиардером Эдвардом Басом. Цифра «2» в названии подчеркивала, что «Биосферой-1» является Земля. Главной задачей эксперимента было выяснение возможностей человека жить и работать в замкнутой экосистеме в случае резкого ухудшения условий жизни на Земле или в космических поселениях. В результате, была создана сеть герметичных независимых секций покрытых стеклянным колпаком, пропускающим около 50% солнечного света. В каждом отсеке создана конкретная экосистема с характерными подобранными почвами и видами растений, мелкими млекопитающими, птицами, рептилиями, насекомыми и почвенными микроорганизмами: тропический лес, саванна, жестколистный средиземноморский ландшафт, пустыня, пресноводное и минерализованное болото, мини-океан с живым коралловым рифом. Таким образом, была создана своеобразная биологически-сбалансированная мини-модель Земли, в которой изолировано от мира могли жить люди.



Предполагалось, что комплекс будет функционировать автономно, поскольку, по мнению конструктов, были учтены все условия для нормального круговорота веществ. Солнечного света, согласно расчетам, должно было хватить для достаточного воспроизводства кислорода растениями в результате фотосинтеза, черви и микроорганизмы должны были обеспечить переработку отходов жизнедеятельности и обеспечить развитие растений, растения, в свою очередь, шли в пищу людям и животным и т.д. Энергия для приготовления пищи, освещения и работы оборудования давали солнечные батареи. В комплексе были созданы океанические течения, морской прибой, тропические дожди, для очистки воды выращивали водные гиацинты, а множество специальных датчиков постоянно фиксировало изменение параметров.

И 26 сентября 1991 года восемь добровольцев (четыре женщины и четыре мужчины) вошли в «Биосферу 2» с целью провести в изоляции два года, поддерживая связь с внешним миром исключительно через компьютер. «Поселенцы» должны были контролировать работу сложной системы и

самостоятельно обеспечивать себя продуктами питания. Сначала эксперимент шел по плану: экосистемы давали 46 видов растительной пищи, были выделены пастбища для скота и небольшие площади для посевов, в искусственных водоемах плавала рыба и креветки.

Однако через нескольких недель появились первые негативные признаки: микроорганизмы и насекомые стали размножаться в неожиданно больших количествах, что вызвало уменьшение всходов сельскохозяйственных культур и непредвиденное падение кислорода (на 0,5% в месяц). У обитателей проекта появились признаки кислородного голодания. Когда кислород упал до критических значений, было принято решение искусственно закачивать кислород извне.

Другой проблемой оказалась перенаселенность «Биосферы-2»: участникам проекта не хватало пищи и пришлось уплотнить площади зерновых, высадить бананы и папайю, ввести распределение еды. Кроме этого, под стеклянной крышей по утрам конденсировалась влага, и лился искусственный дождь, отсутствие в модели ветра привело к обламыванию крон многих деревьев под собственной тяжестью, в комплексе расплодилось огромное количество микробов и насекомых, особенно тараканов и муравьёв.

Несмотря на все трудности, эксперимент на «Биосфере 2» можно назвать достаточно удачным, поскольку он не был «сорван». В результате так и не было найдено решения проблемы питания и сохранения неизменного состава воздуха: количество кислорода в комплексе за два года снизилось до 14%, а участники эксперимента сильно потеряли в весе. На одной из внутренних стен «планеты» до сих пор сохранились строки одной из участниц проекта: «Только здесь мы почувствовали, насколько зависим от окружающей природы. Если не будет деревьев — нам нечем будет дышать, если вода загрязнится — нам нечего будет пить».

Таким образом, выводы очевидны: на данный момент мы достаточно мало знаем о биосфере Земли и не можем создать ее полную модель для прогнозирования изменений. Из-за большого количества факторов

природной среды и недостаточных технических возможностей, построение точных математических моделей и прогнозирование конкретных трендов поведения биосферы невозможно. Вопросы перенаселенности, нехватки пищи, сохранения биоразнообразия, загрязнения воздуха должны быть основными темами для современных научных исследований.

Контрольные вопросы:

1. Что такое «биосфера»?
2. Какова структура биосферы?
3. Каковы границы биосферы?
4. Что ограничивает распространение жизни за пределами биосферы?
5. Какие типы вещества биосферы выделил В.И. Вернадский?
6. Каков видовой состав живого вещества?
7. Каковы особенности распределения живого вещества в биосфере?
8. Что такое «прокариоты» и «эукариоты»?
9. Каковы основные свойства живого вещества?
10. В чем сущность функций живого вещества биосферы?
11. В чем суть круговорота вещества? Какие круговороты веществ выделяют?
12. Каковы основные черты биогеохимических круговоротов основных биогенных веществ?
13. Когда появилась жизнь на Земле, и при каких условиях это могло произойти?
14. Как менялась биосфера в истории Земли?
15. Каковы основные функции биосферы?
16. В чем суть термина «ноосфера»?

Полезные сайты:

Российская программа «Геном человека»- http://www.vigg.ru/humangenome/

Дип Импакт - http://solarsystem.nasa.gov/deepimpact/index.cfm

Биосфера – 2 - http://www.b2science.org/

Проблемы эволюции биосферы - http://macroevolution.narod.ru/

Электронный архив В.И. Вернадского - http://vernadsky.lib.ru/

Леса мира как резервуар кислорода - http://www.wwf.ru/about/what_we_do/climate/forest_role

Еськов К.Ю. История Земли и жизни на ней - http://warrax.net/51/eskov/cover_eskov.html

Заварзин Г.А. Эволюция микробных сообществ - http://www.bionet.nsc.ru/live/altay/altay.php?f=doclad&p=zavarzin

Микроорганизмы - http://microorganizmy.naukadv.ru/

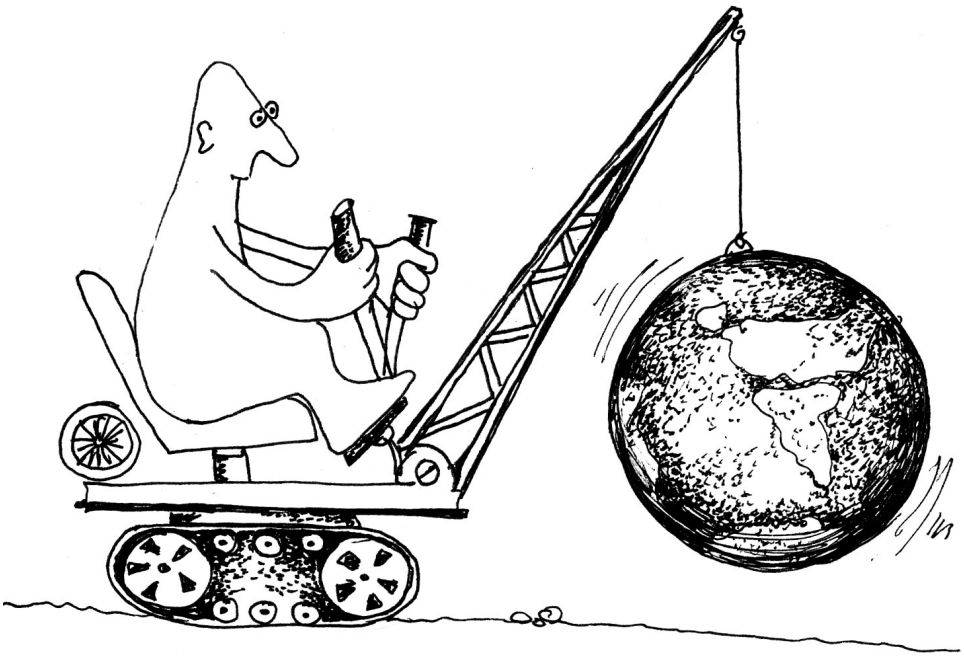
Государственный Дарвиновский музей - http://www.darwin.museum.ru/

Глава 2. Учение о биосфере

Когда мы пытаемся вытащить что-нибудь одно, оказывается, что оно связано со всем остальным.
Закон Мерфи.

Ежегодно осенью в небольшом французском городке Сен-Дье (Saint-Dié-des-Vosges) проходит Международный фестиваль географии. Место проведения фестиваля выбрано не случайно: именно в этом городе в 1507 году была впервые напечатана карта Земли, включающая американский континент. Эмблемой фестиваля является человек, играющий планетой как мячиком.

В городе Анкоридже (США) есть любопытный, тянущийся в пространстве памятник-конструкция Солнечной системы: для зрительного восприятия масштаба, диаметр всех планет и расстояние между ними и Солнцем уменьшены пропорционально. Давайте попытаемся поиграть с этим мячиком-планетой.



В настоящий момент выяснены практически все основные параметры планет Солнечной системы: в 2007 году при помощи новых технологий были уточнены размеры Земли, но

разница с предыдущими показателями составила лишь несколько миллиметров. Так, экваториальный радиус планеты Земля, имеющей форму геоида, составляет 6378,14 км, полярный радиус - 6356,78 км, а масса $5{,}9737\times10^{24}$ кг. Чтобы представить нашу планету в форме мячика, необходимо уменьшить диаметр в 10 миллионов раз. В этом случае, в наших руках окажется шар диаметром чуть более метра (1,28 м.). Хотя в руках он в любом случае оказаться не сможет – несмотря на уменьшение, масса шара составит почти 6 тонн из-за тяжелого ядра в центре шара.

А всем известная звезда, относящаяся по спектральной классификации, к «желтым карликам» - Солнце, даже уменьшенная в 10 миллионов раз все равно останется впечатляющей по размерам: диаметр будет составлять 139, 2 метра. Для того чтобы добраться до Солнца с планеты Земля в выбранных пропорциях, необходимо преодолеть почти 15 километров. А расстояние до Луны, имеющей диаметр 35 см, наоборот, будет достаточно близким – 38,4 метра.

Твердая оболочка Земли окажется удивительно тонкой: толщина коры на суше будет варьировать в пределах 2 – 6,5 см, а под океаном не достигать и 1 сантиметра (3-8 миллиметра). Чтобы еще более образно представить соотношение земной тверди, по которой ходит более 6,5 миллиардов человек, и мантии, можно привести аналогию с обычным куриным яйцом: скорлупа, в данном случае, и будет представлять пропорции внутреннего и внешнего «содержания» планеты. Самая глубокая скважина на планете, пробуренная на Кольском полуострове и занесенная в книгу рекордов Гиннеса, будет иметь глубину 1,2 см. А высочайшая вершина земного шара Эверест, расположенная в Гималаях на границе Непала и Тибета – около 9 миллиметров. Вся планета будет окружена прозрачной тонкой газовой оболочкой, мощность которой до барьера проникновения губительных для живых организмов ультрафиолетовых лучей, будет составлять всего 2-4 миллиметра.

Оболочка бурлящей жизни на планете Земля не будет превышать и миллиметра на нашей модели. Согласитесь, что даже уменьшение на семь порядков всех размеров планеты все равно впечатляет: с расстояния около метра можно и не заметить наличие жизни на планете-«мячике». Но мы знаем, что жизнь не просто есть, - она активна и настолько активна, что может полностью преобразовать не только поверхностную оболочку, но и затронуть все сферы планеты. Так, воздух, которым мы дышим (и вместе с нами огромное количество живых веществ), вода, которую пьем, большое количество полезных ископаемых – все это результат жизни и ежедневной работы миллиардов живых существ в течение сотен миллионов лет. Именно эта оболочка, тончайшая «пленка жизни», заселенная организмами, и называется биосферой. Но где же границы этой жизни?

2.1. Понятие «биосфера»

В истоках учения о биосфере лежат труды европейский естествоиспытателей XVIII в. и, прежде всего **Жана Батиста Ламарка**, который в труде «Гидрогеология» впервые отметил, что все живые организмы содержат вещества неорганической природы, и объяснил это активным участием живых организмов в формировании земной поверхности. Это было первое приближение к понятию биосферы, но Ж.Б.Ламарк не предложил для него особого термина. А сделал это спустя 70 лет ученый из Австрии Эдуард Зюсс, предложивший считать водную оболочку планеты гидросферой, твердую оболочку литосферой, а оболочку, населенную живыми организмами, - биосферой. О сущности биосферы Э.Зюсс практически ничего не написал и определял ее как «пространственно ограниченную совокупность организмов».

Вставка 1. Дополнительная информация

Представление о широком влиянии живых существ на процессы, протекающие в природе, были изложены в трудах основоположника русской школы почвоведения **Василия Васильевича Докучаева**, который показал зависимость процесса

почвообразования от совокупного влияния климата, растительного и животного мира, горных пород, рельефа и времени. «Наука, - подчеркивал В.В. Докучаев, - может принести пользу человечеству, если будет развиваться в направлении разработки учения о соотношении живой и мертвой природы, то есть учения о биосфере».

Другой взлет научных знаний в последней четверти XIX в. в области исследования биосферы, связан с именем основателя микробиологии **Сергеем Николаевичем Виноградским**. В своих исследованиях он показал огромную роль невидимых организмов планеты - бактерий в создании мира. В лаборатории Страсбурга он открыл возможность получения энергии за счет окисления сероводорода и использования ее для ассимиляции углекислого газа, открыв, таким образом, процесс хемосинтеза. Открытие бактерий, способных получать энергию из неорганической природы и питаться минеральными веществами, произвело переворот в науке. Кроме этого, С.Н. Виноградский впервые выделил из почвы азотфиксирующии бактерии, нашел бактерии, усваивающие свободный водород.

В начале XX в. академик **Владимир Иванович Вернадский** создает учение о биосфере как особой глобальной системе нашей планеты, в которой основной ход геохимических и энергетических процессов определяется живым веществом. Основные идеи учения были изложены в научном труде «Биосфера», опубликованной в 1926 г. До работ В.И. Вернадского явления, изменяющие лик Земли в масштабе геологического времени, рассматривались как чисто физические, химические или физико-химические процессы (размыва, растворения, осаждения, выветривания пород и т. д.).

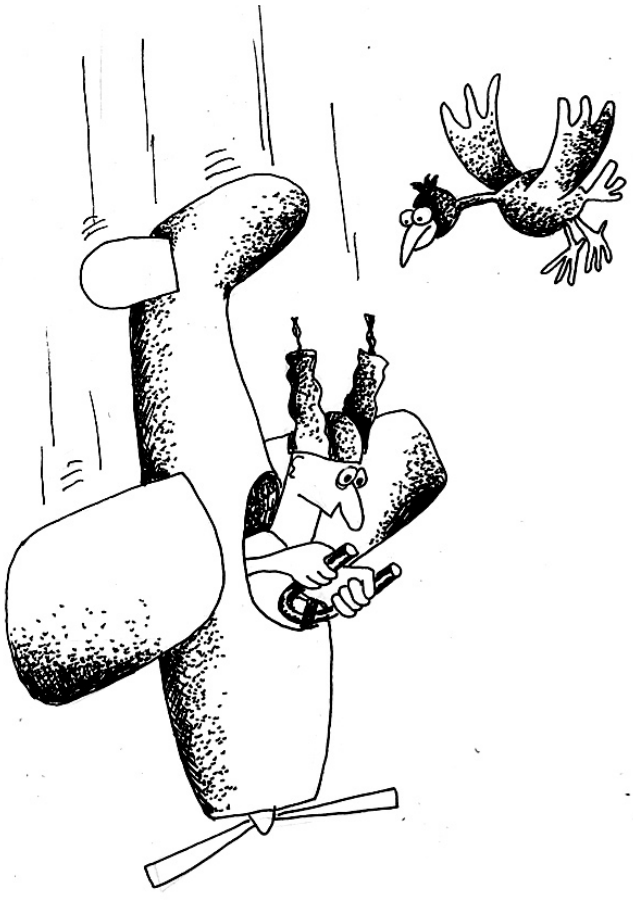
В привычное представление о биосфере как об особой оболочке земли он вложил существенно иное, биогеохимическое, содержание. И, если, согласно первому определению, биосферой следует считать поверхность планеты, населенную живыми организмами, то, по В.И. Вернадскому, **биосфера - это оболочка планеты, структура и энергетика которой определяются совокупной деятельностью живых организмов.** Это не только небольшая «прослойка», состоящая из организмов, но и почвенный покров, осадочные породы, природные воды, атмосфера. Все эти сферы Земли появились и развиваются благодаря деятельности живых организмов.

2.2. Строение биосферы

Биосфера выглядит тонкой пленкой только если ее сопоставлять с параметрами планеты. Но мы ведь обычно смотрим на биосферу не из космоса, а с земной поверхности, и на человеческий взгляд, наш биосферный дом не так уж и мал. Все этажи этого огромного здания, под названием биосфера, заселены. Некоторые этажи отличаются очень большим количеством обитателей, другие заселены не столь плотно. И архитектура здания, и стройматериалы, и распределение в нем жителей, - все имеет общие закономерности построения.

Биосфера – это жизнь, а жизнь пронизывает различные сферы Земли: нижнюю часть атмосферы (тропосферу), всю водную оболочку (гидросферу) и верхнюю часть земной коры (литосферу). Наибольшее «сгущение» жизни наблюдается на границах сред обитания: воздуха и почвы, в прибрежной зоне контакта моря, воздуха и атмосферы, в приповерхностных слоях океана, т.е. в зоне проникновения солнечной радиации. Эти зоны контакта В. И. Вернадский образно назвал «пленками жизни».

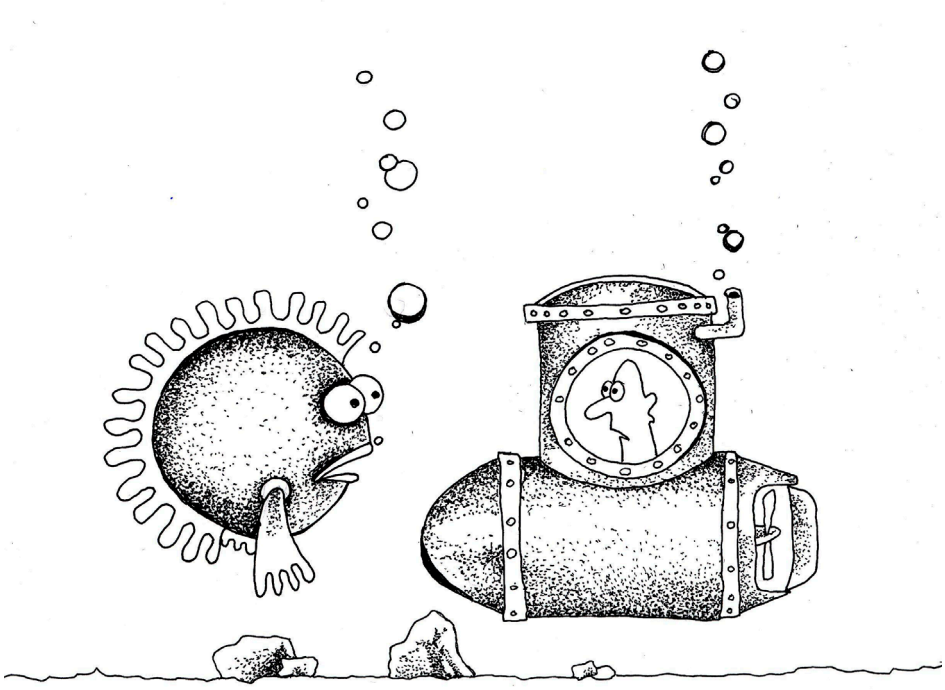
Соответственно, **границы биосферы** совпадают с границами жизнедеятельности организмов: нижний предел жизни на Земле – дно океана или глубинные слои литосферы, верхний предел ограничен жёстким излучением ультрафиолетовых лучей.



В атмосфере граница биосферы простирается примерно на высоту 15-20 км, - фактически до озонового экрана (у полюсов границы озонового слоя находятся на высотах 8 –30 км., в тропиках - 15-35 км). Если бы можно было извлечь весь озон,

находящийся в атмосфере, и сжать под нормальным давлением, то в результате получился бы слой, покрывающий поверхность Земли, шириной всего 3 мм (сжатая под нормальным давлением атмосфера составляла бы слой в 8 км). Но именно благодаря способности озонового экрана поглощать опасные ультрафиолетовые лучи, жизнь на Земле и существует. Другим условием, определяющим верхние границы биосферы, является понижение с высотой давления и уменьшение температур.

Например, критический порог кратковременного пребывания человека без кислородного прибора ограничивается высотой 6000 - 7000 метров над уровнем моря. А верхней границей растений является высота около 6200 м. Насекомые могут прожить и выше, питаясь заносимой на высоты пыльцой и другой органикой. Так, пространства на высоте семи-восьми километров над уровнем моря, несмотря на низкое атмосферное давление и холод, сильно ограничивающие возможности существования для большинства организмов, заселены пауками, клещами, ногохвостками. Таким образом, если не иметь в виду случаи рекордных подъемов (птицы до 13 -14 км, простейшие до 15 км, бактерии до 75-85 км) верхней границей реального распространения жизни следует считать высоту около 8-10 км .



В течение длительного времени исследователи спорили: до какой глубины простирается жизнь в океане? Так, английский натуралист Э.

Форбс в 1841 году категорически заявил, что ниже 540 метров на глубине морей жизни нет, обосновывая свою уверенность результатами наблюдений в Средиземном море. Но через 20 лет с глубины 2160 метров в этом море был поднят кабель, который был усеян ракушками и устрицами. И по современным представлениям, вся толща Мирового океана, в том числе и самая глубокая Марианская впадина (11022 м), занята жизнью. Так, в пробе грунта, взятого японским автоматическим батискафом «Кайко» осенью 2002 года на глубине 10.900 метров японские исследователи обнаружили 13 видов неведомых науке одноклеточных организмов круглой или удлиненной формы размером 0,5 - 0,7 мм, существующих в неизменном виде уже почти миллиард лет.

Изменение привычных границ существования живых организмов обусловлено возможностью некоторых из них приспосабливаться к жизни в экстремальных условиях. Наиболее легко приспосабливаются бактерии: чем проще устроен организм, тем проще ему адаптироваться к окружающему миру. Среди этих одноклеточных организмов встречаются бактерии, живущие в горячих источниках, кислых средах, солевых концентрированных растворах. Ранее, например, считалось, что жизнедеятельность живых организмов ограничена температурой около 100^0, поскольку при более высоких температурах происходит потеря белковыми веществами их естественных свойств, вследствие нарушения структуры молекул, но в срединно-океанических хребтах океанического дна в местах выхода гидротермальных источников были найдены хемосинтезирующие бактерии, живущие при температурах 350^0. Эти гидротермальные источники, названные «черными курильщиками» и «белыми курильщиками», на глубинах более 2,5 км при полном отсутствии света дают начало богатейшего всплеска жизни – уникального оазиса среди пустынных экосистем морских глубин. В литосфере на глубине 4500 метров в нефтеносных водах найдены также микроорганизмы. Но на «пределах» биосферы можно найти лишь отдельные проявления жизни (споры, бактерии,

мицелии грибов), а основная концентрация жизни наблюдается в местах соприкосновения различных геосфер.

Кроме этого, в пределах биосферы существуют холодные полярные безжизненные пространства или жаркие и сухие безводные пустыни, в пределах которых активная жизнь «замирает», но и там существуют живые организмы. Совокупность этих областей называется **парабиосфера.**

Атмосфера (от. др.-греч. пар и шар) - самая легкая газовая оболочка, окружающая планету. Масса атмосферы примерно в миллион раз меньше массы планеты. Часто атмосферу образно называют воздушным океаном, внутренняя поверхность которого покрывает гидросферу и литосферу, а внешняя плавно переходит в межпланетное пространство.

Сейчас очевидно, что современный состав атмосферы планеты возник благодаря эволюции живых организмов Земли. Первичная атмосфера, образованная в результате вулканических извержений, отличалась от современной отсутствием кислорода и преобладанием двуокиси углерода. Возникновение кислородной атмосферы, приведшее к всплеску жизни на планете, было обусловлено процессами фотосинтеза в сине-зеленых водорослях и продолжает поддерживаться с помощью фотосинтезирующей растительности.

В истории планеты было два переломных периода. Первый из них относится ко времени, когда содержание кислорода в атмосфере достигло примерно 1% от современного уровня (это так называемая первая точка Пастера). В этот переломный момент появились первые аэробные организмы, способные жить только в среде, содержащей кислород. Второй период связывают со временем, когда концентрация O_2 достигла примерно 10% (вторая точка Пастера). В этот период появился озоновый слой, организмы начали мигрировать и активно осваивать сушу.

Так, по мере эволюции жизни на Земле, в атмосфере постепенно уменьшалось содержание углерода и его соединений: с десятков процентов до современных величин - 0,03%. Одновременно происходили процессы

накопления кислорода и синтеза озона. После выхода растений на сушу уровень содержания кислорода быстро достиг современных значений – 21%.

Большая часть атмосферы состоит из химически чистых газов: одни из них нейтральны для обитателей планеты (инертные газы, азот), другие необходимы настолько, что без них большая часть жизни угасла бы (кислород), третьи могут привести к негативным последствиям (окись углерода). Весь химизм атмосферы необыкновенно тонко устроен: без постоянного производства кислорода растительностью, кислород мгновенно вошел бы в соединение с углеродом и водородом органических соединений, с серой и азотом вулканических выбросов и навсегда исчез из атмосферы, остановив жизнь на Земле. Но и небольшое повышение его содержания тоже губительно: жизнь может «сгореть». Поэтому, содержание основных компонентов атмосферы благодаря «запрограммированным» процессам в биосфере поддерживается в узком диапазоне.

Мы привыкли к наличию кислорода, но не всегда осознаем, насколько много воздуха потребляем, чтобы обеспечить организм его необходимым количеством. Например, в среднем человек за одни сутки делает около 20 000 вдохов и выдохов, пропуская через организм 3,5 литра воздуха ежеминутно и около 15 кг в день. И если без пищи мы можем прожить в течение 5 недель, без воды – 5 дней, то без воздуха жизнь прекращается на 5-й минуте.

Как любая смесь газов, воздух, удерживаемый силой тяжести, занимает все свободное пространство около поверхности земли. По мере увеличения высоты, воздух становится все более разреженным, начинают преобладать легкие газы, и на высоте 1000 км остается менее одной миллионной доли общей массы атмосферы. Помимо этого, под действием ультрафиолетовой радиации на высоте начинается расщепление молекул кислорода и газовых примесей на атомы и, начиная с высоты 800 км, преобладает водород и гелий.

Кроме этого, земная атмосфера имеет целый ряд других важных функций. Так, она насквозь пронизывается радиацией Солнца, определяя климатические и погодные условия планеты. Она защищает поверхность планеты от жесткого космического излучения. Без столь мощного щита, которым является озоновый экран, жизнь на планете остановилась бы.

По характеру изменения температуры с высотой, по газовому составу и другим характерным особенностям, атмосфера разделена на слои. По характеру изменения температуры воздуха с высотой последовательно выделяется **тропосфера** (от земной поверхности до 16 км), выше которой расположена стратосфера (до 50 км), **мезосфера** (до 80-95 км), и, наконец, **термосфера**, где на высотах 200-300 км температура воздуха достигает $+1500^0$С и далее остается постоянной.

Гидросфера (от греч. вода и шар) - водная оболочка Земли. Именно в гидросфере впервые зародилась жизнь планете. Гидросфера, благодаря способности воды быть в жидком, твердом или газообразном состоянии, пронизывает все другие оболочки Земли: формирует бесконечные океанические просторы, просачивается в литосферу, образуя подземные воды, испаряется в атмосферу, перемещаясь с воздушными массами, «застывает» на вершинах гор в виде снега и льда.

Водная поверхность планеты составляет 71%. Иногда, даже говорят, что нашу планету скорее надо было бы назвать «Океан», а не «Земля», учитывая соотношение воды и суши. В действительности, гидросфера еще больше. Если прибавить к покрытой водой поверхности земного шара, ледники и снежный покров, то площадь, занятая гидросферой будет составлять 86% от общей поверхности планеты.

Также частичка гидросферы представлена и в атмосфере, в виде облаков и водяного пара ($1{,}3 \times 10^{13}$т, что соответствует слою воды толщиной 2,5 см). Взаимодействие этих вод и взаимные переходы из одних видов вод в другие составляют сложный круговорот воды на земном шаре. Из газов,

растворенных в воде, наибольшее значение имеют кислород и углекислый газ.

В морской воде, в отличие от пресных поверхностных вод, растворено большое количество различных солей. В среднем солёность Мирового океана составляет около 3,5 %. Это значит, что в каждом литре морской воды растворено 35 грамм солей (в основном это хлорид натрия). В процентном соотношении в морской воде содержится 85,7% кислорода, 10,8% водорода, 1,9% хлора, 1,05% натрия, 1,35% магния, 0,09% серы и т.д. При пересчете на граммы и тонны, учитывая объемы Мирового океана, значения содержания солей получаются более внушительные. Например, столь необходимый для человеческого организма йод, содержится в морской воде в ничтожных концентрациях: 5×10^{-5} г в одном литре морской воды. Но суммарное содержание йода в океане составляет внушительную сумму в 87 860 млн. тонн.

Вставка 2. Дополнительная информация

Почему нас лечит море? Какие ассоциации возникают у нас при слове Европа? Континент и союз государств? Средневековые города? Булыжные мостовые? Аккуратно подстриженные газоны? Зеленые холмы, перемежающиеся с долинами садов? Да, несомненно, но кроме этого, особенно в летний сезон, Европа ассоциируется с белоснежными песками морского побережья Италии, с накатывающимися шумными волнами Атлантики в Португалии, с филигранно вырезанными бухтами греческих островов, с гламурным Лазурным берегом Франции. И миллионы людей со всех уголков Европы во время летней жары устремляются к морю.

Лечение морем – талассотерапия, началось не так давно. Впервые пить морскую воду и употреблять в пищу морские продукты для улучшения здоровья настоятельно рекомендовал английский врач Ричард Рассел, и в 1754 году на английском побережье Ла-Манша был открыт первый госпиталь. Но еще в течение более сотни лет аристократическая элита Европы морскому отдыху предпочитала поездки на горячие минеральные источники и марциальные воды. И только лишь в конце 19 века летняя жизнь аристократии перемещается на английское и французское побережья. И постепенно бывшие рыбацкие деревушки с лодками и разбросанными сетями на берегу стали превращаться в фешенебельные морские курорты с летней светской жизнью.

Почему нас так манит море? Еще в 1909 году В.И. Вернадский предрек, что в капле морской воды «… мы должны найти все химические элементы». И действительно, сейчас в Мировом океане определены 82 элемента таблицы Менделеева, оказывающие влияние на здоровье человека.

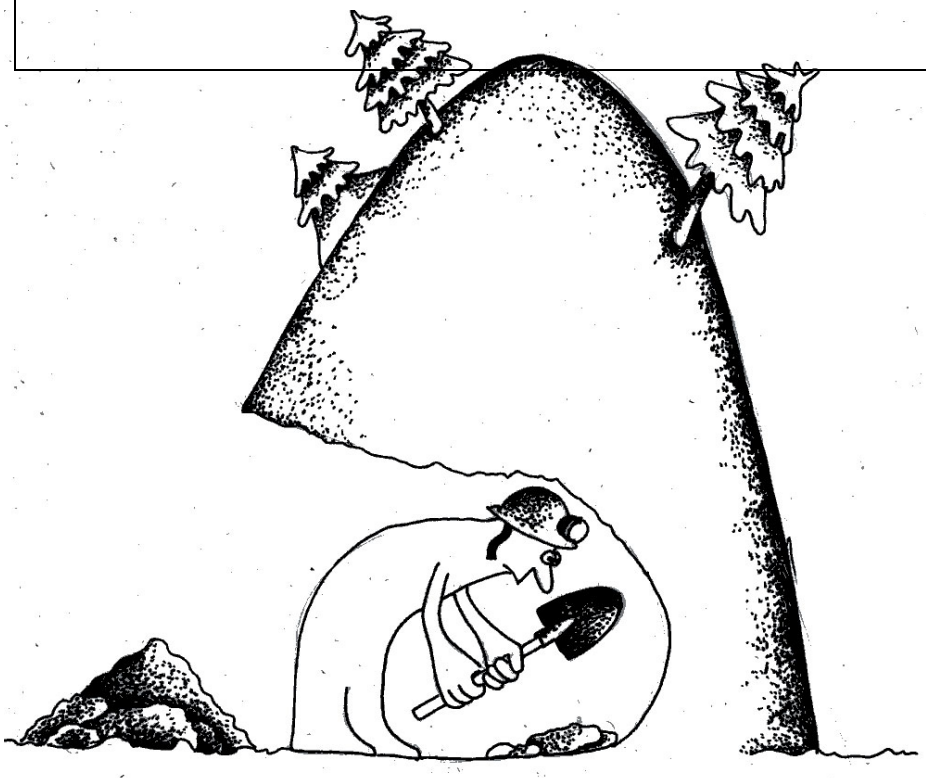
В морской воде, в отличие от пресных поверхностных вод, растворено большое количество различных солей. В среднем солёность Мирового океана составляет около 3,5 %: в каждом литре морской воды растворено 35 грамм солей. Морская соль на 99% состоит из шести главных ионов – натрия, хлорида, сульфата, магния, кальция и калия.

Уже давно люди обратили внимание на удивительное сходство состава морской воды и человеческой крови. Так, если сравнивать ионный состав крови и морской воды, то можно заметить, что максимально доминирует в этих жидкостях хлорид натрия (в крови – 76,2%, в морской воде – 85,9%). Содержание кальция одинаково – по 1,2%, а содержание калия в морской воде составляет 2,3% и 1,1% в плазме крови, соответственно. Причина сходства очевидна – жизнь зародилась в море.

Но еще более важным часто является наличие микроэлементов, многие из которых выполняют своеобразную роль дирижеров-катализаторов, ответственных за те или иные процессы в организме. От микроэлементов, содержащихся в организме человека в ничтожных количествах (10-3 – 10-12%) зависят многие обменные процессы в организме человека. Например, известно, что морская соль содержит йод, недостаток (как и избыток) которого может привести к заболеваниям щитовидной железы. Так, во многих горных районах Альп была распространена зобная болезнь. Это районы так называемых отрицательных йодных аномалий, где недостаток этого важного для щитовидной железы элемента приводил к большому количеству больных с отклонениями в умственном развитии. В России к территориям зобной анемии относятся некоторые районы Урала, Кавказа, Среднего Поволжья, Карелии. Сейчас научились справляться с зобной болезнью, добавляя в пищу йодированную соль или морскую капусту, которая накапливает в своих тканях до 1% йода.

Кроме йода, в «дарах моря» сконцентрировано большое количество элементов, важных для здоровья человека: калия, кальция, магния, железа, брома, натрия, серы. Так, кальций укрепляет скелет и сердечно-сосудистую деятельность, железо помогает кровеносной системе организма, бром успокаивает нервную систему, калий играет важную роль в обменных процессах, магний предотвращает спазмы мышц и сосудов, сера активно борется с грибковыми заболеваниями кожи, а недостаток натрия в организме приводит к быстрой утомляемости. А значит, море лечит: ионы морской воды, проникая через клетки кожи, восстанавливают состав плазмы крови и помогают справиться со

многими болезнями. К сожаленью, уже доказано, что при выпаривании морской воды и последующем разведении не все чудотворные элементы «оживают» и поэтому настоящее лечение морем может быть только у моря.



Земная кора (литосфера) — наиболее неоднородная твердая оболочка Земли, сложенная различными породами. В 1909 году югославский

физик Андрей Мохоровичич обнаружил резкое увеличение сейсмических волн на глубине около 40 км. Даная граница была названа в его честь границей Мохо. Слой, лежащий выше данной границы и называется земной корой. В настоящий момент выявлено, что планета Земля состоит из трех главных слоев – твердой земной коры (0-40 км), твердой оболочки или мантии (40-2900 км) и жидкого ядра (2900-6370 км). Некоторые исследователи предполагают, что внутри жидкого ядра расположено еще внутреннее более плотное ядро. Масса земной коры близка $24{,}6 \times 10^{18}$ т.

Исходя из состава, строения и мощности можно выделить континентальную и океаническую кору. На континентах кора вглубь простирается до 70 км и состоит из трех основных слоев (сверху вниз) – осадочного, гранитного и базальтового. Под океанами гранитный слой выклинивается, а осадочный и базальтовый уменьшаются в мощности и толщина океанической коры составляет- 5-10 км. Иногда выделяется кора промежуточного типа.

Земную кору формируют горные породы, которые подразделяются на изверженные, метаморфические и осадочные. **Изверженные (магматические) породы** образованы при охлаждении и затвердевании магмы. **Метаморфические породы -** это преобразованные осадочные и магматические породы под действием высокой температуры, давления и глубинных активных флюидов (горячих газов и растворов). **Осадочные породы** образовались в результате накопления осадков. Иногда сложно представить, но многие высочайшие вершины мира сформированы из осадочных пород, поскольку в прошлые геологические эпохи эти территории находились под океаном.

Вставка 3. Дополнительная информация

В середине 60-х годов прошлого века появилось много научных проектов для выяснения строения земной коры. Самым известным и успешным проектом подобного рода является Кольская сверхглубокая скважина, бурение которой началось в 1970 г, а закончилось

через 24 года - в 1994 году. Максимальная глубина скважины составляет 12262 м. Результаты бурения выявили, что по мере увеличения глубины и давления, породы становятся все более пористыми, а на глубине 5500-5700 метров были обнаружены 14 видов микрофасилий - окаменевших остатков древних живых организмов. Эта находка позволила изменить сроки существования жизни на нашей планете с 1,5 до 3 млрд. лет. Во время бурения из глубин, где уже нет осадочных пород, был обнаружен метан в концентрациях, сопоставимых с бакинскими нефтяными залежами. Так была поставлена под сомнение длительное время существовавшая теория биологического происхождения углеводородов. На глубине 11400 м были обнаружены залежи разнообразных полезных ископаемых, например, высокие концентрации золота (http://www.oilru.com/nr/91/1104/oilru.com).

В биосферу, как отмечалось ранее, входит верхняя часть литосферы, - кора выветривания, которая образовалась в результате процессов окисления, гидратации, выщелачивания и гидролиза горных пород различного состава. Преобразования литосферы живыми организмами началось, по всей видимости, после выхода организмов на сушу (около 450 млн. лет назад) и привело к появлению на границе атмосферы и литосферы - почв и, соответственно, новой оболочки планеты – **педосферы.** В.И. Вернадский назвал почвенный покров планеты «благородной ржавчиной Земли». Мощность почвы зависит от климата, особенностей рельефа, времени развития почвы, особенностей слагающих ее пород, произрастающей на ней растительности и активности населяющих ее организмов. В среднем, толщина педосферы составляет около одного метра.

Почвы и живые организмы содержат почти все элементы, входящие в периодическую систему Д.И. Менделеева, за исключением искусственно полученных человеком элементов. Но по количественным уровням диапазон колебаний содержания очень велик. Каждый элемент земной коры имеет свой **кларк - среднее содержание в земной коре**. Самым распространенным элементом коры является кислород, имеющий кларк - 47,0%. На втором месте стоит кремний (29,5%), на третьем - алюминий (8,05%). В сумме эти три элемента составляют 84,55%. Если к данным элементам прибавить железо (4,65%), кальций (2,96%), натрий (2,50%), калий (2,50%), магний

(1,87%), титан (0,45%), то сумма составит 99,48%. Таким образом, из перечисленных элементов преимущественно и состоит земная кора. На остальные 80 элементов, соответственно, приходится чуть более половины процента.

2.3. Вещество биосферы

Биосферой называют оболочку Земли, которая не только населена живыми существами, но и бесконечно ими преобразовывалась по мере эволюционного развития. Все вещество Земли Владимир Иванович Вернадский разделил на семь разных, но генетически взаимосвязанных типов веществ:

- **живое вещество** – совокупность всех живых организмов планеты, включая и человека, играющая основную роль в процессах изменения облика планеты.
- **биогенное вещество** - вещество создаваемое и перерабатываемое живыми организмами (мертвая органика, каменный уголь, битумы, известняк, все формы детрита, торф, уголь, нефть, газ биогенного происхождения);
- **косное вещество** - твердое, жидкое и газообразное вещество планеты, образующееся в результате процессов, в которых живые организмы не участвуют (горные породы, минералы и т. д.);
- **биокосное вещество** - косное вещество, преобразованное живыми организмами (природные воды, газо- и нефтеносные сланцы, битуминозные пески, часть осадочных пород, почвы, кора выветривания, глинистые минералы, илы);
- **вещество радиоактивного распада** - элементы и изотопы уранового, ториевого и актиноуранового ряда;
- **рассеянные атомы** земного вещества и космических излучений;
- **вещество космического происхождения** - метеориты, космическая пыль.

Ту часть биосферы, где живые организмы встречаются в настоящее время, обычно называют **современной биосферой,** а древние биосферы относят к **былым биосферам**. **Стратисферу**, т.е. все геологические осадочные отложения, а это слой до 3 км, образованный начиная с палеозоя до настоящего времени, В.И. Вернадский считал результатом жизнедеятельности организмов. По его мнению, земная кора - это область былых биосфер и даже ее гранитно-гнейсовый слой образовался в результате метаморфоза пород, некогда возникших под влиянием живого вещества. Лишь базальты и другие основные магматические породы он считал глубинными и первозданными.

2.4. Живое вещество: видовой состав и масса

Живые организмы являются основой биосферы, но они составляют крайне незначительную ее часть. Если выделить в чистом виде и распределить равномерно по поверхности, то это будет слой около 1,5 -2 см или 0,01% от массы всей биосферы. И, тем не менее, **живые организмы – центральное звено в функционировании биосферы.** Если бы на планете не было жизни, то она походила бы на Венеру или Марс: бескрайняя пустыня с атмосферой из углекислого газа. На протяжении длительной эволюции живые организмы, тысячекратно пропустив через свои клетки часть атмосферы, мирового океана, огромную массу минеральных веществ, создали и обеспечили все условия для существования многообразия форм жизни на планете.

Основным энергетическим источником функционирования биосферы является солнечная энергия и, частично, внутренняя энергия Земли. И, соответственно, биосферу необходимо также рассматривать как особую термодинамическую открытую оболочку Земли, важнейшей функцией которой является регулярное воссоздание живого вещества по численности, массе и количеству аккумулированной и удерживаемой энергии.

В биосфере Земли можно выделить две различные подсистемы, связанные друг с другом исторически и функционально: **биосферу океана и биосферу суши.** Живое вещество распределено в пределах данных подсистем крайне неравномерно: все живое вещество суши составляет $6{,}4 \times 10^{18}$ г, а живое вещество океана – $29{,}9 \times 10^{15}$ г, т.е. биомасса океана примерно на три порядка меньше суши. Почти все живое вещество планеты образовано зелеными растениями: биомасса животных составляет всего $0{,}006 \times 10^{18}$ г. В отличие от биосферы суши, распределение организмов в океане обратное: на растения (в основном, фитопланктон) приходится только 6,3% от общей биомассы, а большую часть (93,7%) составляет биомасса животных и микроорганизмов.

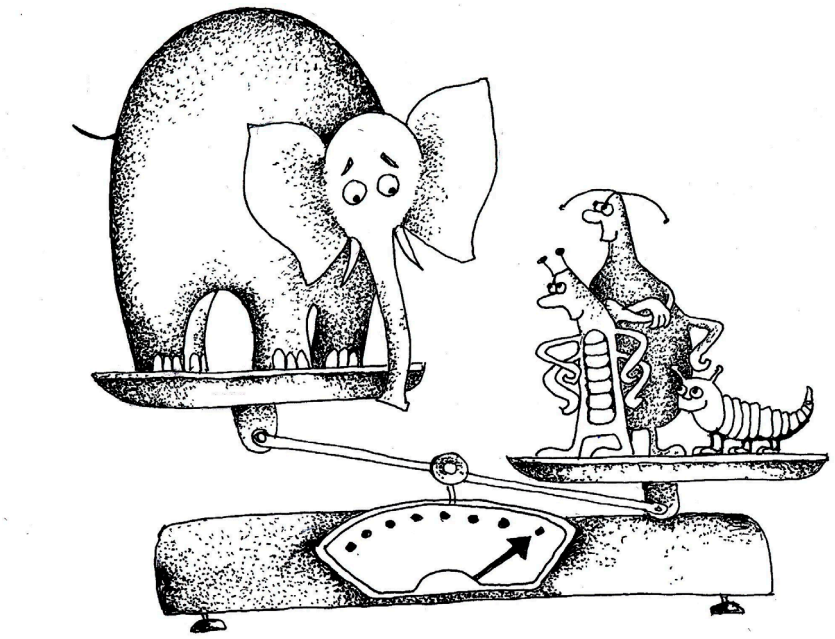
Другой отличительной особенностью биосферы океана является более быстрое обновление общей биомассы. Несмотря на то, что биомасса океана намного меньше биомассы суши, общая годовая биологическая продукция в Мировом океане превышает продукцию суши за год. Объясняется это тем, что слой жизни океана состоит преимущественно из планктона, обновление которого происходит в течение месяца, а обновление биомассы суши происходит примерно за 15 лет. Кроме этого, биосфера океана выполняет большую биогеохимическую работу и в ряде случаев выступает как мощная буферная система, обеспечивающая глобальное геохимическое, климатическое и экологическое равновесие.

Живые обитатели планеты весьма различны: от гигантских млекопитающих, масса тела которых измеряется тоннами, а длина метрами, до микроскопических одноклеточных существ, размеры которых измеряются микронами. И каждый живой организм - шедевр природы, возникший благодаря длительной эволюции. Общепринятой классификации органического мира до сих пор не существует и одновременно существует несколько вариантов систематик живых организмов. По наиболее распространенной систематике, все живые организмы подразделяются по отсутствию или наличию ядра на прокариот (от лат: pro – до, перед и karyon

– ядро) и эукариот (от лат: eu – хорошо, полностью и karyon – ядро). Первый эшелон жизни на планете представлен прокариотами, не имеющими клеточного ядра (бактерии и сине-зеленые водоросли). Эукариоты, имеющие клеточное ядро, - это растения, грибы и животные.

Все многообразие форм жизни на земле, видов растений, животных, микроорганизмов с их наборами генов и сложных экосистем, образующих живую природу называется **биологическим разнообразием.** Число известных зарегистрированных обособленных видов, обитающих на нашей планете, находится более 1,5 миллионов. Но до сих пор неизвестно - каково реальное общее количество живых существ на планете и открытия продолжаются. Например, до сих пор нет четкой классификации микроорганизмов Земли и не подсчитано их точное количество: эти невидимые существа остаются все еще «черным ящиком» для современного уровня развития науки.

Так, мы никогда не находимся в одиночестве: нас окружает огромное количество невидимых существ. Сотни миллионов жизней обитает снаружи и внутри нас, каждая из которых дышит и питается. И, несмотря на то, что размеры микроорганизмов измеряются тысячными долями миллиметра, предполагают, что общая масса микроорганизмов суши достигает многих миллиардов тонн.



Вставка 4. Дополнительная информация

Уже сейчас выявлено, что на каждом квадратном сантиметре нашей кожи находиться как минимум 2000 бактерий, а в 1 г почвенного субстрата может содержаться до 10 млрд. микроорганизмов (http://microorganizmy.naukadv.ru). Согласно исследованиям южнокорейских биологов, только на ручках тележек для покупок в супермаркетах, которыми ежедневно пользуются сотни посетителей крупных магазинов, находится около 1 100 колоний микроорганизмов на 1.55 квадратных дюйма (приблизительно 4 квадратных сантиметра) и наша кожа является основным «оборонным» барьером против микробной инфекции (http://medportal.ru).

Обитателями микромира могут быть как прокариоты, так и эукариоты. Самыми известными микроорганизмами являются бактерии и вирусы, основное различие между которыми заключается в том, что бактерии способны синтезировать живое вещество, а вирусы его разрушают. На данный момент изучена структура, химический состав и свойства около 6000 вирусов. Поскольку вирус сам по себе не размножается, живым организмом его можно считать условно. Вирусы предельно просты - это небольшие частицы, содержащие генетическую информацию: в состав вирусов входит либо ДНК, либо РНК, в зависимости от типа вируса. И только проникнув в живой организм вирус начинает размножаться и атаковать, используя клетки живого организма как фабрику для производства собственных копий. Когда клетка разрушается и погибает, она выбрасывает в организм новые вирусы. А проникать вирусы способны даже сквозь фарфоровые фильтры, используемые для улавливания бактерий. Но вирусы также необходимы в природе, как и все другие организмы. Вследствие того, что бактерии характеризуются очень высокой скоростью размножения, вирусы своей разрушительной функцией стабилизируют их рост. Кроме этого, разрушительная функция вирусов приводит к появлению новых, более устойчивых штаммов бактерий.

Другими простыми мельчайшими существами планеты являются **бактерии** (от латинского слова «маленькая палочка»), размер которых редко превышает 10 мкм. Одна из самых известных групп бактерий -

цианобактерии (или сине-зеленые водоросли). Именно они были первыми представителями живых организмов на планете. Сейчас известно и охарактеризовано около 6000 видов бактерий.

Основная биосферная функция бактерий - находиться на «передовом фланге» взаимодействия живого и косного вещества планеты. Именно бактерии обитают при самых высоких и самых низких температурах, в самых кислых и щелочных источниках. Они первыми заселяют лавы после извержения вулкана и обнажившиеся после схода лавины горные породы. «Выгрызая» твердые породы литосферы, расщепляя растворенные в природных водах соединения, извлекая из неживой природы необходимые для жизни элементы, они синтезируют первичные органические соединения.

Бактерии распространены во всех природных средах (90% биомассы океана составляют именно бактерии) и их находят в самых разнообразных, порой удивительным местах. Так, участники американской экспедиции к берегам Антарктиды на глубине 853 метров подо льдом обнаружили большое сообщество бактерий и моллюсков. Поскольку эта территория была перекрыта льдом на протяжении 10000 лет, очевидно, что открытия мест обитания бактерий будут продолжаться (http://www.forextimes.ru/news/hnews26778p.htm).

В зависимости от среды обитания микроорганизмы подразделяют на **аэробные**, живущие при наличии кислорода, и **анаэробные**, живущие в безкислородной среде. Микроорганизмы обладают способностью разлагать различные вещества и соединения. Благодаря этим свойствам в последние десятилетия их используют для рекультивации почв при нефтезагрязнении, для разложения нежелательных синтетических веществ. Микроорганизмы, с одной стороны используются как разнообразные источники антибиотиков, с другой - являются возбудителями холеры, сибирской язвы, туберкулеза и других заболеваний.

Другое царство живых организмов - **грибы** обитают главным образом на суше и особенно интенсивно размножаются в теплых и влажных местах

(например, в тропической зоне планеты). В настоящий момент их описано около 100 000 видов. К грибам относятся как микроскопические одноклеточные организмы - дрожжи, так и хорошо знакомые нам по осеннему лесу подберезовики, мухоморы, боровики. Большая часть грибов имеет нитевидное тело - гифы, совокупность которых образует мицелий. Грибы, в отличие от зеленой растительности не способны сами синтезировать органику, а произрастают на готовом органическом субстрате. Основной биосферной функцией грибов является разложения отмерших тканей животных и растений до первичных органических соединений. В процессе разложения им также помогают и бактерии, но грибы играют лидирующую роль.

Но последствия этой функции могут быть и отрицательными для человека. Так, во время второй мировой войны, половина грузов, пересекающих тропическую зону, была полностью «изъедена» грибами. А солдаты часто эвакуировались из этой зоны не из-за ранений, а из-за многочисленных инфекций, вызванных грибковыми заболеваниями кожи. Деструктивная функция грибов столь значительна, что эти организмы разрушают провода, оптические приборы, ткань и т.д. (Рейвн, Эверт, Айкхорн, 1990).

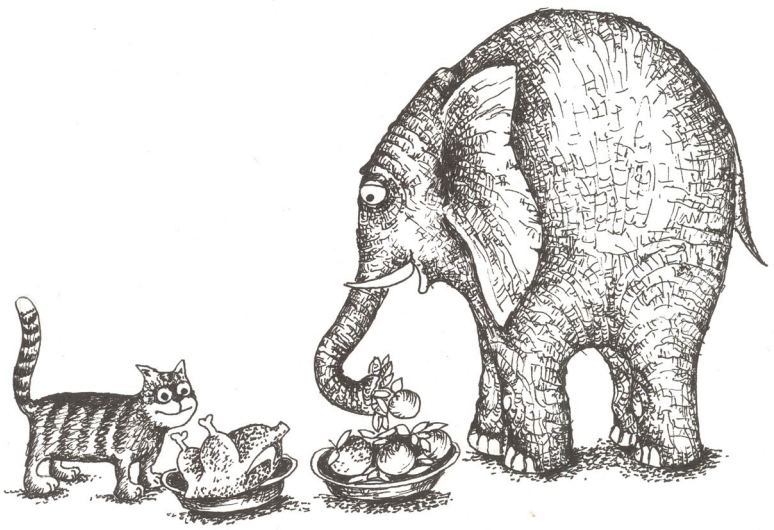
В настоящее время описано около 500 тысяч видов **растений** и более 1,0 млн. видов **животных** (включая насекомых и прочих беспозвоночных), сгруппированных в классы и типы. Растения – это весьма разнообразная группа живых организмов, размножающаяся спорами, семенами и вегетативным путем. Обширную группу наиболее примитивных низших растений составляют водоросли. И низшие и высшие растения по своему строению однотипны – все они, используя энергию солнечного света, синтезируют органические соединения, извлекая их из воды, почвенного субстрата, воздуха. Кроме света, воды и воздуха для жизни им необходимы органические соединения, созданные бактериями-прокариотами. Именно благодаря фотосинтезу, этому удивительному таинственному процессу,

посредством которого вода и воздух превращаются в живую материю, существует жизнь на Земле. Зеленые растения, производящие основную массу органики на планете, являются фундаментом для царства грибов и животных.

Самым разнообразным по видовому составу является царство животных - свыше 1 млн. видов. Из этого числа на позвоночные животные приходится только 4%, а на млекопитающих, к которому относится и человек – 0,4% из общего числа видов. Среди животных наиболее многочисленна группа насекомых. На каждого жителя планеты приходится по 10 тонн насекомых (250-300 млн. особей)! Но и это царство еще не полностью описано. Открытия продолжаются. Так, в 2006 году в результате исследований в труднодоступной лесистой местности в северной части Борнео (Калимантан) в Малайзии открыли 52 новых вида животных и растений, ранее не известных науке. А всего с 1994 года на этом острове найдено более 360 новых видов (Jungle secrets: 52 new species found in Borneo's 'Lost World' - Daily Mail, 19.12.2006). На севере Вьетнама, в горном районе Бат Дай Сон (Bat Dai Son) на границе с Китаем, в 2007 году ботаники описали более 100 новых видов растений (http://www.vokrugsveta.ru/news/?item_id=2260И).

Все обитатели биосферы, чтобы существовать, должны питаться, т.е. потреблять энергию. По способу питания живые организмы можно разделить на **автотрофов (или продуцентов), гетеротрофов (или консументов)** и **редуцентов (деструкторов)**. К продуцентам относятся зеленые растения суши и моря, сине-зеленые водоросли, использующие в качестве питания минеральные вещества, а в качестве источника энергии – солнечных свет или энергию химических связей. К консументам относятся разнообразные организмы – от бактерий до крупных животных, использующие в качестве пищи и источника энергии органические соединения, созданные продуцентами. И, наконец, третий тип организмов представлен редуцентами, питающимися мёртвым органическим веществом. К данной группе относятся многие микроорганизмы, грибы и некоторые виды животных и насекомых.

Функционально редуценты это те же самые консументы, поэтому их часто называют **микроконсументами.** Таким образом, каждое царство живых организмов выполняет свою особенную функцию: прокариоты ассимилируют неорганическую материю, растения синтезируют биомассу, грибы и бактерии разлагают органику, а животные являются регуляторами процесса в целом. И этот бесконечно повторяемый в природе процесс характерен для любой экосистемы – «от кочки до оболочки».



2.5. Состав живых организмов

Жизнь на Земле существует уже более 3 миллиардов лет (дискуссии относительно времени возникновения жизни на земле продолжаются, и любые цифры могут быть оспорены). За это время эволюция не прерывалась: все живые организмы, от вирусов до человека, имеют один и тот же генетический код.

Вставка 5.

Какие механизмы действуют в природе и почему мы не просто внешним сходством, а пристрастиями и привычками, болезнями и характером так сильно походим на родителей, бабушек, дедушек? В Древней Греции философы стремились дать лаконичные определения буквально всему. Так, Платон определил человека как двуногое, лишенное перьев. Не успел стихнуть смех учеников, как Диоген принес Платону в качестве опровержения ощипанного петуха. После чего Платон был вынужден добавить: «... и с плоскими ногтями». Как известно, в каждой шутке есть доля правды.

Одним из последних достижений в биологии было успешное расшифрование человеческого генома (от слов ген + хромосома). В основе отличий человека от других живых организмов лежат особенности его

генетического «текста». Ребенок каждого из родителей получает текст, длиной в три миллиарда букв. И отличия генома человека от родственных видов не так уж и велики. Например, при сопоставлении сходных генов шимпанзе и человека 99 из 100 букв, как правило, одинаковы. В настоящий момент расшифровка продолжается и уже выяснено, что при всей уникальности генома человека, в его ДНК есть довольно много сходства даже с мышами и дрозофилами (http://www.chem.msu.su/rus/journals/chemlife/2000/genom.html). **Важной особенностью биологических организмов является их способность к воспроизводству в результате смены поколений особей и передаче наследственной информации от предыдущего поколения к последующему.**

В живых организмах обнаружены почти все элементы периодической системы Менделеева, но содержание многих из них чрезвычайно мало. Еще академик А.И. Опарин провел ряд модельных экспериментов, пытаясь воспроизвести природные условия, существовавшие на планете 3 миллиарда лет назад. Результаты эксперимента доказали, что и в далекие геологические эпохи основа органического вещества была неизменной и состояла из простых углеводородов, спиртов, альдегидов и некоторых аминокислот. Такими каркасными элементами для всех организмов биосферы являются **кислород, углерод, водород и азот**. Их общее содержание в живом веществе биосферы составляет 98,72 % и именно благодаря высокой реакционной способности и растворимости, они могут образовывать самые разнообразные химические соединения. И все многообразие живых организмов планеты: от облака «живой пыли» - микроорганизмов до 30-метрового кита, построено главным образом из этих четырех элементов. Таким образом, **для всех живых организмов планеты характерно биохимическое единство**.

Живые организмы на 70% содержат кислород, большая часть которого связана с водородом и образует воду. В водных организмах количество воды превышает 90% от общей массы, в зеленой растительности – более 85%,

крупные млекопитающие на 60% состоят из воды и только споры и семена содержат менее 15 %. Немецкий физиолог Эмиль Дюбуа-Реймон и человека назвал «одушевленной водой», поскольку мы более чем на две трети состоим из воды.

Кроме названых четырех химических элементов, к первичным элементам жизни добавляют еще два элемента - **фосфор и серу**. Фосфор входит в состав основы молекул наследственности - ДНК и РНК, а также молекулы, поставляющей энергию, - АТФ, а сера входит в состав двух из 20 основных аминокислот. Эти шесть элементов, благодаря распространенности во всех клетках, органах и тканях как растительных, так и животных организмов, являются эволюционно «сквозными», несмотря на то, что сера и фосфор в весовом отношении занимают сравнительно скромное место.

Кроме этого, к элементам-органогенам следует добавить натрий, калий, магний, кальций, хлор и железо. Таким образом, 99,9% живой массы организмов составляют элементы «исходной дюжины»: H, C, N, O, Na, Mg, P, S, Cl, K, Ca, Fe. На то, что они все относятся к первым 26 элементам периодической системы, обратил в свое время внимание еще Д.И. Менделеев. **Выборочно накапливая отдельные элементы и выделяя их во внешнюю среду в форме совершенно новых химических соединений организмы тем самым изменяют и химизм биосферы.**

Недостаток или избыток некоторых элементов изменяет параметры функционирования организма. Исходя из этой особенности к группе жизненно-важных элементов необходимо причислить также кремний, медь, цинк, хром, селен, молибден, никель, олово, йод, кадмий, кобальт, свинец, фтор, барий, стронций и ртуть. Так, дефицит в почвах Австралии кобальта, привел к массовым заболеваниям коров и овец анемией и к массовому падежу скота. А избыток в растениях селена, вызывает облысение овец, выпадение перьев у птиц. В Средние века в мастерских по изготовлению головных уборов была распространена «болезнь сумасшедшего шляпочника». В те времена при изготовлении фетровых шляп применялись

содержащие ртуть препараты, и в организме мастеров происходило постепенное накопление этого тяжелого металла, поражающего в конечном итоге центральную нервную систему.

Вставка 6. Дополнительная информация

В некоторых поселениях забайкальских казаков на реке Уров и в соседних долинах еще в XIX в. была описана странная болезнь – ломкость и искривление костей, названная местным населением «коряжной болезнью». Больные были не в состоянии передвигать ноги и становились полными инвалидами. Болезнь поражала не только людей, но и домашних животных. Тайна уровской болезни была раскрыта в 30-х годах XX в.: причина связана с недостатком кальция, йода, фосфора в почве, воде и растениях и повышенного содержания стронция и бария. В результате замещения кальция на стронций в скелетах людей возникает нарушение обмена веществ, проявляющееся в хрупкости костей и недоразвитии скелета. Десятки других элементов содержатся в очень малых количествах и, возможно, их влияние на живые организмы планеты будет еще выявлено в будущем.

2.6. Основные свойства и функции живого вещества

В чем же причина столь высокой химической активности живого вещества, сумевшего преобразовать все сферы Земли? Известняки, уголь, илы, почвы, железные и марганцевые руды, кислород атмосферы – все это создано живым веществом за геологическое время. Причина столь высокой химической и геологической активности живого вещества по выражению академика Л. С. Берга, обусловлена «биологическими катализаторами (ферментами), которые совершают, с физико-химической точки зрения что-то невероятное». В живых организмах на порядок или несколько порядков увеличиваются скорости химических реакций. В.И. Вернадский в связи с этим живое вещество назвал **«формой чрезвычайно активированной материи».**

Среди основных свойств живого вещества можно отметить следующие:

1. Мобильность - способность живых организмов быстро осваивать все свободное пространство. Живое вещество, подобно газу, растекается по поверхности планеты, при этом мелкие организмы размножаются гораздо быстрее, чем крупные.

Это свойство связано как с интенсивным размножением (без сдерживающих факторов дрожжевые клетки заселят пространство планеты за несколько часов, бактерии - за несколько суток, некоторые насекомые - за год), так и со способностью живых организмов в благоприятных условиях увеличивать биологическую массу. Например, многоярусные тропические леса занимают около 3000 млн. га или 6% площади суши, но при этом дают 60% всего живого вещества планеты.

Мобильность живых организмов сдерживается многообразными биологическими и экологическими механизмами, а также фактором времени. Например, видовое разнообразие участков лесной гари бедно непосредственно после пожара и требуется значительное количество лет, чтобы участок гари «сравнялся» с окружающими экосистемами. Другим классическим примером является заселение острова Кракатау после извержения вулкана в 1883 году, уничтожившего все живые организмы на острове. Мощность взрыва была эквивалентна взрыву водородной бомбы: на острове осталась только гора, покрытая лавой и пеплом. Для формирования новых экосистем потребовалось 50 лет, но и они по разнообразию видов уступали предыдущим.

2. Активность – способность к движению, но не только пассивному, происходящему под действием силы тяжести, гравитационных сил и т.д., но и к активному – против течения воды, движения воздушных масс, силы тяжести и т.д.

3. Устойчивость и деструктивность – способность к устойчивой жизнедеятельности и быстрому разложению после гибели. Благодаря специфическим химическим соединениям — белкам и ферментам, все живые организмы устойчивы в процессе жизнедеятельности, но организмы также легко разлагаются после окончания жизни. После смерти организмов образовавшиеся органические и неорганические вещества включаются в круговороты.

4. Адаптивность – способность приспосабливаться к различным

условиям окружающей среды, в том числе и к крайне трудным по физико-химическим параметрам. На протяжении эволюционного отбора и развития живые организмы выработали огромное количество жизненных форм в процессе приспособления к тем или иным условиям.

5. Реактивность – способность к высокой скорости протекания реакций, которая на несколько порядков больше, чем реакции в неживом веществе. Именно благодаря высокой скорости биохимических реакций жизнь преобразовала планету. Эти реакции управляются и ускоряются ферментами.

Отдельно можно выделить **механическую реактивность** – например, способность землероев (червей, сурков, сусликов и др.) к преобразованию поверхности экосистемы. Известно, например, один дождевой червь за сутки способен переработать количество органики равное его собственному весу.

6. Воспроизводимость – способность живого вещества к обновлению. Наибольшая скорость обновления характерна для мельчайших организмов,- планктона, пассивно плавающего у поверхности океана: в каждом кубическом метре воды содержится до 50 миллионов простейших клеток. Фитопланктон является своеобразным «пастбищем» для рачков, морских звезд, моллюсков, мальков рыб и т.д., которые питаются ими. Весной характерно бурное размножение водорослей: в это время года каждая диатомовая водоросль может делиться ежедневно, что влечет одновременно вспышку и зоопланктона.

Всю деятельность живого вещества в биосфере можно, с определенной долей условности, свести к нескольким основополагающим функциям.

1. Биотическая функция. Биосфера является самоподдерживающейся и самоорганизующейся целостей системой. Если бы эта главная функция исчезла, то через несколько десятков лет, планета могла бы стать безжизненной пустыней. Живое вещество, являясь одним из основных компонентов биосферы, воссоздает себя и поддерживает необходимое разнообразие.

2. Энергетическая. Биосфера - это самый мощный аккумулятор солнечной энергии благодаря фотосинтезу растений. Продуцированная зелеными растениями энергия затем передается по цепям питания, рассеивается.

За геологическую историю Земли биосфера накопила в недрах колоссальное количество энергии в залежах торфа, каменного угля, нефти и других полезных ископаемых, служащих и в настоящее время энергетической базой для человека.

3. Газовая функция. Биохимическая деятельность живого вещества обеспечивает, в частности, и планетарное равновесие газов.

4. Концентрационная (накопительная) функция. Живые организмы в ходе жизнедеятельности избирательно накапливают определенные химические элементы, повышая их содержание, по сравнению с окружающей средой, в десятки и сотни раз. На первом месте находиться основа всей органической жизни планеты - углерод. Например, во многих горючих ископаемых, образованных из остатков отмерших растений, содержание углерода в тысячи раз превосходит среднее содержание в литосфере. Кальций концентрируется в известковом скелете животных, фосфор накапливается в скелетах рыб. Отдельные виды живых организмов являются специфическими концентраторами некоторых элементов: морская капуста накапливает йод, лютики - литий, ряска - радий, позвоночные животные - железо, бактерии – марганец и т.д.

Вставка 7. Дополнительная информация

Например, бледную поганку часто называют «лесной коброй». Согласно преданию, именно бледной поганкой был отравлен римский император Клавдий, которому подмешала в пищу ядовитый гриб его жена Агриппина. А ядовитость этих грибов обусловлена способностью концентрировать в своих органах селен, содержание которого в сотни раз превышает среднее содержание в почве.

Накопительную функцию организмов часто используют и в прикладных целях: для поисков полезных ископаемых или для обогащения руд. Например, еще рудокопы средних веков знали, галмейная фиалка

произрастает на почвах с повышенным содержанием цинка, а золотоискатели Австралии при поисках месторождений ориентировались на белые цветы жимолости. Кроме этого, способность организмов накапливать токсичные элементы (тяжелые металлы и радиоактивные элементы), может быть индикатором выявления степени загрязнения окружающей среды.

5. Окислительно-восстановительная функция. Под влиянием живого вещества происходят как процессы окисления, благодаря обогащению среды кислородом, так и процессы восстановления, обусловленные дефицитом кислорода. Этот процесс связан со способностью некоторых элементов (Fe, S, P, N и др.) менять валентность. Благодаря окислительно-восстановительной функции создаются новые соединения, происходит изменение миграционной активности элементов и, как следствие, - формирование руд, растворение или осаждение элементов. Восстановительные процессы обычно сопровождаются образованием и накоплением сероводорода, а также метана, что делает безжизненными глубинные слои болот, а также придонные толщи воды.

6. Деструктивная функция. Образование живого вещества и аккумуляция им энергии сопровождается одновременно и диаметрально противоположным процессом - разложением, минерализацией органических соединений и превращением их в простые минеральные соединения - CO_2, воду, аммиак (NH_3) с освобождением энергии, что и является основой биологического круговорота вещества (подробно круговороты веществ будут рассматриваться в следующем разделе).

Так, в процессе фотосинтеза в зеленом листе создаются углеводы. При отмирании растений органическое вещество используется в пищу микроорганизмами, грибами и животными. Сложные органические соединения (углеводы, крахмал, целлюлоза и др.) с помощью организмов-редуцентов подвергаются минерализации и вновь превращаются в минеральные соединения, поступают в почву, чтобы по следующему кругу быть усвоенными растениями.

Другие организмы, к которым относятся бактерии, грибы и лишайники, воздействуют на горные породы за счет выделения комплекса кислот. Разрушая породы, организмы избирательно извлекают и включают в биотический круговорот важнейшие питательные элементы - кальций, калий, натрий, фосфор, кремний и многие микроэлементы.

7. Транспортная функция. В результате активной формы движения организмов постоянно происходит перенос вещества и энергии. Часто такой перенос осуществляется на колоссальные расстояния, например, при миграциях животных.

8. Информационная функция. Проявляется через способность живых организмов и их сообществ накапливать определенную информацию, закреплять ее в наследственных структурах и затем передавать последующим поколениям. Так, организмы освоили различные виды информации - зрительную, звуковую, химическую, электромагнитную. Эти процессы в них осуществляются путем общего энергоинформационного обмена.

Например, снижение интенсивности размножения может быть связано не только с недостатком корма или изменением окружающей среды: уменьшение потомства может происходить и в результате «перенаселения» территории. В этом случае включаются особые внутренние механизмы популяций, которые приводят к уменьшению потомства.

Вставка 8. Дополнительная информация

Мы еще крайне мало знаем о всем спектре информационных связей в природе, но факты иногда поражают: устройство любого муравейника строго подчинено внутренним правилам и законам поведения; в клину журавлиной стаи каждый член «команды» занимает строго определенное место и стороны птичьего клина образуют угол, близкий к 110 градусам. Еще в Древнем Китае и Египте «действовала» голубиная почта и птицы, по им одним ведомым ориентирам, безошибочно находили дорогу домой. В последние годы ведутся исследования биоэнергетической природы деревьев: изучаются информационные связи деревьев между собой.

9. Средообразующая и рельефообразующая функция. Природная

среда создана живыми организмами, которые и поддерживают в относительно стабильном состоянии все ее параметры. В результате средообразующей функции в географической оболочке произошли важнейшие изменения: преобразование газового состава первичной атмосферы, изменение химического состава вод первичного океана, образование толщи осадочных пород в литосфере, возникновение почвенного покрова. Кроме этого, живое вещество само способно создавать новые формы рельефа. Так, всем известны крупные коралловые барьерные рифы, построены благодаря способности кораллов усваивать из морской воды известь и строить из нее свои скелеты.

2.7. Круговорот веществ в биосфере

Земля находится в непрерывном движении: в Мировом океане течения перемешивают слои воды, вода испаряется с водной глади, в атмосфере ветры переносят облака, из облаков идет дождь и снег, поверхностные воды стекаются в рукава рек, реки впадают в океан. Вместе с водой, к процессу «подключаются» различные химические элементы и соединения. И это происходит несчетное число раз. Неизменно повторяющийся цикл процесса перемещения и превращения вещества в биосфере называется **круговоротом веществ в биосфере.**

В случае отсутствия круговоротов веществ живые организмы давно исчерпали бы все ресурсы планеты, поскольку запасы любого элемента конечны. В действительности круговорот элементов обратим не полностью, - часть веществ из него изымается: из атмосферы теряется некоторая доля легких элементов, часть органических соединений фоссилизируется (захоранивается) в педосфере, литосфере в виде гумуса, торфа, илов и осадочных пород, минеральных солей, выносимых реками в океан и осаждающихся в донных отложениях.

Различают большой (геологический) и малый (биогеохимический) круговорот. Движущей силой круговоротов является энергия Солнца и внутреннее тепло Земли.

Большой геологический круговорот веществ, продолжающийся миллионы лет, заключается в том, что под действием водных и воздушных агентов **магматические** горные породы подвергаются выветриванию, а продукты их разрушения выносятся в Мировой океан и другие водоемы, образуя **осадочные** горные породы. Под действием тектонических движений, высоких давлений и температур осадочные и магматические породы преобразуются в **метаморфические**. Например, глины превращаются в глинистые сланцы, пески в кварциты и т.д. В результате новых крупных геотектонических движений, процессов опускания материков и поднятия морского дна эти породы вновь оказываются в зоне интенсивного выветривания, т.е. круг замыкается.

Малый биогеохимический круговорот обусловлен двумя взаимосвязанными и противоположными процессами: образованием и разложением живого вещества. С одной стороны, происходит молекулярный, клеточный, тканевый обмен внутри самого живого организма, с другой – круговорот веществ связывает организм и его среду обитания в единое целое.

И каждый маленький цикл круговорота включен в более крупный круговорот. Символом данного круговорота служит не круг, а циклоида – линия, описываемая точкой, находящейся на ободе движущегося колеса, т.е. для круговорота характерно поступательное развитие по спирали. Основной особенностью биогеохимического круговорота является то, что в нем, в отличие от большого геологического круговорота, участвуют не все природные элементы, а только биогенные, необходимые для жизнедеятельности организмов. И именно круговоротом веществ обеспечивается непрерывность процессов в биосфере, и многие жизненно-важные элементы, несмотря на их ограниченность в литосфере, участвуют в жизнедеятельности организмов. Так, при отсутствии круговорота, например,

за короткое время был бы исчерпан основной «кирпичик» живого вещества - углерод, благодаря которому создается огромное количество органических соединений.

В.И. Вернадский сформулировал следующие биогеохимические принципы:

- **биогенная миграция химических элементов в биосфере стремится к максимальному своему проявлению.** Вовлекая неорганическое вещество в биологический круговорот, в «вихрь жизни», живые организмы способны проникать в ранее недоступные ей области планеты и увеличивать свою геологическую активность. По мере эволюции биосферы, происходит увеличение разнообразия живых организмов и появление новых более сложных форм;
- **эволюция видов, приводящая к созданию форм, устойчивых в биосфере, должна идти в направлении, увеличивающем проявление биогенной миграции атомов в биосфере.** Все живое вещество обладает свойством пластичности и изменчивости во времени. Так, начавшийся процесс появления свободного кислорода изменил весь облик планеты. Во время появления морских беспозвоночных, имеющих кальциевый скелет, произошло усиление миграции кальция. Выход растений на сушу в каменноугольную эру активизировал круговорот углерода. И до сих пор в земной коре мы видим свидетельства усиления миграционной способности различных элементов.
- **все живое вещество находится в бесконечном непрерывном обмене с окружающей его средой, создающейся и поддерживающейся космической энергией Солнца**. Химические элементы в биосфере постоянно перемещаются как в пределах отдельных сфер (литосферы, гидросферы, атмосферы, педосферы), так и между ними. Темпы миграции химических элементов неодинаковы: очевидно, что наиболее активная миграция происходит в атмосфере и в гидросфере.

Таким образом, живое вещество активно регулирует геохимическую

миграцию атомов. И именно благодаря этому, в течение миллиардов лет происходит эволюция живых организмов планеты и биосферы в целом, сохраняется стабильность и динамическое равновесие биосферы. Повторяющиеся перемещения и превращения химических элементов в биосфере при активном участии живого вещества называют **биогеохимическими циклами элементов.** Под этим циклом понимается круговорот химических веществ из неорганической природы в органическую - через растительные и животные организмы.

Круговорот совершается с использованием солнечной энергии и энергии химических реакций. В биосфере круговорот элемента будет быстрым и устойчивым только в том случае, если этот элемент не только растворим, но и летуч, благодаря чему одно из его соединений может возвращаться на сушу через атмосферу.

К главным биогеохимическим циклам относят **циклы углерода, азота, кислорода, серы и фосфора**. Среди летучих соединений всем известна двуокись углерода (CO_2), метан (CH_4), свободный азот (N_2), аммиак (NH_4), сероводород (H_2S) и двуокись серы (SO_2).

2.7.1. Круговорот углерода

Как отмечалось ранее, земная жизнь основана на соединениях углерода, поскольку каждая молекула живого организма построена на основе углеродного скелета. Углерод присутствует в природе во многих формах, основными из которых являются восстановленные формы углерода в виде метана и других углеводородов, нейтральные формы в виде залежей графита, алмазов и карбида, окисленные формы углерода в виде углекислого газа и карбонатов. Наконец, углерод сосредоточен в биосфере, почве и океане в виде сложных биоорганических соединений.

Несмотря на многообразие форм углерода, именно углекислый газ, находящийся в атмосфере и растворенный в Мировом океане, является основным источником углерода для переработки его в органическое

вещество живыми организмами. Главными участниками углеродного цикла являются растения и фитопланктон, которые в процессе фотосинтеза поглощают молекулы углекислоты, и атом углерода участвует в образовании разнообразных органических соединений в структуре растений. Эти соединения служат углеводным питанием для организмов, питающихся продуцентами. Поскольку все организмы дышат, то углерод в соединении CO_2 может вернуться в атмосферу в процессе дыхания. Другая часть углерода высвобождается из мертвого органического вещества организмами - редуцентами. Небольшая часть органического углерода ускользает из круговорота и накапливается в виде торфа, угля, карбонатных отложений.

На протяжении существования Земли основными источниками поступления CO_2 в атмосферу являлись вулканические извержения и геотермальные процессы. В современных условиях к этим природным процессам добавляются также выбросы при сжигании человеком ископаемого топлива: угля, нефти и газа. По сравнению с доиндустриальной эпохой (до 1850 года) концентрация CO_2 в атмосфере увеличилась на 31 %, а метана на 149 %. Кроме этого, баланс CO_2 изменяется из-за вырубки лесов, поглощающих углекислый газ.

2.7.2. Круговорот азота

Азот относится к жизненно важным элементам, являясь составной частью белковых и других органических соединений. Природный азот состоит из двух стабильных изотопов – N^{14} и N^{15}. Можно выделить два направления фиксации атмосферного азота - абиогенный и биогенный. Абиогенный путь происходит в результате реакции азота с кислородом. Единственным условием, вследствие инертности азота, является наличие большого количества энергии. Эти условия достигаются при разрядах молний, когда температура достигает более 25 000°С, вулканической деятельности, в момент сгорания метеоритов.

Но почти все живые организмы не могут использовать атмосферный молекулярный азот, и большая часть азота потребляется растениями из почвы в виде соединений аммония (NH_4^+) и нитратов (NO_3^-) . Длительное время считалось, что связывать молекулярный азот, могут только небольшое количество видов микроорганизмов, преимущественно азотобактерии, некоторые из которых поселяются на корнях растений, образуя характерные вздутия. Поэтому они часто в литературе называются **клубеньковыми бактериями.** Благодаря этой способности растения и азотфиксирующие бактерии непрерывно помогают друг другу: растения предоставляют бактериям «место для проживания» и снабжают полученным в результате фотосинтеза «топливом» — глюкозой, а бактерии обеспечивают растениям необходимый азот в усвояемой ими форме. Сейчас известно, что способностью фиксировать азот обладают многие другие организмы в воде и почве. В океанических экосистемах фиксация атмосферного азота происходит при помощи цианобактерий. Связывание молекулярного азота и перевод его в азотистые соединения получил название **азотфиксации.**

В растениях азот закрепляется в органическом веществе и затем передается по цепям питания. После отмирания, органика разлагается организмами-редуцентами, которые превращают их аммонийные соединения, нитраты, нитриты, а также в свободный азот, который возвращается в атмосферу. Поскольку соединения азота легко растворимы в воде и легко вымываются из почвы атмосферными осадками и грунтовыми водами, то в случае их избытка, что возникает при чрезмерном применении азотных удобрений, то происходит загрязнение водоемов и продуктов питания.

2.7.3. Круговорот кислорода

Кислород, как отмечалось ранее, является главным элементом нашей планеты. Большая часть кислорода связана в соединения с другими элементами – в гидросфере с водородом, в литосфере – с кремнием,

алюминием, железом и др. элементами. Однако к этому огромному «фонду кислорода» экосистема не имеет непосредственного доступа, и кислород, входящий практически во все минеральные соединения литосферы в химически связанном состоянии в биогеохимическом круговороте не участвует.

А принимает участие лишь свободный кислород и его окислы – H_2O и CO_2. Природный кислород состоит из трех стабильных изотопов: O^{16}, O^{17} и O^{18}. Процентное содержание молекулярного кислорода в атмосферном воздухе, как отмечалось ранее, близко к 21%. Основное производство свободного кислорода связано с процессом фотосинтеза и фотодиссоциации паров H_2O, а потребление - с дыханием наземных живых организмов. Кроме этого, потребителем значительной массы кислорода является неживая природа: окисление закисного железа и вулканических газов, растворение в морской и речной воде. Механизм круговорота кислорода достаточно прост: молекула кислорода (O_2), образующаяся при фотосинтезе, получает один свой атом от диоксида углерода, а другой - от воды; молекула кислорода, потребляемая при дыхании, отдает один свой атом диоксиду углерода, а другой - воде.

2.7.4. Круговорот серы

Сера, как уже отмечалось, является важным биогенным элементом, присутствуя во всех живых организмах. Биологическая роль серы связана с тем, что она входит в состав аминокислот и, следовательно, белков. Круговорот серы осуществляется через воздух, воду и почву.

Находящаяся в почве сера связана с процессом выветривания горных пород, содержащих пириты (серный колчедан FeS) и халькопириты (медный колчедан $CaFeS_2$), а также в результате разложения органических веществ растительного происхождения. Основным источником серы, доступным растениям и микроорганизмам, являются растворимые в воде сульфаты (SO_4^{2-}), которые поглощают корни растений. Сульфаты восстанавливаются

растениями, и сера включается в аминокислоты (цистин, цистеин, метионин) и белки. Животные получают серу вместе с пищей в составе уже готовых органических соединений. Сера, таким образом, проходит по пищевой цепочке экосистемы и возвращается в почву вместе с экскрементами животных.

После отмирания растений сера вновь возвращается в почву при помощи многочисленных микроорганизмов. Некоторые из микроорганизмов в анаэробных условиях восстанавливают органическую серу в сероводород (H_2S) и в минеральную серу, а другие, наоборот, окисляют и переводят в сульфаты. Сульфаты вновь абсорбируются корнями растений, и таким образом обеспечивается продолжение круговорота. Кроме этого, существуют серобактерии, которые могут жить на огромных глубинах в океане около разломов земной коры с выходами сероводорода. В процессе хемосинтеза, бактерии поглощают сероводород и выделяют серу.

2.7.5. Круговорот фосфора

Фосфор – один из наиболее важных биогенных элементов, поскольку входит в состав нуклеиновых кислот и клеточных мембран. Как отмечалось ранее, фосфор, вместе с серой и калием — один из важнейших «элементов жизни», способствующих увеличению продуктивности экосистем.

Основные запасы фосфора, накопившиеся за прошлые геологические эпохи, находятся в литосфере и в процессе выветривания поступают в наземные экосистемы. Значительные количества фосфатов оказываются вовлеченными в круговорот воды, выщелачиваются и вовлекаются в море, где питают фитопланктон. Затем вместе с отмершими остатками фосфаты погружаются в океанические глубины. Но некоторая их часть отлагается в прибрежной части и тогда, возможны варианты нового включения в круговорот. Частичный возврат фосфатов на землю возможен и по пищевым цепям. В этом случае, от фитопланктона фосфор переходит к рыбам, а затем и к морским птицам. Так, на побережьях Перу и Патагонии находится

большое количество остатков экскрементов морских птиц – гуано. Поскольку гуано содержит значительное количество питательных веществ (около 30% аммиачных солей и около 17% фосфорнокислых), часто в переработанном виде оно используется в качестве удобрений.

Также фосфор совершает биогеохимический круговорот в наземных экосистемах: микроорганизмы минерализуют органические соединения фосфора из отмерших организмов в фосфаты, растворенные соли которых вновь ассимилируются растениями.

2.8. Энергетический баланс биосферы

Солнечная радиация является основным источником для большинства процессов, происходящих в биосфере. Именно благодаря Солнцу осуществляется непрерывный круговорот веществ в биосфере. Именно благодаря Солнцу в экосистемах **обеспечивается постоянство и избыточность энергии**. Каждую секунду Солнце излучает энергию, равную $3{,}827X10^{26}$Вт., называемую **светимостью Солнца**. Реальные масштабы излучаемой энергии необыкновенно велики: этой энергии достаточно, чтобы растопить слой льда вокруг Земли толщиной 1000 км. Но на планету попадает всего лишь одна двухмиллиардная доля всего солнечного излучения в виде прямой и рассеянной радиации. Плотность потока солнечного излучения, достигающего пределов земной поверхности, называется **солнечной постоянной,** средняя величина которой принимается равной 1367 Вт/м^2. При учете шарообразности планеты, можно получить, что на верхнюю границу атмосферы поступает 1/4 часть этой величины, т.е. около 341,8 Вт/м^2. Учитывая площадь поверхности планеты (510 млн. км^2), можно легко сосчитать количество коротковолновой солнечной радиации за год – $1{,}743x10^{17}$ Вт.

Около 30% коротковолновой солнечной радиации отражается Землей и уходит обратно в мировое пространство. Доля этой отраженной световой энергии называется **альбедо.** Остальные 70% поглощаются атмосферой и

земной поверхностью. В течение длительного времени Земля сохраняет свое тепловое равновесие и, соответственно, количество теплоты, которое должно уходить в мировое пространство должно быть равным поглощенной теплоте (239,3 Вт/м^2). Согласно оценкам М.И. Будыко (1980) поглощенная земной поверхностью радиация расходуется следующим образом: 66% поглощается земной поверхностью, а 34% - атмосферой.

Радиационный баланс земной поверхности (R) равен поглощенной этой поверхностью радиации за вычетом эффективного излучения (I). Соответственно, на долю R и I приходится 105 Вт/м^2 и 53 Вт/м^2 (из 66% это 44 и 22% соответственно) поглощенной Землей солнечной радиацией.

Около 84% радиационного баланса земной поверхности тратится на испарение воды. Именно благодаря этим энергетическим затратам происходит круговорот воды. Почти вся оставшаяся часть расходуется на турбулентный теплообмен с атмосферой. Ливни и ураганы, течения рек и наводнения, океанические течения и ветры – все это солнечная энергия. А зеленые растения, используя менее 1% энергии, преобразовывают ее с помощью фотохимических реакций в энергию сложных органических соединений. Но и этой энергии достаточно, чтобы создать и «накормить» такое удивительное разнообразие организмов, населяющих планету.

2.9. Биосфера как целостная система

В целом биосфера - это единый гигантский организм, в котором автоматически поддерживается ряд свойств, обеспечивающих ее функционирование, саморегулирование и устойчивость.

1. Биосфера - это открытая система. Её существование немыслимо без поступления энергии Солнца. Благодаря солнечной энергии и биохимической активности фотосинтезирующих организмов, зеленые растения обеспечили пищей и энергией все остальные организмы, образовали и поддерживают газовый состав атмосферы.

Вставка 9. Дополнительная информация

Впервые представления о влиянии солнечной активности на живые организмы, были изложены в трудах А.Л. Чижевского, показавшего взаимосвязь многих явлений в биосфере с солнечной активностью. Предполагается, что активность Солнца влияет на многие геологические процессы, на социальную активность общества, на численность отдельных видов живых организмов или их популяций.

2. Биосфера - это централизованная система. Центральным звеном биосферы выступают все живые организмы, включая и человека. Одним из наиболее ошибочных подходов является антропоцентрический, отводящий центральное место в биосфере – человеку. Но человек является частью природы и все его действия должны быть соотнесены с механизмами функционирования биосферы.

3. Биосфера – это целостная и дискретная система. Несмотря на специфичность и самостоятельность отдельных геосфер, суммарная деятельность населяющих эти оболочки живых организмов объединяется на уровне биосферы как целостной функциональной системы. Целостность биосферы обусловлена тесной взаимосвязью всех слагающих ее компонентов, объединенных круговоротом вещества и энергии. Изменение каждого из компонентов неминуемо ведет к изменению других и всей системы в целом.

4. Биосфера – устойчивая и саморегулирующая система. Это выражается в регуляции постоянства физико-химических и биологических функций. Для биосферы характерно свойство **гомеостаза,** под которым понимается способность гасить возникающие внешние и внутренние возмущения, и приходить в исходное состояние включением ряда механизмов. Гомеостатические механизмы биосферы построены по принципу Ле Шателье-Брауна: при действии на систему сил, выводящих ее из состояния устойчивого равновесия, происходит смещение в том направлении, при котором эффект этого воздействия ослабевает. За длительную историю существования, биосфера неоднократно переживала ряд таких возмущений, к которым можно отнести падения астероидов, крупные землетрясения и извержения вулканов.

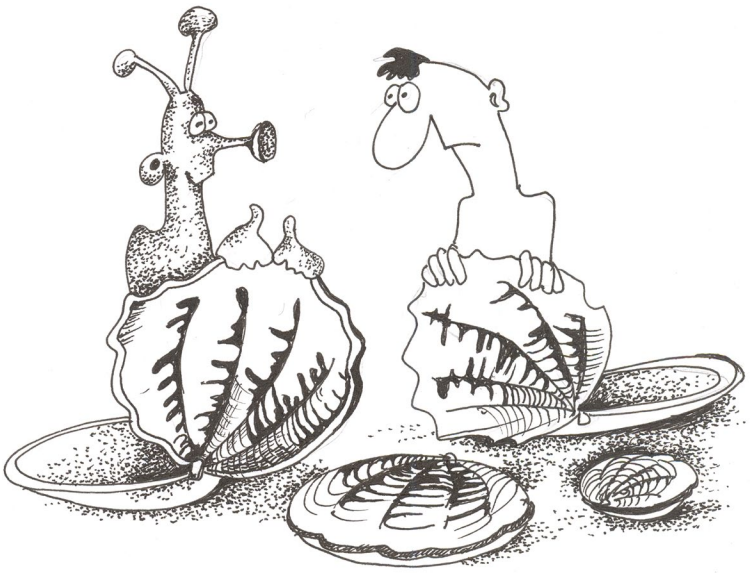
5. Биосфера – это система, характеризующаяся огромным разнообразием. Разнообразие повышает ее устойчивость, поскольку обуславливает возможность дублирования отдельных функций. Поэтому на Земле существует более полутора миллионов живых организмов, среди которых нет «лишних» или «вредных»: каждому уготована своя конкретная роль. Так, в каждой маленькой клеточке биосферы – экосистеме, есть целый ряд взаимосвязанных организмов: травоядные консументы поедают «лишнюю биомассу», не позволяя растениям слишком сильно разрастаться, за травоядными пристально «следят» хищники, предотвращая их чрезмерное размножение, количество хищников регулируется количеством травоядных и т.д. Совместная деятельность живых организмов обеспечивает извлечение определенных веществ из внешней среды, их трансформацию на разных уровнях трофических цепей и минерализацию органического вещества до составляющих, доступных для очередного включения в круговорот. Кроме этого, все разнообразие функций живых организмов, не может выполняться организмами какого-либо одного вида, а только лишь их сообществами.

6. Биосфера – система, обеспечивающая и поддерживающая круговорот веществ. За счет круговорота веществ в биосфере происходит устойчивое поддержание жизни. И, несмотря на то, что многие биогеохимические круговороты отдельных элементов начинаются в экосистемах небольшого ранга, на уровне биосферы они полностью завершаются. Так происходят планетарные процессы формирования и переотложения горных пород, поддержания экологических функций гидросферы и атмосферы, образования почв и поддержания их плодородия и т. п. Круговорот гарантирует неисчерпаемость отдельных химических соединений и непрерывность процессов, происходящих в биосфере. Стойкость биосферы обнаруживается в постоянстве ее общей массы, массы живого вещества и энергии, связанной с живым веществом, среднего химического состава всего живого.

Таким образом, только непрерывное функционирование биосферы как целостной системы способно обеспечить экологическую безопасность всех

сообществ живых организмов и каждого в отдельности. Выход из строя хотя бы одной функции, предполагает глобальную экологическую катастрофу.

2.10. Эволюция биосферы



Возникновение жизни на Земле – один из интереснейших вопросов, но однозначного ответа на него до сих пор нет. Одна из первых гипотез зарождения жизни была высказана еще Аристотелем, который придерживался **теории спонтанного зарождения жизни**. Согласно этой теории, определенные частицы содержат некое активное начало, которое при благоприятных условиях может создать живой организм. Аристотель предполагал, что примером активного начала является яйцо, но он также считал, что это и солнечный свет, и гниющее мясо. С распространением религии основополагающей стала **теория креационизма**, утверждающая, что жизнь на Земле и мир в целом созданы божественно.

Вставка 10. Дополнительная информация

Дискуссии продолжаются до сих пор. Предполагается, например, что жизнь могла быть занесена извне. Теория возникновения жизни вне планеты Земля, называется гипотезой **панспермии**. В основе гипотезы лежит предположение, что зародыши жизни постоянно путешествуют по космосу и могли быть занесены на планету из других планет, например, с метеоритами. Полученные в 2006 году результаты миссии **Дип импакт** (Deep Impact) по исследованию кометного вещества подтвердили наличие в кометном веществе водяного льда, летучих фракций, карбонатов, полиядерных ароматических углеводородов, сульфидов и других компонентов. Данный факт позволяет предположить, что кометы могут быть одним из возможных переносчиков жизни во Вселенной

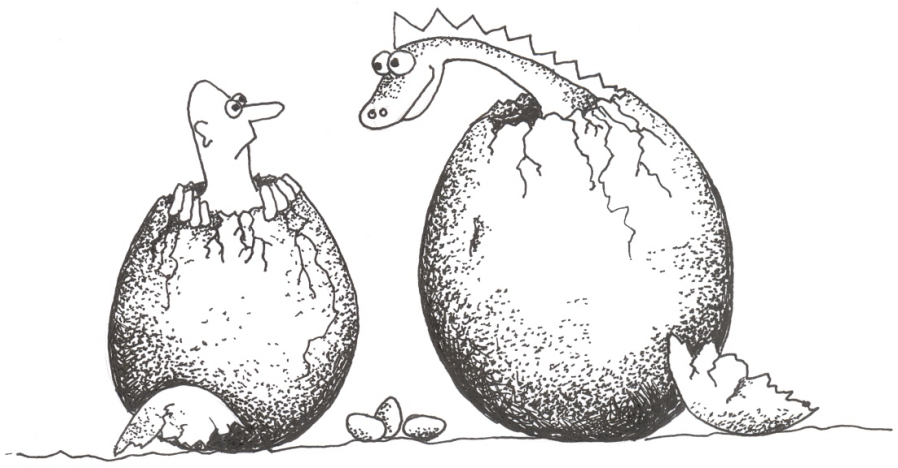
(http://solarsystem.nasa.gov/deepimpact/index.cfm). Но в настоящее время неизвестна ни одна планета, где были бы отмечены признаки жизни, и поэтому данная гипотеза не имеет вещественного подтверждения.

Возраст Земли как самостоятельной планеты Солнечной системы оценивается в 4,5-4,6 млрд. лет. Данная цифра основана на анализе вещества метеоритов и лунного грунта. Образные часы планеты приведены в книге американских биологов Питера Рейвна, Рея Эверта и Сьюзн Айкхорн «Современная ботаника» (1990). Всю прошлую историю планеты они представили в виде 24 часов. Исходя из этих суток, образование планеты произошло в полночь. Тогда планета была безжизненна и холодна: суровая пустыня с черным небом, огромным диском Луны и слабогреющим Солнцем (его светимость была на 30% ниже, чем современная). Рельеф был сглажен и вся поверхность покрыта темно-серым первичным веществом. Красная луна, размеры которой тогда были в 300-500 раз больше, чем современные, светилась и излучала энергию. В условиях ледяного холода и проникающего ультрафиолетового излучения трудно себе представить даже наличие будущей гипотетической жизни на планете.

Между 2 и 3 часами ночи (около 4 млрд.лет назад) появились древнейшие из известных горных пород, в океанах начали образовываться железные руды. Между 5 и 6 часами утра (около 3,5 млрд. лет назад) появились первые микроорганизмы (прокариоты). Очевидно, что появлению жизни на планете предшествовала химическая эволюция, но этот вопрос до сих пор является научной загадкой: даже самые примитивные организмы не могли образоваться непосредственно из простых химических веществ. И в это время планета была совершенно иной: безжизненные реки и темно-бурый океан, заселенный огромным количеством цианобактерий. Именно цианобактерии, средний размер клеток которых составляет около 2 мкм,, по общепринятой версии, явились «творцами» современной кислородсодержащей атмосферы на Земле.

И только в час дня (2 млрд.лет назад) появился свободный кислород в атмосфере. Таким образом, более половины времени планета Земля существовала без свободного кислорода. Яркий образ для описания этих событий придумал Г.А. Заварзин: биосфера в этот промежуток времени «вывернулась наизнанку». Благодаря цианобактериям вместо кислородных «карманов» появились анаэробные «карманы» в местах разложения органики. В атмосфере начинает возникать озоновый слой, преграждающий путь губительным ультрафиолетовым лучам, что приводит к расширению границ жизни. По мере увеличения кислорода в атмосфере небо становилось все более голубым, а океаны очистились от железа (http://www.svobodanews.ru/Article/2007/07/12/20070712165209483.html).

Смена анаэробных условий на аэробные вызвала резкую перестройку структуры биосферы. Древнейшие ископаемые эукариоты появились между 4 и 5 часами (1,5 млрд.лет назад). И только вечером, между 8 и 9 часами (около 700 млн.лет назад) появились многоклеточные организмы, около 10 вечера (450 млн.лет назад) растения захватили сушу, перед 11 вечера планета была уже с цветковыми растениями (200 млн.лет назад). Чем ближе к современности, тем сложней и разнообразней становились живые организмы. А первый человек появился всего полминуты назад. И за последние несколько секунд он сильно изменил облик планеты.



2.11. Человек и биосфера

Перематывая виртуальную "плёнку времени" назад можно представить, насколько длительное время на планете природные экосистемы сменяли друг друга. Сейчас, места обитания многих представителей дикой природы распаханы, почвы закатаны в асфальт, построены города. Эволюция планеты до появления человека и после – это качественно разные отрезки времени. Изменения природы начались с расселением первобытных людей по континентам. Взаимодействие природы и общества можно разбить на 6 основных этапов.

Первый этап - период присваивающего хозяйства. Элементы присваивающего хозяйства (собирательство, охота и рыболовство) и связанные с ним изменения экосистем и сегодня можно наблюдать в некоторых труднодоступных местностях мира. Приспосабливаясь к среде обитания, первобытные люди совершенствовали орудия, способы охоты, выжигали растительность для увеличения посевных площадей. Плотность населения была лимитирована количеством пищи. Так, по расчетам П.М. Долуханова (1979), численность населения в лесостепной зоне Евразии даже в самые благоприятные годы не превышала 18 человек на 100 квадратных километров. Со временем был исчерпан потенциал развития, связанный с совершенствованием каменных орудий и образом жизни охотника: исчезновение многих видов животных поставило наших предков на грань вымирания от голода и дало толчок к поиску альтернативных технологий получения пищи.

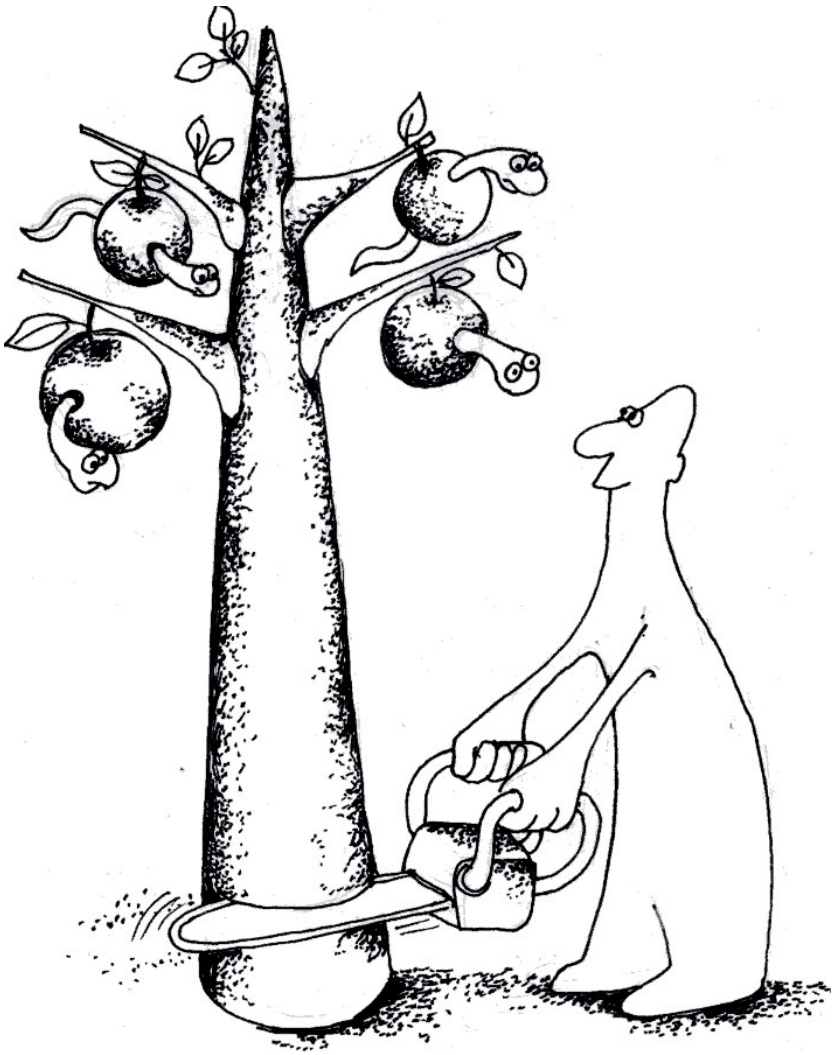
Вставка 11. Дополнительная информация

Вопрос: «Когда и как возник человек», до сих пор не имеет однозначного ответа. В прошлые века существовало ровно два ответа, первый из которых описан в Библии, второй – в теории Чарльза Дарвина. При этом Ч.Дарвин не отрицал первичного божественного начала, но предполагал, что Бог сотворил первые виды живых организмов, которые впоследствии эволюционировали в другие.

Если принять за основу дарвиновскую теорию происхождения человека, то в настоящий момент предполагается, что разделение ветвей человека и обезьян произошло

во временном интервале от от 5 до 7 млн. лет назад. Долгое время ученые считали, что эволюция человека была более-менее линейной: одна форма сменяла другую, и каждая новая была прогрессивнее, ближе к современному человеку, чем предыдущая. Сейчас очевидно, что все было гораздо сложнее: формирование «человеческих» черт шло одновременно у нескольких видов гоминид и временные интервалы существования многих видов сильно перекрываются. Иногда несколько разных видов гоминид, находящихся на разных уровнях близости к человеку, сосуществовали одновременно. Например, еще в сравнительно недавнем прошлом (всего-навсего 50 тысяч лет назад) на Земле существовало как минимум 4 вида гоминид: Homo sapiens, Homo neandertalensis, Homo erectus и Homo floresiensis.

Второй этап - период становления производящего хозяйства, получивший название неолитической революции. На этом этапе, человечество создало землепашество и скотоводство. В очагах оседлого земледелия произошла смена естественных природных экосистем пахотными угодьями, а расширение обрабатываемых земель при применении переложной и подсечно-огневой системы земледелия не только обеспечили сообщества людей пищей, но и привели к новым экологическим проблемам. Подобный тип хозяйствования спровоцировал нарушение гидрологического режима рек, усиление водной и ветровой эрозии, опустынивание территорий и т.д. Эти процессы, ставшие повсеместными и в Средиземноморье, и на Среднем и Ближнем Востоке, и в муссонных областях Северной Америки и Азии и в африканских саваннах стали новым вызовом для человечества в поисках выхода из сложившейся ситуации.



Третий этап - эволюция локальных аграрных сообществ. На этом этапе очагами развития общества становятся великие речные цивилизации. К их числу относят семь великих рек: Нил, Тигр, Евфрат, Инд и Ганг, Хуанхэ и Янцзы. Народы, населявшие речные цивилизации, существенно преобразовали сельское хозяйство и знали много о своих почвах и их плодородии. Именно в этих древних приречных цивилизациях был накоплен значительный опыт использования аллювиальных почв, создана уникальная культура орошаемого земледелия. Например, шумерские племена Двуречья даже несовершенными орудиями труда научились сооружать каналы, дамбы и плотины, могли осушать болотистые почвы и использовать воды Евфрата. Проведение этих работ, несомненно, было трудоемко и требовало большого количества рабочих рук, что способствовало новой ступени развития

общества - объединению общин для совместного хозяйствования. Для борьбы с эрозией почв в разных местностях были выработаны особые приемы (например, террасирование горных склонов). Интенсификация сельского хозяйства и высокие урожаи, в свою очередь, послужили толчком для демографического роста. Но процветание, основанное на трудоемком земледелии, имело один существенный минус – уязвимость цивилизации при столкновении с такими стихийными бедствиями, как засухи, наводнения или с социальными проблемами - войнами.

Четвертый этап - «осевое время». Так часто называют этот период, поскольку именно в это время были заложены основы религий, зародилась философия, появилась установка на «преображение природы» и гармонию с природой.

Пятый этап - взаимодействие локальных цивилизаций (по терминологии В.И. Вернадского – «антропогенная миграция»). С наступлением эпохи Великих географических открытий разобщенность человечества стала резко уменьшаться. Кроме открытия американских континентов, Австралии и Океании, данный этап характеризуется и мощным колониализмом: минеральные и биотические ресурсы стран Востока и Нового Света открыто присваивались европейскими державами.

Шестой этап - эпоха индустриализации. Этап начался в середине XVIII века в Англии и переходит в постиндустриальный этап буквально на наших глазах. Промышленную революцию проходила три основных стадии: революция «пара и угля», «нефти и электричества» и «ядерной энергетики, микроэлектроники и биотехнологий». Именно на этом этапе произошел виток интенсификации эксплуатации природных ресурсов, рост и распространение городов, появились первые техногенные катастрофы. За два столетия рост промышленности и городских агломераций принял ощутимые для планетарных биогеохимических циклов размеры. Только за вторую половину XX в., рост мирового производства товаров и услуг увеличился более чем в 7 раз (с 6 трлн. долларов в 1950 году до 43 трлн. в 2000 году).

Набранные темпы развития экономики привели к стремительному преобразованию биосферы.

2.12. Ноосфера как ступень развития биосферы

Человечество вступило в новый виток развития: биосфера при нашем активном нашем участии трансформируется в ***ноосферу.*** Рост антропогенной деятельности привел к изменению процессов на разных уровнях земной системы. На планетарном уровне - это загрязнение атмосферы и гидросферы, изменения в генофонде человечества, глобализация экономики. На локальных уровнях последние столетия привели к нарушению водного баланса, загрязнению воздуха и вод, потери биоразнообразия, эрозии почв и т.д. Накопление изменений на локальном уровне с течением времени может иметь и глобальные черты.

Процесс преобразования биосферы антропогенной деятельностью получил название **техногенеза.** А часть биосферы, преобразованная хозяйственной деятельностью человека, получила название **техносферы.** Близкими по смыслу понятиями являются термины антропосферы (Родоман, 1979), социосферы (Ефремов, 1961). Основным отличием эпохи техносферы от биосферы является изменение биогеохимических потоков вещества. Техногенные потоки элементов привели к нарушению естественного равновесия в экосистемах, появлению новых типов круговоротов веществ. Кроме этого, вторжение в глубинные слои литосферы, и развитие космической техники изменили привычные границы биосферы. Очевидно, что техносфера в последние десятилетия «поглотила» биосферу, распространившись через ее границы: реактивные самолеты и сверхглубокие скважины увеличили горизонтальные границы, в глобальный круговорот вовлечены новые элементы. Так, XX в. вовлек в процесс рассеивания и дальнейшей концентрации практически все элементы таблицы Менделеева,

многие из которых являются токсичными, т.е. негативно воздействующими на живые организмы.

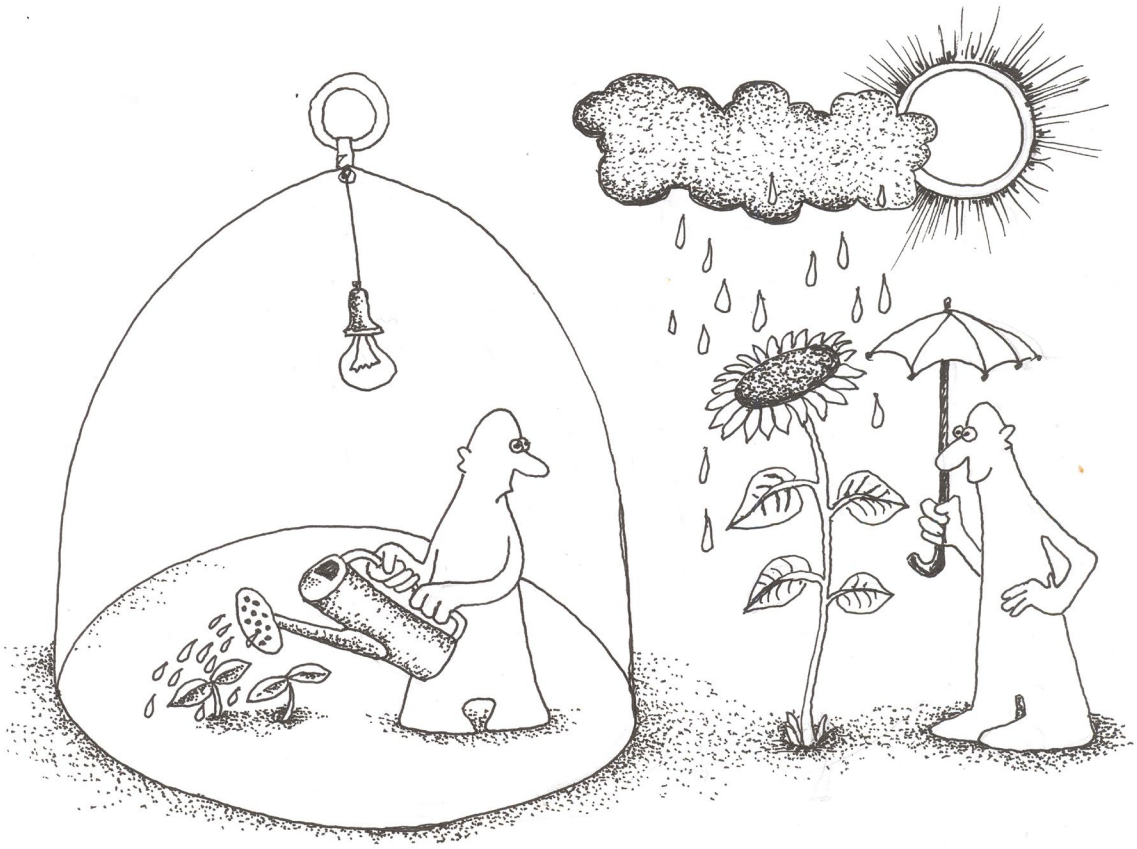
В 1927 году французский математик и философ Эдуард Леруа впервые ввел понятие **«ноосфера»**. Ноосферой Э. Леруа назвал оболочку Земли, включающую человеческое общество с его языком, индустрией, культурой и прочими видами разумной деятельности. Ноосфера, по мнению Э. Леруа, представляет собой «мыслящий пласт», идущий на смену стихийно функционирующей биосфере. Идеи Э. Леруа были развиты палеонтологом и теологом П. Шарденом. Согласно их представлениями, «мыслящая оболочка», зародившись в конце третичного периода, разворачивается с тех пор над миром растений и животных вне биосферы и над ней.

В противоположность приведенной трактовке, В.И. Вернадский представляет ноосферу не как нечто внешнее по отношению к биосфере, а как новый этап в развитии биосферы, заключающийся в разумном регулировании отношений человека и природы. Поскольку человечество неотделимо от биосферы, то главной его целью должно быть сохранение того типа биосферы, в котором возник и существует человек как вид, живой организм.

2.13. Эксперимент «Биосфера - 2»

Проблемы глобального загрязнения биосферы приводят к возникновению идей конструирования искусственных систем, частично заменяющих реальную глобальную экосистему. Так, в июле 2007 года было объявлено о начале нового масштабного экологического проекта Аризонского университета - «Биосфера-2» с целью изучения климатических изменений и судьбы экосистем Земли, ее водных и энергетических ресурсов. Данный проект воссоздания биосферы в искусственных условиях уже был: в начале 90-х годов прошлого века в штате Аризона (США) было построено сложнейшее инженерно-техническое сооружение «Биосфера-2» для проведения уникального эксперимента – моделирования замкнутой

экологической системы. Конструкция из стекла и стали, занимающая площадь 1,27 гектара с объемом воздуха в ней 203 760 кубических метров, была построена в течение 10 лет компанией «Space Biosphere Ventures» и миллиардером Эдвардом Басом. Цифра «2» в названии подчеркивала, что «Биосферой-1» является Земля. Главной задачей эксперимента было выяснение возможностей человека жить и работать в замкнутой экосистеме в случае резкого ухудшения условий жизни на Земле или в космических поселениях. В результате, была создана сеть герметичных независимых секций покрытых стеклянным колпаком, пропускающим около 50% солнечного света. В каждом отсеке создана конкретная экосистема с характерными подобранными почвами и видами растений, мелкими млекопитающими, птицами, рептилиями, насекомыми и почвенными микроорганизмами: тропический лес, саванна, жестколистный средиземноморский ландшафт, пустыня, пресноводное и минерализованное болото, мини-океан с живым коралловым рифом. Таким образом, была создана своеобразная биологически-сбалансированная мини-модель Земли, в которой изолировано от мира могли жить люди.



Предполагалось, что комплекс будет функционировать автономно, поскольку, по мнению конструктов, были учтены все условия для нормального круговорота веществ. Солнечного света, согласно расчетам, должно было хватить для достаточного воспроизводства кислорода растениями в результате фотосинтеза, черви и микроорганизмы должны были обеспечить переработку отходов жизнедеятельности и обеспечить развитие растений, растения, в свою очередь, шли в пищу людям и животным и т.д. Энергия для приготовления пищи, освещения и работы оборудования давали солнечные батареи. В комплексе были созданы океанические течения, морской прибой, тропические дожди, для очистки воды выращивали водные гиацинты, а множество специальных датчиков постоянно фиксировало изменение параметров.

И 26 сентября 1991 года восемь добровольцев (четыре женщины и четыре мужчины) вошли в «Биосферу 2» с целью провести в изоляции два года, поддерживая связь с внешним миром исключительно через компьютер. «Поселенцы» должны были контролировать работу сложной системы и

самостоятельно обеспечивать себя продуктами питания. Сначала эксперимент шел по плану: экосистемы давали 46 видов растительной пищи, были выделены пастбища для скота и небольшие площади для посевов, в искусственных водоемах плавала рыба и креветки.

Однако через нескольких недель появились первые негативные признаки: микроорганизмы и насекомые стали размножаться в неожиданно больших количествах, что вызвало уменьшение всходов сельскохозяйственных культур и непредвиденное падение кислорода (на 0,5% в месяц). У обитателей проекта появились признаки кислородного голодания. Когда кислород упал до критических значений, было принято решение искусственно закачивать кислород извне.

Другой проблемой оказалась перенаселенность «Биосферы-2»: участникам проекта не хватало пищи и пришлось уплотнить площади зерновых, высадить бананы и папайю, ввести распределение еды. Кроме этого, под стеклянной крышей по утрам конденсировалась влага, и лился искусственный дождь, отсутствие в модели ветра привело к обламыванию крон многих деревьев под собственной тяжестью, в комплексе расплодилось огромное количество микробов и насекомых, особенно тараканов и муравьёв.

Несмотря на все трудности, эксперимент на «Биосфере 2» можно назвать достаточно удачным, поскольку он не был «сорван». В результате так и не было найдено решения проблемы питания и сохранения неизменного состава воздуха: количество кислорода в комплексе за два года снизилось до 14%, а участники эксперимента сильно потеряли в весе. На одной из внутренних стен «планеты» до сих пор сохранились строки одной из участниц проекта: «Только здесь мы почувствовали, насколько зависим от окружающей природы. Если не будет деревьев — нам нечем будет дышать, если вода загрязнится — нам нечего будет пить».

Таким образом, выводы очевидны: на данный момент мы достаточно мало знаем о биосфере Земли и не можем создать ее полную модель для прогнозирования изменений. Из-за большого количества факторов

природной среды и недостаточных технических возможностей, построение точных математических моделей и прогнозирование конкретных трендов поведения биосферы невозможно. Вопросы перенаселенности, нехватки пищи, сохранения биоразнообразия, загрязнения воздуха должны быть основными темами для современных научных исследований.

Контрольные вопросы:

17. Что такое «биосфера»?
18. Какова структура биосферы?
19. Каковы границы биосферы?
20. Что ограничивает распространение жизни за пределами биосферы?
21. Какие типы вещества биосферы выделил В.И. Вернадский?
22. Каков видовой состав живого вещества?
23. Каковы особенности распределения живого вещества в биосфере?
24. Что такое «прокариоты» и «эукариоты»?
25. Каковы основные свойства живого вещества?
26. В чем сущность функций живого вещества биосферы?
27. В чем суть круговорота вещества? Какие круговороты веществ выделяют?
28. Каковы основные черты биогеохимических круговоротов основных биогенных веществ?
29. Когда появилась жизнь на Земле, и при каких условиях это могло произойти?
30. Как менялась биосфера в истории Земли?
31. Каковы основные функции биосферы?
32. В чем суть термина «ноосфера»?

Полезные сайты:

Российская программа «Геном человека»- http://www.vigg.ru/humangenome/

Дип Импакт - http://solarsystem.nasa.gov/deepimpact/index.cfm

Биосфера – 2 - http://www.b2science.org/

Проблемы эволюции биосферы - http://macroevolution.narod.ru/

Электронный архив В.И. Вернадского - http://vernadsky.lib.ru/

Леса мира как резервуар кислорода - http://www.wwf.ru/about/what_we_do/climate/forest_role

Еськов К.Ю. История Земли и жизни на ней - http://warrax.net/51/eskov/cover_eskov.html

Заварзин Г.А. Эволюция микробных сообществ - http://www.bionet.nsc.ru/live/altay/altay.php?f=doclad&p=zavarzin

Микроорганизмы - http://microorganizmy.naukadv.ru/

Государственный Дарвиновский музей - http://www.darwin.museum.ru/

Глава 3. Экосистемный уровень организации биосферы

Все - система.
Все - часть еще большей системы.
Вселенная бесконечно систематизирована
как снизу вверх (все более крупные системы),
так и сверху вниз (меньшие системы).
Все системы бесконечно сложны
(иллюзия простоты возникает
из-за сосредоточения внимания
на одной или нескольких переменных.)
Закон Мерфи.

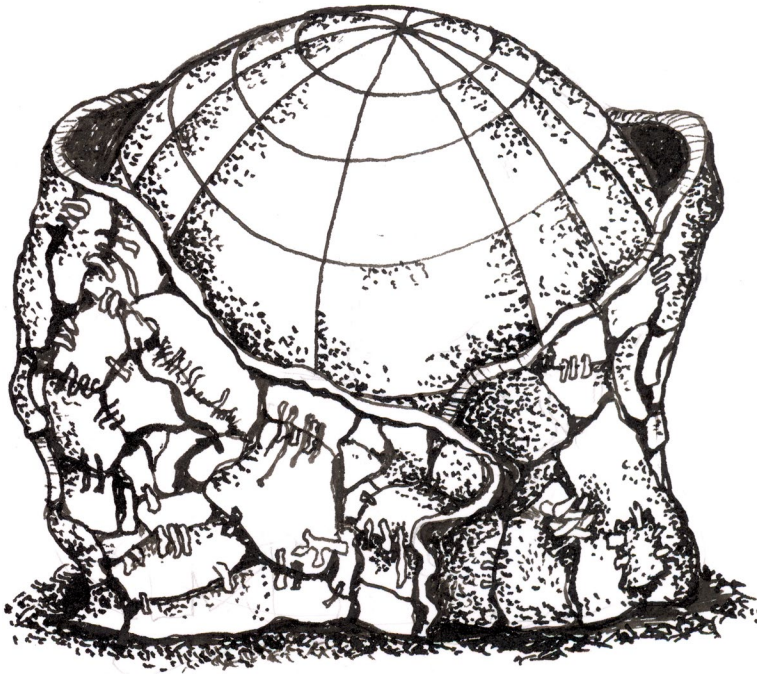
Из-за сложности, внутренней самоорганизации и упорядоченности некоторые исследователи считают биосферу живым организмом. Алексей Давидович Арманд в своем исследовании «Эксперимент «Гея», приводит обрывок разговора, услышанного в коридоре института:

- Земля — живая.
- Ну, в каком-то смысле?
- В прямом смысле. Это организм.
- Чушь собачья.
-Какой-то не очень научный разговор у нас получается (http://www.theosophy.ru/lib/gaia.htm).

И действительно, сумма накопленных знаний и привычные представление о биосфере далеки до разгадки всего многообразия удивительным образом организованных связей внутри этой тонкой оболочки. Мир много сложнее, чем мы думаем и с иллюзиями простоты необходимо расстаться.

Если посмотреть на планету с высоты птичьего полета, то она будет похожа на разноцветное лоскутное одеяло, выполненное в стиле «patchwork»: прямоугольные желтые пашни, зеленые лесные массивы, мерцающие

неоновым светом города, голубые водохранилища, белоснежные ледовые панцири, ломанные очертания серых горных массивов…. Но данное чередование не хаотично: с одной стороны, каждый «лоскут» многослоен и имеет свою, присущую ему внутреннюю («простеганную») структуру связей, с другой, все лоскуты объединены между собой и «прошиты» многочисленными нитями связей внутри всей оболочки-одеяла - биосферы.



И в каждой ячейке этого «одеяла» постоянно происходят два противоположных процесса, соединяющих живую и неживую природу: образование органических веществ из неживой природы и разложение организмов после гибели с возвращением минеральных веществ в окружающую среду. Эти процессы связывают живые организмы и их среду обитания в одну целостную систему, которую называют **экологической системой (экосистемой).**

3.1. Понятие «экосистема»

Впервые термин «экосистема» появился в трудах английского геоботаника **Артура Тенсли** в 1935 году, который считал экосистемы основными природными единицами поверхности планеты с постоянно поддерживающимся круговоротом веществ между организмами и окружающей их средой. Таким образом, **экосистема - целостная природная система, образованная живыми организмами и средой их**

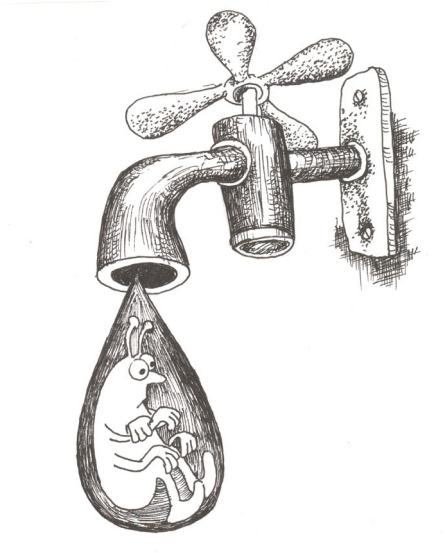
обитания, в котором живые и косные компоненты связаны между собой обменом вещества и энергии.

Экосистема безразмерна и может характеризовать территорию любой протяженности – от гниющего пня до экосистем океанов, равнин и гор. Понятие экосистема применяется как к природным, так и к антропогенным (измененным человеком) объектам различной сложности, т.е. экосистемы могут быть **природными и антропогенными**. И если еще столетие назад антропогенные системы имели локальный характер распространения, то к началу XXI в., на многих освоенных территориях, наоборот, природные ненарушенные экосистемы имеют незначительные площади. Так, около 90% территории степной зоны Русской равнины в настоящий момент распахано, и типчаково-ковыльные степи, некогда распространенные на черноземах, заменены агроценозами на трансформированных, как правило, эродированных черноземах. Кроме того, территории открытой разработки рудных аномалий или огромные мегаполисы часто полностью утрачивают исходные факторы природной среды, превращаясь в новые искусственно-созданные **техногенные экосистемы.**

По размерам экосистемы можно подразделить на **микроэкосистемы** (например, покрытый лишайниками камень), **мезоэкосистемы** (пойменный луг или верховое болото, сосновый бор или пустынный бархан),

макроэкосистемы (моря и океаны, природные зоны на континентах и

горные массивы) и глобальную **мегаэкосистему** высшего ранга - биосферу. В последнее время в научной литературе как синоним биосферы стал применяться термин **«экосфера»**, т.е. планетарная совокупность экосистем - глобальная экосистема. Таким образом, более крупные экосистемы включают в себя экосистемы меньшего ранга. Но если самую большую экосистему можно представить в виде биосферы, то где находится нижний предел экосистем, - вопрос дискуссионный. Принято считать, что и капля воды с живущими в ней микроорганизмами является экосистемой.



3.2. Свойства и функции экосистемы

Экосистема – это иерархическая структура, которая может быть рассмотрена как совокупность подсистем низшего порядка и как элемент системы высшего порядка. Все экосистемы, включая биосферу, являются открытыми динамическими системами.

Каждая экосистема обладает рядом свойств, определяющих ее существование.

Свойство необходимого разнообразия элементов. Экосистема представляет собой сложный механизм взаимодействия живых организмов и неорганических компонентов, будь то полный жизни коралловый риф с уникальным многообразием его обитателей или горная скала, покрытая лишайником с несколькими видами насекомых. Любая экосистема не может быть сформирована из абсолютно одинаковых элементов: нижним пределом разнообразия являются два элемента, верхним – бесконечное множество.

Согласно данному свойству, **система остается стабильной до того момента, пока обладает необходимым разнообразием составляющих её элементов.** Если разнообразие резко снижается, то система выходит из равновесия и переходит на качественно более низкий уровень. И любое

воздействие на эту весьма сложную и тонко организованную материю, может привести к уменьшению разнообразия элементов и изменению всей структуры экосистемы.

Свойство устойчивости. Для существования, самосохранения и самоподдержания любой динамической системы необходимо **преобладание внутренних взаимодействий над внешними.** Если экосистему вывести из состояния динамического равновесия, то она будет стремиться сохранить свою стабильность – «status quo», снижая эффект возмущения за счет внутренней упорядоченности и энергии. Это своеобразный «принцип велосипеда», когда внутренняя устойчивость поддерживается непрерывно происходящим цикличным круговоротом. Если внешнее воздействие на экосистему, превосходит энергетику ее внутренних взаимодействий, то экосистема либо переходит в новое состояние динамического равновесия более низкого уровня, либо разрушается. Для каждой экосистемы существуют свои пределы устойчивости. Так, в таежной зоне или в лесостепи колея от проехавшего бульдозера через несколько лет зарастает, а в зоне тундр или полупустынь она отчетливо прослеживается на аэрофотоснимках и через 50 лет.

Примерами деградации экосистем являются пески, возникшие в результате перевыпаса скота, подверженные ветровой эрозии пашни, засоленные орошаемые поля. Многие исследователи предполагают, что и на месте пустыни Сахара в Северной Африке некогда существовали саванны.

Примеров возращения в исходное состояние при небольшом возмущении также достаточно. Например, в течение многих десятилетий местное население территории африканской саванны на юге оз. Эдвард (Конго) выжигало травостой для предотвращения их зарастания деревьями. И в этих низкотравных сообществах водилось множество антилоп и хищников. После того, как эта часть территории была включена в национальный парк Киву, выжигание травостоя было запрещено и они быстро заросли густыми кустарниками. Мгновенно, изменился и состав

млекопитающих: за девять лет численность антилоп упала более чем в 10 раз, и, соответственно, резко сократилась численность львов и гиен. После этого, стада слонов вторглись в национальный парк и уничтожили все деревья. В результате снова стали доминировать травянистые сообщества, и численность антилоп достигла прежнего уровня, т.е. экосистема вернулась в исходное состояние.

Свойство саморегуляции и самоорганизации. Саморегуляция – это способность экосистем к восстановлению внутренней структуры системы после внешнего воздействия, изменившего свойства системы. Под **самоорганизацией** экосистемы понимается строгая последовательность биологических и физико-химических явлений, обусловленная внутренними и внешними ограничениями.

Существование любой экосистемы невозможно без связей, которые подразделяются на **прямые и обратные.** Прямой называется связь, при которой один элемент системы действует на другой без ответной реакции. При обратной связи возникает ответное действие элемента. Обратные связи, в свою очередь, делятся на **положительные и отрицательные**. Примером **положительной (стимулирующей)** обратной связи является деградация почвенного покрова в результате хозяйственной деятельности. Так, при распашке территории и изъятии урожая, в почву не поступает необходимое количество питательных элементов, что, в свою очередь, приводит к снижению продуктивности растительных сообществ и уменьшению плодородия земель.

Примером **отрицательной (стабилизирующей)** связи является взаимоотношение в экосистеме между хищником и жертвой: рост популяции жертв (например, зайцев), приводит к росту популяции хищников (например, волков). На следующем этапе чрезмерное количество хищников сокращает поголовье жертв, после чего и численность хищников сокращается. В естественных условиях данная система достаточно быстро приходит в равновесное состояние, т.е. стабилизируется. **Таким образом, свойство**

саморегулирования экосистемы основано на отрицательной обратной связи.

Антропогенная деятельность приводит к нарушению в экосистемах прямых и обратных связей. Так, небольшое загрязнение водоема приводит к увеличению численности микроорганизмов, что ускоряет процессы самоочищения (отрицательная обратная связь). Но неумеренное загрязнение приводит к резкому увеличению численности микроорганизмов, что впоследствии приводит к уменьшению количества кислорода, а значит, к угнетению и гибели этих организмов, разрушению связей и изменению экосистемы.

Свойство эмерджентности. Суть этого положения заключается в том, что **свойства системы как целого не являются простой суммой свойств, слагаемых ее элементов.** Новое качество система приобретает, когда происходит объединение этих компонентов в единую, целостную систему. Причем эти новые свойства не присущи составляющим элементам системы, рассматриваемым отдельно. Так, водород и кислород являются газообразными веществами, а вода, состоящая из этих элементов – жидкость. И по «разобранной на детали» машине невозможно судить о ее свойствах в собранном состоянии.

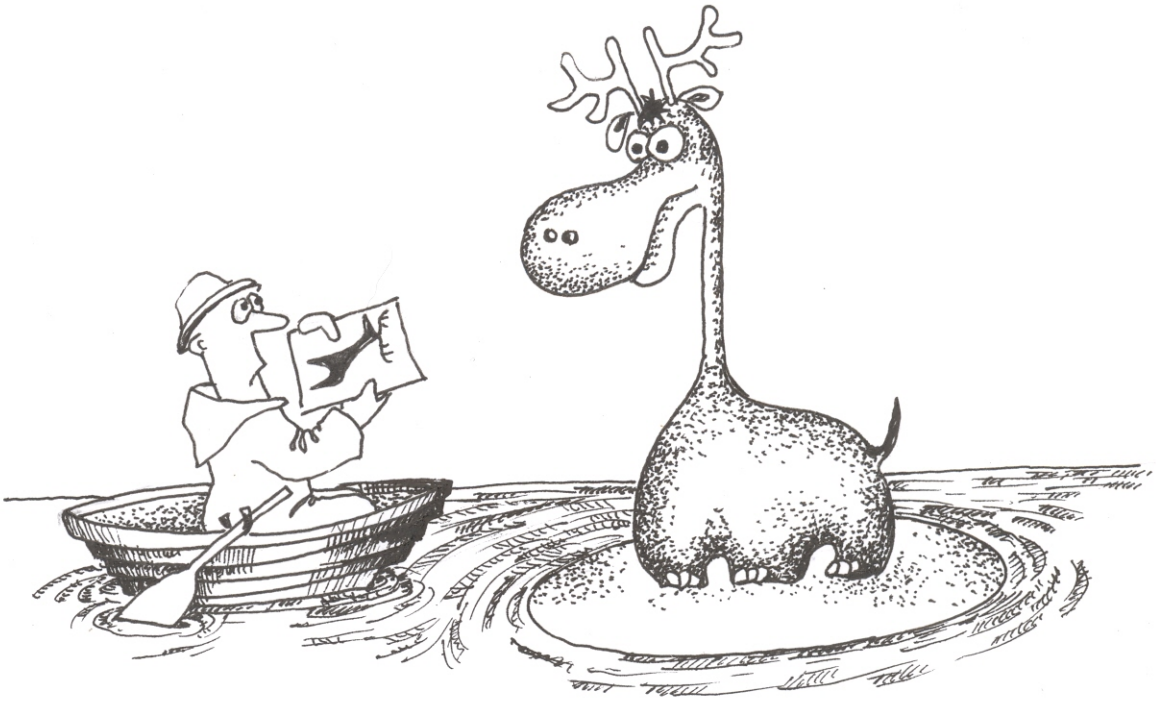
В экосистеме все компоненты имеют свои особенности строения и свои внутренние механизмы, но при «сложении» компонентов живой и неживой природы появляется новый тип связей, существенно отличающихся от тех, которые были характерны на уровне подсистем. И так, на каждом иерархическом уровне: по мере объединения мелких экосистем в более крупные функционирующие экосистемы, на каждой новой ступени лестницы возникают свойства, отсутствующие на предыдущих. Соответственно, биосфера не является суммой слагаемых ее экосистем, а проявляет новые качества и свойства в виде организованной оболочки.

Свойство неравномерности. Неравномерность обусловлена накоплением качественных изменений в системе. Постепенное **накопление**

незначительных изменений может быть прервано скачком качественных изменений, меняющих свойство системы («количество переходит в качество»). Это так называемые **точки бифуркации** (раздвоения, расщепления). В точках бифуркации данные изменения могут привести к изменению направления развития системы, т.е. к качественно новому этапу пути. Данный тренд изменений может быть «растянут» во времени и являться результатом природной эволюции системы, а может быть и крайне быстрым в случае вмешательства в систему человека.

Примером качественных изменений, приведших к резкому изменению функционирования экосистем, является Новая Зеландия, богатейшая флора и фауна которой подверглась необратимым изменениям. Отдаленность от других континентов предопределила неповторимость природного мира этого уникального уголка планеты, отличающегося большим количеством энедемичных видов биоты. Еще 1000 лет назад, до появления первых поселений человека, на островах Новой Зеландии практически отсутствовали млекопитающие. Вместе с приходом полинизийцев, на островах появились крысы и собаки. Но данные изменения не принесли заметного ущерба. Реальная угроза возникла вместе с появлением европейцев: капитан Кук завез овец, коз, свиней, домашнюю птицу, картофель, капусту и другие культурные виды растений и животных. А в IXX в. у европейцев, переселявшихся на остров, возникло желание завезти на остров элементы европейской природы. В результате, на острове появилось от 400 до 600 новых видов растений, 130 новых видов птиц и 48 видов млекопитающих. Не все они прижились, но многие «захватили» и преобразовали налаженные системы природных связей. При отсутствии естественных врагов в природе, популяции многих животных поставили на грань вымирания естественную фауну островов. Растения, на родине имеющие небольшие размеры, в благоприятном климате Новой Зеландии разрастались до гигантских форм, птицы способствовали быстрому расселению этих новых видов, популяции оленей и ланей вместе с одичавшими козами и свиньями превратили

лесистые острова в пастбище. В результате, большая часть дремучих лесов погибла, началась эрозия и обмеление рек.



Свойство обмена вещества и энергии в системе. С энергетической точки зрения любая экосистема может существовать практически бесконечно: поскольку живущие в ней зеленые растения постоянно поставляют необходимую для круговорота веществ энергию в результате фотосинтеза. Экосистема, если она не включает растительное звено, существует только до тех пор, пока организмы, ее составляющие, не израсходуют всю энергию, содержащуюся в мертвом органическом субстрате.

3.3. Компоненты экосистемы

В природе не существует вариантов, когда организм в течение длительного времени живет и развивается на конкретном участке территории «в одиночестве». Совокупность популяций организмов разных видов (животных, растений, грибов, микроорганизмов) называется **сообществом.** И именно сообщества живых организмов вместе с абиотическими условиями среды, образуют экосистемы.

Элементарным естественным сообществом живых организмов является **биоценоз.** Термин «биоценоз» был введен в науку немецким гидробиологом Карлом Мёбиусом в конце семидесятых годов IXX в. Он был одним из первых исследователей, кто попытался комплексно исследовать обитание устриц на банках Северного моря. Для того чтобы определить количественные характеристики комфортных для устриц условий среды, он измерял соленость и температуру морской воды, особенности донных отложений. В результате, получился перечень благоприятных условий обитания для этих живых организмов. Но внимание ученого привлек факт, что вместе с устрицами в этих же условиях, обитают и другие живые организмы – моллюски, рыбы, ракообразные и т.д. «Таким образом, каждая устричная банка является сообществом живых существ, собранием видов и скоплением особей, которые находят здесь все необходимое для их роста и существования, то есть соответствующий грунт, достаточное количество пищи, надлежащую соленость и благоприятную для их жизни температуру...». И для такого сообщества живых организмов, где постоянно действует отбор под влиянием внешних условий жизни на определенной территории, К.Мёбиус тут же выдумал новый термин – **«biocenosis»,** что в переводе с греческого обозначает совокупность жизни, живое сообщество. Таким образом, **биоценоз – это сочетание живых организмов (растений, животных, микроорганизмов), взаимодействующих друг с другом в пределах одинаковых условий среды и образующих тем самым особую живую систему со своим собственным составом, структурой, взаимоотношениями со средой.**

Выделять биоценоз в самостоятельный объект исследования можно достаточно условно, так как сообщество растений и животных без окружающей среды, т.е. неживой природы, существовать не может. Каждый биоценоз развивается в пределах однородного пространства, характеризующегося определенным набором количественных характеристик

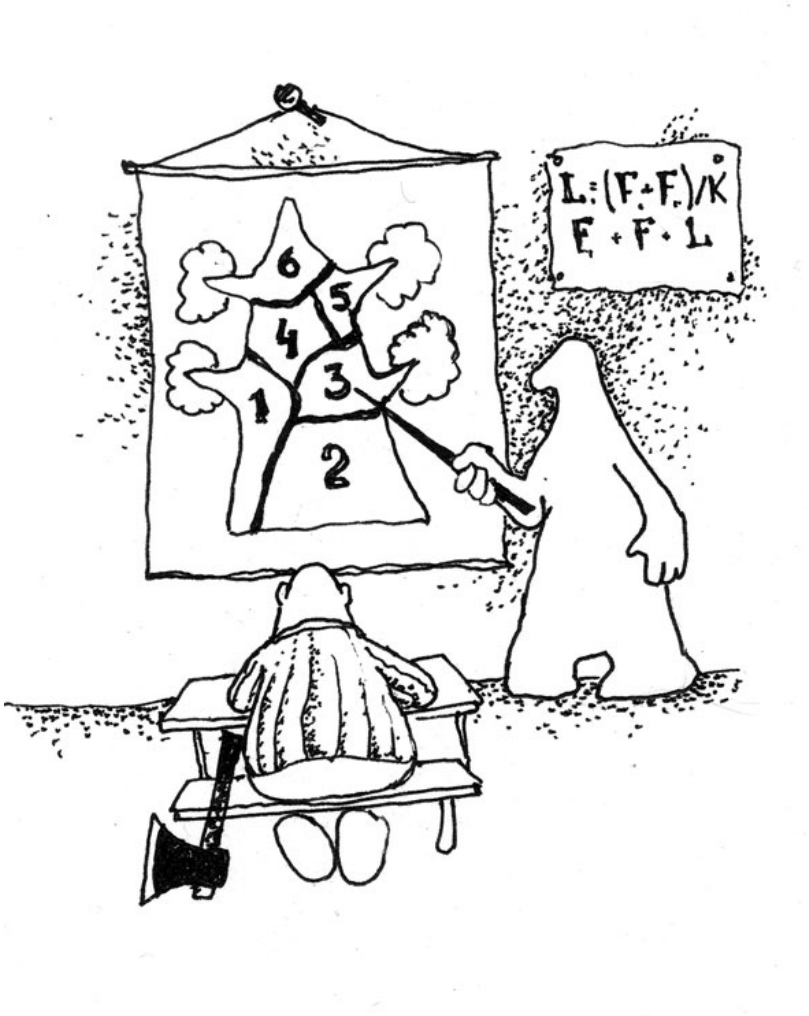
абиотической (неживой) природы, главными элементами которой являются климат, поверхностные и грунтовые воды, почвы.

Элементарными ячейками биосферы, каждая из которых имеет конкретные границы своего распространения, являются **биогеоценозы.** Согласно определению В.Н. Сукачева: «Биогеоценоз - это совокупность на известном протяжении земной поверхности однородных природных явлений (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира, микроорганизмов, почвы и гидрологических условий). Эта совокупность имеет свою особую специфику взаимодействий слагающих её компонентов, свою особую структуру и определенный тип обмена веществом и энергией их между собой и с другими явлениями природы. Это приводит к тому, что каждый тип биогеоценоза имеет свой баланс световой и тепловой энергии и неорганического и органического вещества. В то же время биогеоценоз представляет собой внутренне противоречивое диалектическое единство, находящееся в постоянном движении, развитии, изменении». Таким образом, биогеоценоз – трехмерное пространство, имеющее четкие границы своего распространения. Например, степной биогеоценоз состоит из степных растений, животных, микроорганизмов, почвы, поверхностных и грунтовых вод, приземного слоя атмосферы и т.д.

Понятия биогеоценоза и экосистемы близки, но не полностью совпадают. Главным отличием является размерность: экосистема не имеет изначально предопределенных границ, а размерность биогеоценоза четко определена комплексом организмов с конкретной средой обитания. Экосистема может включать в себя несколько биогеоценозов, но может быть и более дробной частью биогеоценоза. Иначе говоря, каждый биогеоценоз является экосистемой, но не каждая экосистема может быть отнесена к рангу биогеоценоза.

Таким образом, экосистема (биогеоценоз) состоит из двух составляющих: сообщества живых организмов (биоценоза) и совокупности абиотических факторов окружающей среды (экотопа).

В состав биоценоза входят **фитоценоз** (растительное сообщество), **зооценоз** (сообщество животных), **микоценоз** (сообщество грибов), **микробоценоз** (сообщества микроорганизмов). Все живые организмы биогеоценоза теснейшим образом связаны между собой, являясь, друг для друга либо источником пищи, либо средой обитания, либо факторами смертности. Границы биоценоза легко определить по фитоценозу: смена растительного сообщества легко определяется в пространстве. Например, степные экосистемы (биогеоценозы) могут быть ковыльно-типчаково-разнотравными, типчаково-ковыльными и т.д. И именно фитоценоз является основополагающим компонентом биоценоза: являясь основной ресурсной базой, он определяет свойства функционирования и видовой состав зооценоза, микоценоза и микробоценоза.



Под **экотопом** понимают среду обитания данного биоценоза, который состоит из **климатотопа** (климатических компонентов), **гидротопа**

(гидрологических компонентов) и **эдафотопа** (почвенных компонентов). Для живых организмов экотоп является не только территорией обитания, но и «сырьевой базой» существования.

Подсистемы «экотоп – биоценоз» находятся в динамическом равновесии, и основное функционирование экосистем происходит за счет тесных внутренних связей внутри, при внешнем и внутреннем обмене веществом и энергией, где все подсистемы «подогнаны» друг под друга, находясь в бесконечной взаимосвязи и взаимозависимости.

3.4. Биотические компоненты экосистемы

Согласно современным представлениям, выделяют следующие уровни биотических компонентов, взаимодействующих с окружающей средой (молекулы, гены, клетки, ткани, органы, организмы, популяции, виды, сообщества). На каждом уровне в результате взаимодействия возникают соответствующие функциональные системы (молекулярные, генетические, клеточные, тканевые, организменные, популяционные, видовые и экосистемные).

Однако, подобное деление достаточно условно, так как гены не существуют в природе вне клеток, а орган вне организма, а организмы вне популяций и т.д. А все эти иерархические ступеньки не могут существовать без круговорота веществ и поступления энергии извне, т.е. без окружающей среды. Предметом экологии, как отмечалось в 1 главе, являются все системы, расположенные над уровнем организма: популяции, виды, сообщества и биосфера в целом.

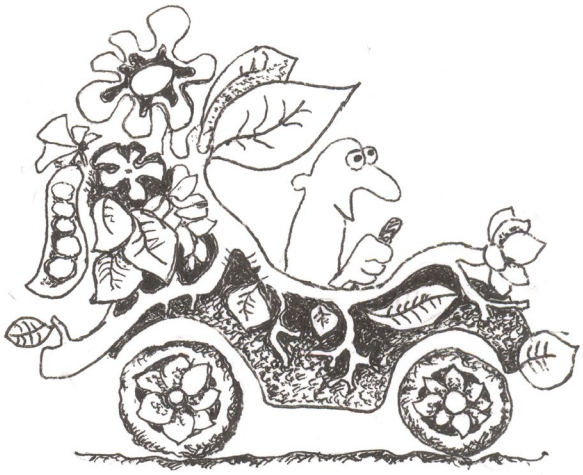
Вставка 1. Дополнительная литература

В экологической литературе часто цитируется фраза, сказанная Чарльзом Дарвином, что благодаря старым девам в Англии не перевелись еще отбивные котлеты. В этой шутке показана вереница фактов, подтверждающих всю взаимосвязь функционирования биологической системы: старые девы очень любят кошек, которые являются врагами мышей, разоряющих гнезда шмелей, которые опыляют красный клевер, которым питаются овцы, из которых готовят отбивные котлеты. Значит, там, где много старых дев

– много кошек, мало мышей, много шмелей, хорошие урожаи клевера, сытые овцы и много мяса для котлет. И, несмотря на «притянутость» событий притчи, она показывает неизменную взаимосвязь явлений, происходящих в природе.

Между организмами существуют связи, основанные на трофических (пищевых) и пространственных взаимоотношениях. Одни организмы продуцируют биомассу и, соответственно, энергию, захватывают из внешней среды химические соединения и элементы. Другие, через цепочки питания, потребляют продуцированную биомассу, химические соединения и энергию для своей жизнедеятельности. Третьи охотятся за вторыми, чтобы съесть и, таким образом, обеспечить себя энергией. Четвертые разлагают мертвое органическое вещество и возвращают элементы во внешнюю среду. И все живые организмы, обитающие в биосфере, зависят от поступления вещества и энергии извне: химические соединения необходимы для построения тела, энергия – для осуществления процессов жизнедеятельности. **Процесс потребления вещества и энергии в процессе жизнедеятельности называется питанием.**

В зависимости от типа питания, организмы делятся на автотрофов и гетеротрофов.

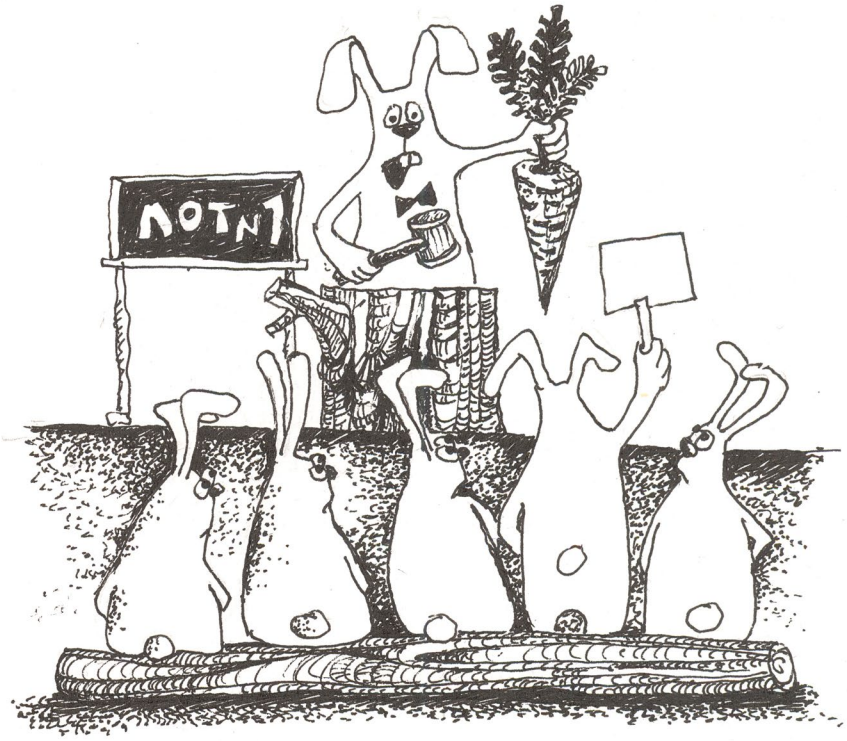


Автотрофные организмы (продуценты) способны создавать органические вещества из неорганических – углекислого газа, воды и минеральных солей. Это все растения и хемосинтезирующие бактерии. Организмы, способные использовать световую энергию, называют **фотосинтезирующими** (греч. photos) или **фототрофами** (греч. trophe – питание). К ним относятся растения и некоторые бактерии (цианобактерии). Растения улавливают энергию излучения за счет содержащегося в них пигмента хлорофилла, в результате чего из простых веществ – углекислого газа и воды синтезируется основа любого органического вещества - глюкоза $C_6H_{12}O_6$ и выделяется кислород и вода. Это и есть процесс фотосинтеза, суммарное уравнение которого записывается следующим образом:

$$6CO_2 + 12H_2O + 2821{,}9\ кДж \xrightarrow{хлорофилл} C_6H_{12}O_6 + 6H_2O + 6O_2.$$

Глюкоза, в свою очередь, является основным строительным материалом живого вещества. Ее углеводородный комплекс входит во все молекулярные постройки живого вещества: углеводы, липиды, белки и нуклеиновые кислоты. В их создании могут принимать участие и некоторые другие элементы - O, N, S, P, но основой являются C-C и C-H связи, образующие сложные органические молекулы и бесконечное разнообразие продуктов биологического синтеза. Таким образом, благодаря фотосинтезу растения обеспечивают себя и все живое на планете необходимым количеством органических соединений и кислородом. Зеленые растения, благодаря

процессам фотосинтеза, являются своеобразной кухней, на которой всем остальным организмам готовится еда.



Живые организмы, не зависящие от энергии солнечного света и черпающие энергию за счет химических связей, называются **хемосинтезирующими или хемотрофами.** Хемотрофные организмы осуществляют процесс синтеза органических соединений из неорганических за счет химической энергии окисления серы, водорода, сероводорода, железа, аммиака и др.

Впервые микроорганизмы Nitrosomanos и Nitrobacter, способные окислять аммиак и не нуждающиеся в органических соединениях как источнике энергии, были открыты С.Н. Виноградским в 1890 году:

$2NH_3 + 3O_2 = 2HNO_2 + 2H_2O + 660{,}7$ КДж.

$2HNO_2 + O_2 = 2HNO_3 + 180$ КДж.

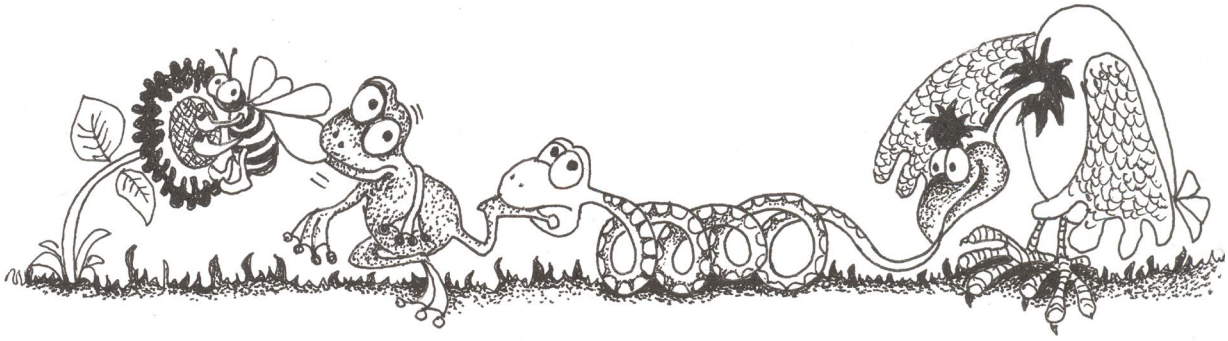
Таким образом, микроорганизмы обогащают почву нитритами и нитратами, в форме которых растения и усваивают один из самых необходимых элементов для развития – азот. Выделяющаяся при окислении энергия используется микроорганизмами для синтеза органических веществ из воды и углекислого газа, минеральных соединений. К хемосинтезирующим организмам относятся железобактерии, окисляющие двухвалентное железо до трехвалентного, серобактерии, окисляющие сероводород до молекулярной серы или до солей серной кислоты. В создании органического вещества в биосфере роль хемосинтеза невелика. Так, в океане ими синтезируется не более 2% первичной органической продукции.

Гетеротрофные организмы (**консументы**) не способны ассимилировать солнечную энергию и вынуждены использовать ее опосредованно, через готовые органические вещества, созданные фотосинтезирующими организмами. К гетеротрофам относятся все животные и грибы. Гетеротрофы в свою очередь подразделяются на **фаготрофы** и **сапротрофы.** Фаготрофы питаются непосредственно растительными или животными организмами (**зоофаги** питаются животными, **фитофаги** – растениями). Сапротрофы используют в качестве питания мертвую органику или экскременты животных. К ним относятся сапротрофные животные (сапрофаги), сапротрофные растения (сапрофиты), сапротрофные грибы и бактерии.

Некоторые живые организмы способны к смешанному питанию: могут как синтезировать органические вещества из неорганических, так и питаться готовыми органическими соединениями. К этим организмам, называемым **миксотрофами**, относятся насекомоядные растения и некоторые виды водорослей.

Таким образом, в любой экосистеме создается цепь последовательной передачи органического вещества и накопленной в нем энергии от одних организмов к другим, которая называется **трофической цепью.** Примером

трофической цепи может быть следующий ряд: растения - насекомые - лягушки - змеи - хищные птицы. Часто трофические цепи пересекаются, имеют общие звенья, и образуют более сложную систему, называемую **трофической сетью.**



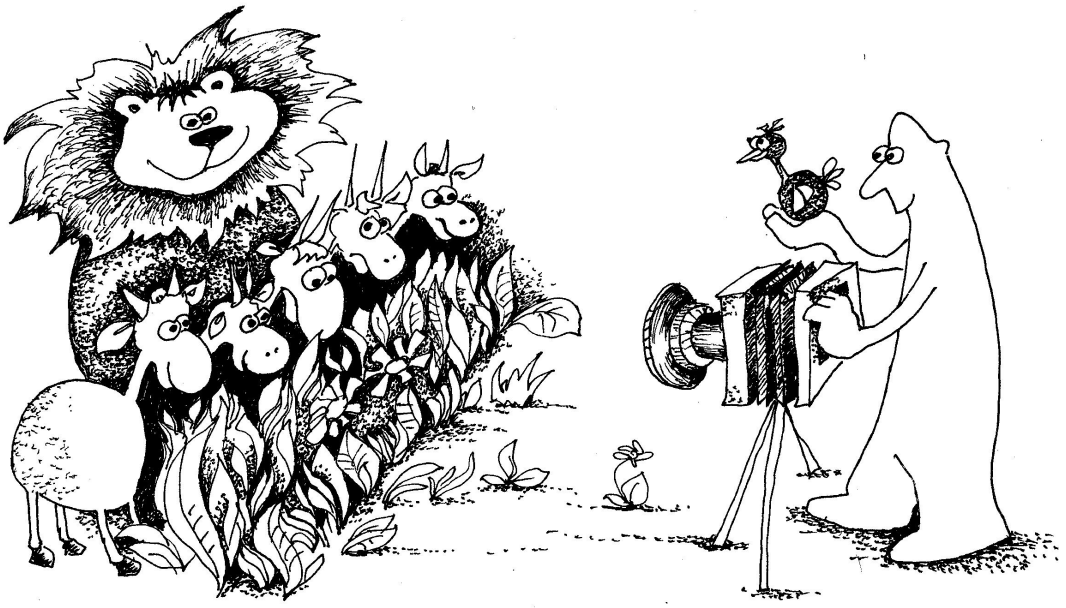
Каждое звено трофической сети или цепи называется трофическим уровнем. Первый уровень представлен продуцентами**,** создающими органическое вещество из неорганических составляющих. Это – зеленые растения и некоторые бактерии. Второй трофический уровень – это растительноядные организмы, названные **первичными консументами.** Третий трофический уровень – это хищники и паразиты растительноядных организмов – **вторичные консументы** и т.д. Организмы, разлагающие органические вещества до минерального состояния и CO_2, называются **редуцентами**. Возвращая в экосистему биогенные элементы из отмершей органики, они, таким образом, завершают биохимический круговорот вещества. К редуцентам относятся грибы и большая часть микроорганизмов. Возникающие продукты разложения, благодаря их деятельности, вновь возвращаются к продуцентам, образуя трофический цикл в условиях подпитывающей энергии солнца.

Трофические цепи можно разделить на два типа: **пастбищные и детритные цепи.** Основу пастбищной цепи составляют автотрофные организмы, затем растительноядные животные, потом хищники 1-го порядка, хищники 2-го порядка и т.д. Например: фитопланктон - зоопланктон - рыбы, питающиеся зоопланктоном - хищные рыбы и т.д. Детритная цепь является цепью разложения и наиболее распространена в лесах, где большая часть

органического вещества не потребляется растительноядными животными, а отмирает, разлагаясь сапрофитными организмами. Детритная цепь начинается с мёртвой органики, которая разрушается с помощью детритофагов, которые поедаются хищниками, и заканчивается деятельностью редуцентов. Например, опавшие листья - дождевой червь - горностай, или опавшие листья - грибы - гнилостные бактерии.

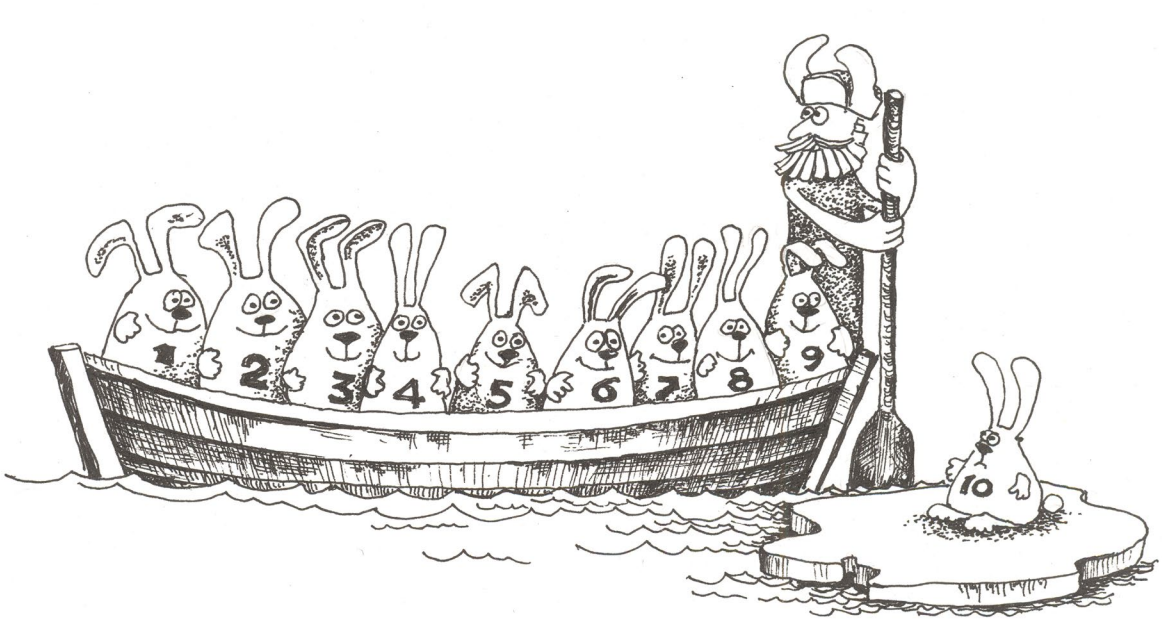
Все живые организмы в процессе жизнедеятельности постоянно пополняют и расходуют энергию. Переход вещества и энергии с одного трофического уровня на другой неизменно связан с потерями. Можно проследить цепочку передачи энергии от одного уровня к другому. Так, большая часть солнечной энергии (99%), достигшей Земли, отражается обратно в космос, расходуется на испарение и нагрев поверхности суши, на перемещение воздушных и океанических течений и т.д. И только один процент энергии связывается в процессе фотосинтеза, но и этого процента достаточно для того, чтобы зеленые растения ежегодно могли синтезировать около 170 млрд. тонн органического вещества. Большая часть этой энергии расходуется продуцентами на свою жизнедеятельность. У консументов 1-го порядка, потребляющих растительную пищу, часть энергии идет на обеспечение собственной жизнедеятельности (химические реакции, рост, движение и т.д.), часть - рассеивается в окружающей среде в виде тепла, часть съеденной пищи они не могут переварить и выделяют в среду в виде экскрементов. Хищникам следующего, третьего порядка, достается часть энергии, которую получили их жертвы от продуцентов.

Опытным путем установлено, что доля получаемой энергии на каждом трофическом уровне составляет около 10%. Например, организмы пятого трофического уровня получают лишь одну десятитысячную долю энергии, усвоенной растениями. Поэтому, число звеньев в трофической цепи, обычно не превышает 4-5 и, соответственно, чем длиннее цепь, тем меньше продукция ее последнего звена по сравнению с первым.

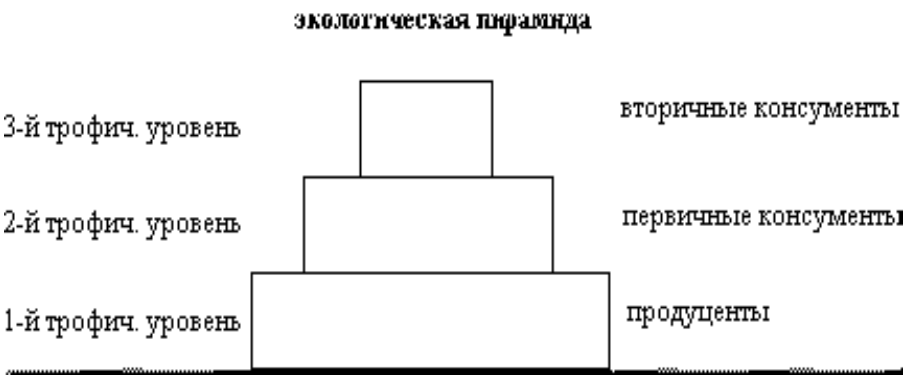


Сколько надо съесть.

Такое соотношение запасов энергии на трофических уровнях получило название **правила 10%: в цепях питания при переходе с одного уровня на другой доступная энергия уменьшается примерно на порядок (в 10 раз), а остальная часть тратится на поддержание температурного баланса организма и на обеспечение протекания биохимических реакций в самом организме и, в конечном итоге, безвозвратно рассеивается в виде тепла.** Так, биомасса растительности, служащей основой цепи питания, примерно в 10 раз больше, чем масса растительноядных животных, а масса консументов, поедающих растительноядных животных, уменьшается еще в 10 раз. И это характерно для каждого последующего пищевого уровня.



Эта закономерность была сформулирована американским зоологом Ч. Элтоном в 1927г. и изображена графически в виде экологических пирамид. По имени своего создателя она носит название пирамиды Элтона или пирамиды чисел и наглядно иллюстрирует изменение не только количества особей, но и биомассы (энергии) в трофических цепях между продуцентами, консументами и редуцентами в экосистеме. В экологической пирамиде каждый прямоугольник означает определенный трофический уровень. Длина или площадь каждого прямоугольника пропорциональна числу организмов, их биомассе или эквивалентной ей энергии. Основанием пирамиды служит прямоугольник, соответствующий уровню продуцентов.



Различают три типа экологических пирамид: **пирамида численности, пирамида биомасс и пирамида энергий.**

Пирамиды численности показывают количество особей на каждом уровне. Количество особей от продуцентов к консументам неуклонно уменьшается. Пирамида численности имеет несколько ограничений при использовании: на одном трофическом уровне могут находиться живые организмы, существенно различающиеся по размерам, а в детритных пищевых цепях могут возникать перевернутые пирамиды. Другим «ограничителей» использования пирамиды в экологии является сложность выбора масштаба.

Пирамиды биомассы показывают общую массу особей на каждом уровне в данный временной отрезок. Такие пирамиды тоже могут быть перевернутыми, т.к. одинаковое количество биомассы разных видов может синтезировать различное количество энергии. Например, для экосистем моря характерна перевернутая пирамида биомассы: общая биомасса всех организмов, потребляющих фитопланктон, может быть существенно выше, чес масса самого фитопланктона. Подобная ситуация достаточно характерна для тех экосистем, где обитают крупные консументы и мелкие продуценты. Объяснением является разница в продолжительности жизни: жизнь фитопланктона составляет несколько дней, а крупные животные накапливают свою массу десятилетиями.

Пирамиды энергии отображают скорость синтеза энергии на каждом трофическом уровне. Они являются фундаментальными пирамидами, т.к. не бывают перевернутыми, но для их составления требуется много данных

Таким образом, несмотря на бесконечное разнообразие мира живых организмов, все живое вещество планеты четко структурировано и у каждого организма существует вполне конкретная роль в функционировании экосистемы. Если бы существовали в природе исключительно продуценты, то планета давно была уже «завалена» неразложившимися и негниющими останками организмов. Санитарами биосферы, разлагающими органическое вещество на неорганические остатки, являются редуценты. А консументы выполняют роль регуляторов численности как продуцентов, так и

редуцентов. Таким образом, **в процессе фотосинтеза энергия солнца переходит в химические связи и затем, по цепочке, передается всем последующим звеньям пирамиды.**

Уничтожая отдельные этажи трофической цепочки, человек тем самым нарушает устойчивость пирамиды в естественных экосистемах. Например, в 60-е годы прошлого столетия в Китае была объявлена масштабная «война» по уничтожению «четырех вредителей»: крыс, комаров, мух и воробьев. Наиболее массовый характер носила кампания по уничтожению воробьёв, которых объявили вредными из-за способности уничтожать посевы. Идея уничтожения была основана на том, что воробей не в состоянии летать более определенного промежутка времени: утомленные птицы быстро падают на землю замертво. В результате, все китайское население было мобилизовано для свиста и стука. Птицы пугались садиться на землю и умирали в воздухе. На следующий год после истребления воробьев, урожай зерновых пострадал от нашествия насекомых, в стране наступил голод, от которого погибло по разным оценкам до 30 миллионов человек.

Кроме трофических связей, когда одни организмы питаются другими, между организмами в биоценозе возникают **топические, форические и фабрические связи**. **Топические связи** проявляются в создании или изменении одним видом условий существования другого. Например, в деревья в лесу являются местом обитания и гнездования многих птиц, на листьях деревьев живет множество насекомых, в корневой системе обитает сообщество грибов и т.д.

Форические связи возникают в случае, когда одни организмы способствуют расселению других. Опыление растений, перенос животными семян, спор, водорослей и т.д., - все это примеры возникающих форических связей. Строительная деятельность животных приводит к **фабрическим связям**: при создании сооружений одни организмы используют различные части других организмов. Например, при строительстве гнезд птицы используют ветки деревьев и стебли трав, при строительстве муравейника

«востребован» хвойный опад деревьев, бобр строит плотины и дома из растительного материала.

Понятие о популяции

Формой существования жизни является вид. Вид – это совокупность особей, обладающих общими морфофизиологическими признаками, имеющих общую эволюционную судьбу, способных скрещиваться друг с другом, образующих единую систему геномов, занимающих единый или частично разорванный ареал. Все виды, соответственно, различаются между собой целым рядом признаков: средой обитания, поведением, размером, окраской и т.д. В процессе эволюции у каждого вида сформировался ряд признаков адаптации к среде обитания. Так, арктические млекопитающие и птицы имеют белую окраску и приспособлены к жизни в условиях низких температур, а представители пустынь, наоборот, имеют преимущественно желтовато-серую окраску и приспособлены к недостатку влаги и высоким температурам.

Вставка 2. Дополнительная информация

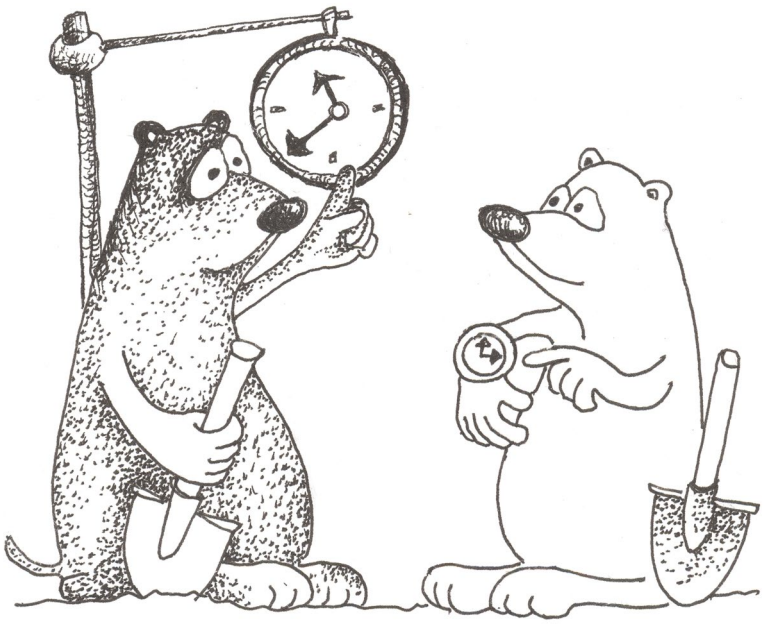
Длительное время считалось, что между генофондами разных видов нет обмена генами, но в природе есть исключения. Так, тигры и львы могут иметь общее потомство, называемое лигры и тигоны, самки гибридов которых могут иметь потомство. В неволе скрещиваются и многие другие виды: мул – гибрид от скрещивания осла и лошади, лошак – от жеребца и ослицы, зеброид – от зебры и домашней лошади. Особенно части процесс гибридизации происходит у растений.

Каждый вид обладает своим жизненным пространством, т.е. вполне конкретной областью распространения, называемой **ареалом**. Представители видов, обитающие в пределах относительно ограниченного ареала, называются **эндемиками.** Ареалы эндемиков ограничены климатическими, биотическими или геологическими барьерами и, поэтому, наиболее богаты эндемичными видами океанические острова, изолированные горные долины.

Вставка 3. Дополнительная информация

Например, на Галапагосских островах около 97% видов эндемичны. Некоторые виды живых организмов сохранились еще с прошлых геологических эпох и существуют в настоящее время как реликты прошлого. Это - **палеоэндемики,** большинство которых сосредоточено в Австралии и Новой Зеландии. Наиболее яркими представителями падеоэндемиков являются однопроходные или яйцекладущие виды (утконос и ехидна), сумчатые (кенгуру, коала и т.д.). К **неоэндемикам** относятся молодые виды, образовавшиеся в изолированном ареале, наиболее известным представителем которых является байкальская нерпа.

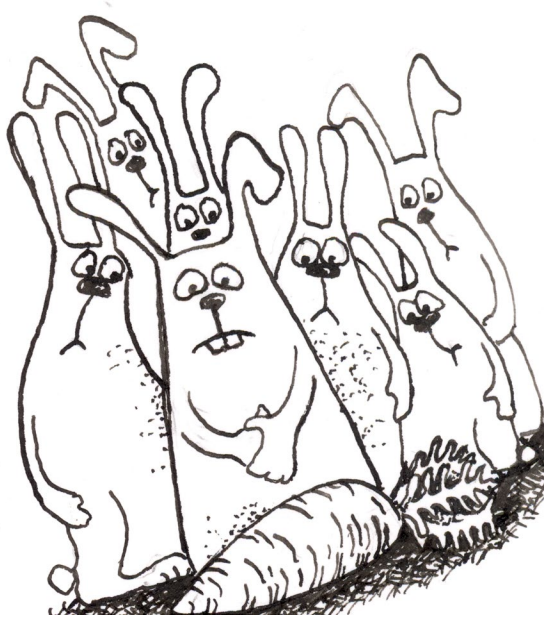
Противоположностью эндемикам являются **космополиты** – виды животных и растений, представители которых встречаются на большей части планеты: это либо обитатели экосистем, распространенных в различных природных зонах, например, болот, либо виды, широко расселившиеся благодаря людям, например, тараканы, серые крысы, крапива двудомная. Некоторые виды, называемые **убиквистами**, обитают практически повсеместно: волк распространен от тундр до пустынь, тростник обыкновенный растет и в гумидных и в аридных экосистемах, и на песчаном субстрате и на глинистом.



Каждый вид (совокупность популяций) играет вполне конкретную роль в экосистеме. Но некоторые виды называются **ключевыми,** поскольку они могут кардинально влиять на другие организмы в экосистеме. Например, чрезмерный вылов мойвы и креветок, - кормовой

базы для многих видов рыб, повлек за собой резкое уменьшение их популяций. А исчезновение крупных хищников, регулирующих численность популяций их жертв, часто приводит к их интенсивному размножению и, как следствие, к глобальной перестройке экосистемы.

Виды часто занимают большой ареал, в пределах которого все особи распределены неравномерно, группами - популяциями. Реально вид существует именно в виде популяций. **Популяцией называется совокупность особей одного вида, занимающая относительно однородное пространство, имеющих общий генофонд, общую морфологию, единый жизненный цикл.** Внутри каждой популяции осуществляется обмен генетической информацией (**панмиксия**). Численность популяций различна: это может быть и дубовая роща, состоящая из 10 деревьев, и 10 миллиардов бактерий в ста граммах почвенного субстрата чернозема.



Величина ареала вида определяется в значительной степени подвижностью особей или радиусом активности. Так, например, у виноградных улиток площадь распространения может составлять несколько десятков метров, а у китов – несколько тысяч километров. Границы ареала часто совпадают с крупными природными естественными преградами (горами, реками, морями). Кроме этого, площадь ареала находится в прямой зависимости от природных факторов: климатических условий, пищевых ресурсов и т.д.

Вставка 4. Дополнительная информация

Каждая популяция может занимать различные по размерам территории. По этому признаку выделяют три основных типа популяций: элементарную (локальную),

экологическую и географическую. **Элементарная популяция** – это совокупность особей одного вида, занимающая небольшой участок однородной площади. Например, одна из нескольких стай рыб в одном водоеме. **Экологическая популяция** – это совокупность особей одной экологической группы пространственно смежных элементарных популяций. Например, рыбы одного вида во всех стаях водоема. **Географическая популяция** – крупная территориальная группировка, адаптированная к абиотическим факторам среды на географическом пространстве ареала вида.

Характер распределения особей в пределах ареала зависит от **этологии** (особенностей поведения) и характеристики окружающей среды. По типу распределения особей в пространстве различают **равномерное** (регулярное), **неравномерное** (агрегированное, групповое, мозаичное) и **случайное** (диффузное). Равномерное распределение характеризуется равным удалением каждой особи от соседних. Неравномерное проявляется в образовании группировок особей. Случайное распределение обусловлено неоднородностью среды и слабыми социальными связями между особями.

Каждая популяция, если имеет в достатке все необходимые условия для поддержания своей численности в течение длительно времени, способна самостоятельно развиваться неопределенно долгое время. Если условий становится меньше идет сокращение ее численности. Популяции находятся в беспрерывном движении, постоянно меняясь, что отражается на параметрах их функционирования. Популяция характеризуется рядом свойств: плотностью, рождаемостью, смертностью, возрастной структурой, распределением в пространстве и т.д. **Плотность популяции** определяется числом особей, приходящихся на единицу площади или объема. И от плотности той или иной популяции зависит функционирование всей экосистемы. Так, несколько семей полевой мыши, питающейся зернами на пшеничном поле, не представляют опасности для зерновой культуры, но, в случае резкого возрастания численности, мыши могут полностью опустошить это поле.

«И напала саранча на всю землю Египетскую, и легла по всей стране Египетской в великом множестве… Она покрыла лицо всей земли, так что земли не было видно, и поела всю траву земную и все плоды древесные...»

(Исход. Гл. 10). Грандиозные скопления живых организмов, будь то нашествие саранчи, резкое возрастание численности кроликов в Австралии или леммингов в Скандинавии – все это примеры резкого увеличения численности популяций видов, свидетельствующее о смещении равновесия между различными видами. Подобные всплески численности популяций могут быть обусловлены либо сезонной динамикой, либо цикличностью, либо нарушением равновесия между хищниками и жертвами в экосистеме. Необходимо отметить, что некоторые «взрывы» численности вообще необъяснимы с точки зрения развития современной науки.

Вставка 5. Дополнительная информация

«Саранча летела, летела и села,
Сидела, сидела, всё съела,
И вновь улетела»

А.С. Пушкин, 1984 г.

Еще в средневековых летописях указывается о больших нашествиях грызунов и насекомых, приводящим к голоду населения: «пришла мышь и поела рожь, и овес, и пшеницу, и всякое жито», «пришла саранча на Литовскую землю, Ляцкую и около Берести, около Пинска, и около Менска, и Свержона, и Кондовова, Ивенца и поела жито и яри, и траву». И причина последующего голода понятна: саранча, обладая способностью образовывать крупные стаи численностью до сотен миллионов особей, и передвигаясь со скоростью до 100 километров в день, полностью опустошает всю зеленую растительность на своем пути. Поэтому её называли «бичом Божьим».

В жизни саранчи различают две фазы – одиночную и стадную. Удивительно, но эти две фазы столь отличны, что одно время насекомых одиночной стадии (кобылки) относили к другому роду. Так, одиночная фаза саранчи не отличается агрессивностью, имеет защитную окраску, ведет малоактивный образ жизни. И вдруг… кобылки откладывают походное потомство, которое уже отличается и более ярким и контрастным цветом, и увеличенным размером крыльев и тела. Что служит толчком такого резкого изменения поведения? Согласно последним исследованиям все дело в каннибализме: превращение кобылок в саранчу происходит из-за дефицита белка, при дефиците которого одни становятся саранчой, нападая на сородичей, богатых белком, а другие, напротив, убегают от своих хищных сородичей. По пути, и убегающие, и нападающие подкрепляют свои силы зеленой растительной углеродной пищей, оставляя после себя

оголенную землю с огрызками растений: саранча необыкновенно прожорлива, съедая в 5-10 раз больше пищи, чем весит сама.

Скорость роста популяций (изменение численности популяции за единицу времени) зависит от показателей рождаемости, смертности и миграции. Способность к увеличению численности, **рождаемость –** это частота появления новых особей в популяции**.** Во всех живых организмах заложена программа сверхвысокого размножения. В идеальных условиях, когда размножение лимитируется лишь физиологическими особенностями вида, а внешние факторы ограничения отсутствуют, многие организмы теоретически способны в сверхразмножению (**максимальная рождаемость**). Например, планета потенциально может быть заселена потомками одного одуванчика за 10 лет или сплошным слоем бактерий за сутки. Но данная величина теоретическая, поскольку в природе существует множество препятствующих факторов для ее осуществления. Реальная реализация возможностей воспроизводства в природе называется **фактической рождаемостью**.

Другим показателем, регулирующим численность и плотность популяции, является показатель **смертности** - количества особей, погибших за определенный период. Смертность, в отличие от рождаемости, больше зависит от факторов окружающей среды и подвержена более резким колебаниям. Факторы смертности – разнообразны. Во время засухи, например, происходит гибель не только зеленых растений, но и травоядных животных, связанных с ней в единую трофическую цепочку. Всплеск численности паразитов и вредителей также быстро сокращает плотность популяций.

Вставка 6. Дополнительная информация

Важной характеристикой популяции является **возрастная структура,** зависящая от показателей рождаемости и смертности. Возрастной состав определяет дальнейшее существование популяции. В случае превышения смертности над рождаемостью, популяция будет деградировать. В обратном случае, если количество молодых особей превысит количество погибших, - рост популяции может привести к её распространению

на новые территории и вытеснению других видов. Поэтому, в развивающихся, быстрорастущих популяциях значительную долю составляют молодые особи. В популяциях, находящихся в стабильном состоянии, возрастное распределение достаточно равномерно. И, наконец, в вымирающих популяциях, доля молодых особей невелика.

Популяции многих видов способны к саморегуляции своей численности. Можно выделить три основных механизма торможения роста популяций. Во-первых, при увеличении плотности популяции, возрастает и частота контактов между особями, что обуславливает у них стрессовое состояние, уменьшающее рождаемость и увеличивающее смертность. Во-вторых, увеличение плотности приводит к эмиграции особей в менее благоприятные новые местообитания, где смертность увеличивается. В-третьих, при увеличении плотности происходит конкуренция за пищу, в результате которой численность регулируется.

Способность популяции возвращаться в равновесное состояние называется **гомеостазом. Гомеостаз – это способность популяции поддерживать определенную численность.** В основе гомеостаза лежит принцип обратной связи (рис. 3.2.). Для поддержания гомеостаза в природных экосистемах, не требуется дополнительного вмешательства. В данном случае, природа сама является «контролером» механизма

равновесного состояния. Механизм гомеостаза функционирует в определенных пределах. При превышении пределов может произойти как гибель популяции, так и экосистемы в целом. Например, повышения урожайности часто добиваются с помощью большого количества вносимых удобрений. Если количество вносимых удобрений превышает допустимые нормы, то система гомеостаза может выйти за пределы действия отрицательной обратной связи. Так, несоблюдение норм полива и чрезмерное увеличение вносимых удобрений, привели к процессам масштабного засоления, истощения и эрозии многих аридных территорий мира.

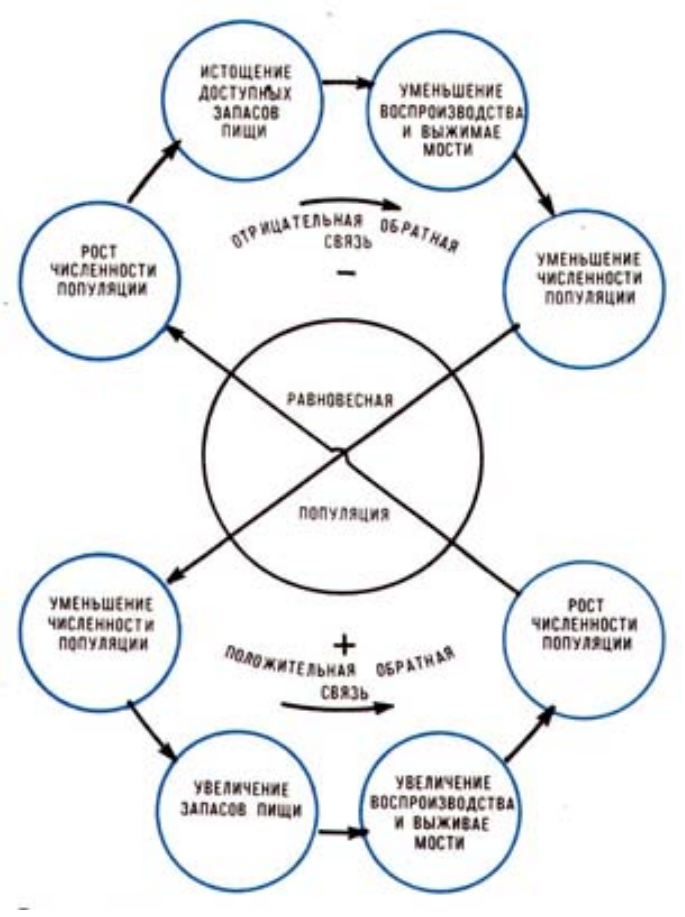


Рис. 3.2. Гомеостаз популяции

Понятие об экологической нише

Кроме этого, любая популяция занимает определенное место в экосистеме. Так, каждое растение приурочено к вполне конкретному ярусу, а каждый вид животных имеет определенный пищевой рацион, место размножения и укрытия и т.д. Совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование популяции в экосистеме, называется его **экологической нишей.** Территория (акватория), занимаемая популяцией, характеризующаяся комплексом экологических факторов, называется **местообитанием**. Согласно образному определению американского эколога

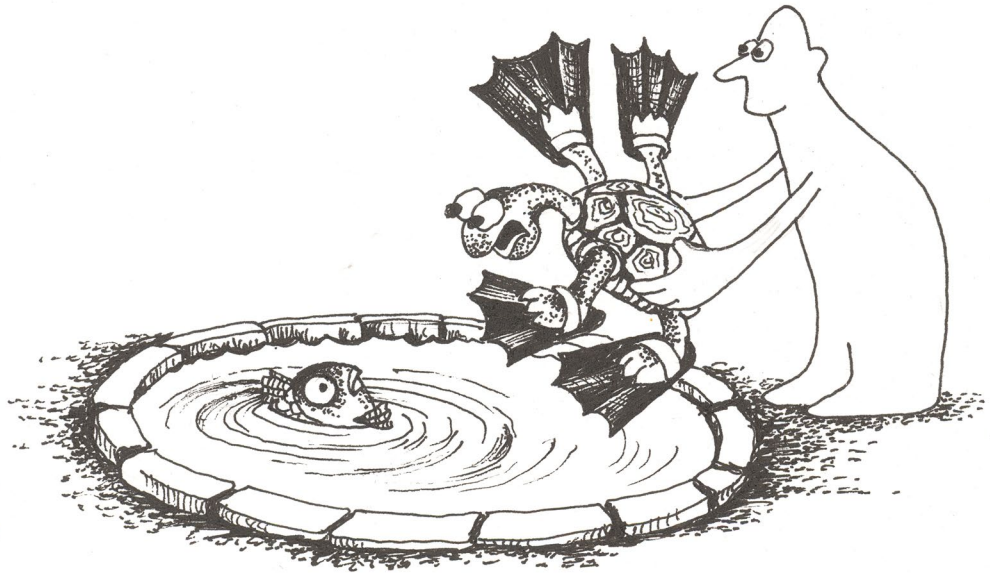
Ю. Одума, местообитание является «адресом» вида, а экологическая ниша - его профессией.

Экологическая ниша зависит от многих факторов: как вид преобразует энергию, на каком уровне трофической цепи он находится, как он реагирует на абиотические компоненты экосистемы и т.д. Экологические ниши организмов изменчивы в пространстве и во времени. Нередко организм на протяжении своего жизненного цикла может занимать различные экологические ниши. Например, головастик питается растительной пищей, а взрослая лягушка – является типичным плотоядным животным.

Как многократно подчеркивалось, одним из основных факторов существования организма является его место в пищевой цепочке. В пределах экологической ниши данный вид практически не конкурирует с другими видами из-за источников питания и энергии, поскольку природа очень экономна: даже всего лишь два вида, занимающих одну и ту же экологическую нишу, не могут устойчиво сосуществовать. Любая конкуренция приводит к тому, что два вида с близкими требованиями к среде, стремятся отдалиться друг от друга: используют разные ресурсы или активны в различное время. В результате, конкуренция приводит к естественному отбору: происходит увеличение экологических различий и образование разных экологических ниш.

Эта закономерность, открытая Г.Ф. Гаузе, называется **«правилом конкурентного исключения»** и звучит следующим образом: **если два вида со сходными требованиями к среде (питанию, поведению, местам размножения и т.д.) вступают в конкурентные отношения, то один из них должен либо погибнуть, либо изменить свой образ жизни и занять новую экологическую нишу.** Выход из конкуренции достигается расхождением требований к среде обитания: например, если конкуренция возникает из-за пищевых ресурсов, достаточно одному организму, не меняя вида пищи, изменить время питания.

Экологические ниши видов, в зависимости от их источников питания, размеров местообитания, степени чувствительности к факторам окружающей среды, разделяются на **специализированные и общие.** Общие экологические ниши занимают, например, мухи, тараканы, мыши, крысы. Напротив, большинство видов растений и животных могут существовать лишь в узком диапазоне климатических условий (или других характеристик окружающей среды) и питаться ограниченным набором растений или животных. Такие виды характеризуются специализированной экологической нишей. При этом, чем более узко специализирована ниша, тем более уязвимее вид. Например, несмотря на то, что малая панда является хищником, около 95% ее рациона, составляют молодые листья и побеги бамбука.

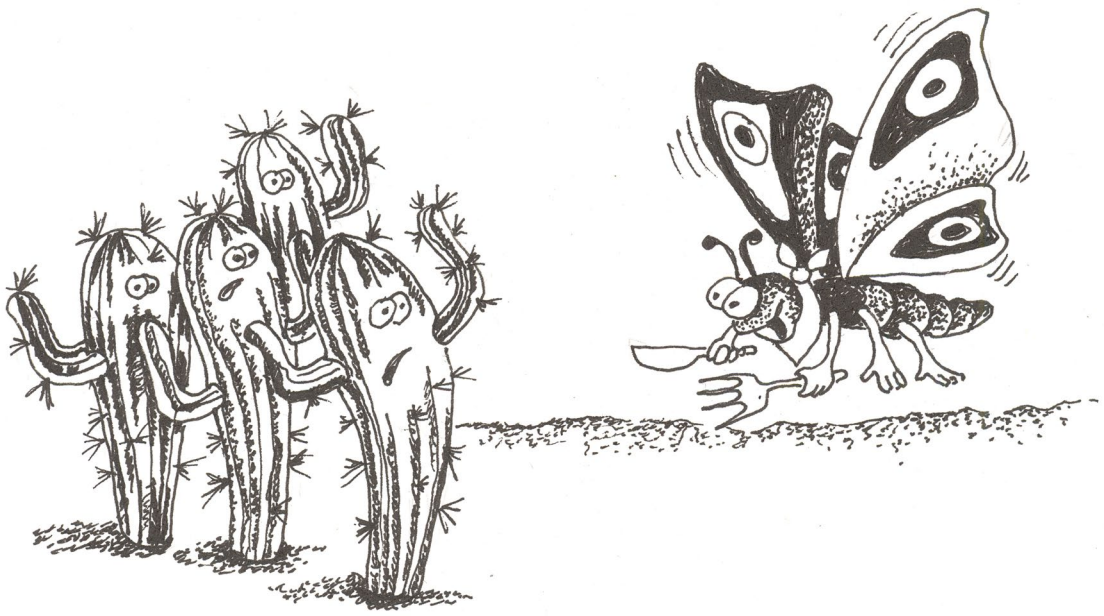


Экологическая ниша не может быть пустой. Если ниша пустеет в результате вымирания какого-то вида, то она тут же заполняется другим видом. Длительное время считалось, что существуют «свободные» экологические ниши, на основании чего была построена теория акклиматизации (переселении организмов в совершенно новые для них места). Но большинство опытов по акклиматизации видов было безуспешно или губительно для экосистем. Более того, многие исследователи считают, что интродуцирование чужеродных видов, даже с благими целями, представляет собой биологическое загрязнение, сопоставимое по своему результату с другими видами загрязнений. Новые виды часто вытесняют аборигенные, занимая сходные экологические ниши или в условиях отсутствия конкурентов и естественных врагов, быстро размножаются и распространяются, изменяя природную структуру экосистемы.

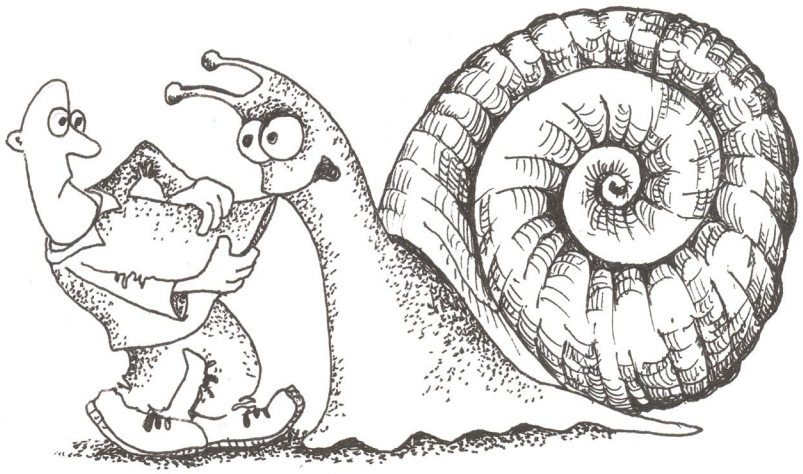
Вставка 6. Дополнительная информация

Примеров негативного влияния множество. Так, в 1839 году в Австралию был завезен кактус-опунция Opuntia inermis. Попав в благоприятные условия, он стал размножаться с такой скоростью, что в конце IXX в. им заросло уже 4 миллиона гектар, а

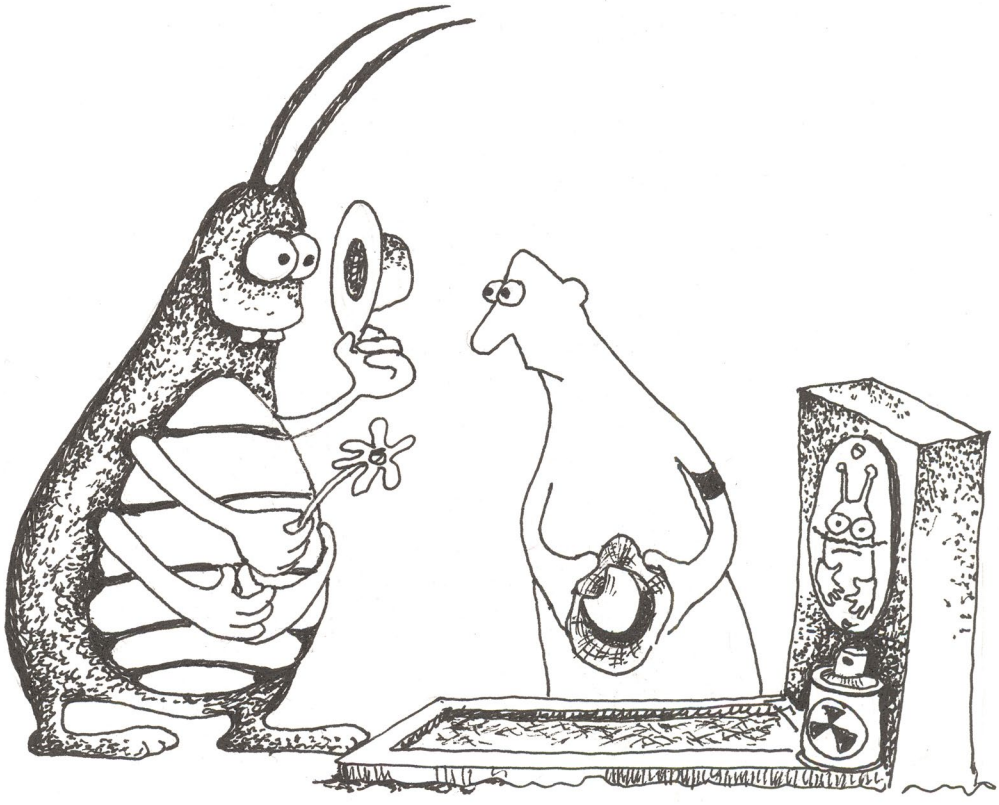
в 1920 году – 24 миллиона гектар. В результате, молниеносно гибли лучшие пастбища континента. И только в 1925 году догадались из Аргентины и Уругвая доставить маленькую бабочку – кактусовую огневку, гусеница которой питается мякотью кактуса. И только после этого, «нашествие» кактусов было остановлено.



А в Бразилии в последние годы объявлена война африканским улиткам, которые угрожают не только сельскохозяйственным плантациям, но и здоровью людей, являясь переносчиками желудочно-кишечных инфекций и менингита. Изначально улитки были завезены для разведения в качестве деликатеса, но единственное, чего не учли предприниматели - это способность улиток к размножению в условиях отсутствия их естественных врагов. Из-за нерентабельности предприятие закрылось, а улитки в идеальных природно-климатических условиях распространились по всей Бразилии.



Таким образом, все естественные биоценозы имеют собственные законы функционирования и развития. Они слагаются из представителей различных видов и существуют за счет уравновешивания противоположно направленных сил. Любое сообщество живых организмов основано на количественной регуляции одних видов другими. И, несмотря на то, что хищники являются антагонистами своих жертв, они существуют вместе, в пределах единого сообщества: состояние популяций хищников тесно связано с численностью популяций их жертв. Некоторые члены сообщества заменяемы: один вид может занять нишу другого со сходными экологическими требованиями. И, наконец, каждое сообщество живых организмов имеет реально существующие в природе границы своего распространения.



Вмешательство человека в систему налаженных связей в биоценозе, как правило, приводит к их разрушению и возникновению новых, непредвиденных событий. Например, игнорирование очевидного факта, что в каждом сообществе живых организмов существуют свои необходимые

факторы-контролеры численности популяции приводит к нарушению функционирования биологических связей. Так, во время моды на шубы из леопарда, практически полностью был истреблен этот вид семейства кошачьих в Африке. Исчезновение опасного хищника на время обрадовало местных крестьян, поскольку леопарды иногда съедали домашний скот. Но через несколько лет настоящим бедствием для полей стали расплодившиеся бабуины, численность которых до этого «контролировалась» этими хищниками. В Норвегии, попытки увеличить численность белых куропаток за счет истребления их естественных врагов, привели к резкому уменьшению их количества: куропатки гибли из-за поражения кишечника паразитами, а пресечь инфекционные болезни было некому.

В последние столетия человек существенно изменил большинство природных популяций видов, преимущественно в сторону сокращения их численности. В результате некоторые виды живых организмов исчезли, а многие находятся под угрозой полного исчезновения. Исчезающие виды заносятся в особые перечни – Красные книги.

Кроме изменения биологического разнообразия природных экосистем планеты, деятельность человека привела к широкому образованию природно-антропогенных популяций. Например, во многих городах вблизи свалок возникают популяции грызунов и насекомых (крыс, тараканов, мух и т.д.), а с картофельными полями связаны популяции колорадского жука.

3.5. Абиотические компоненты экосистемы

Биоценозы являются одной составляющей экосистемы (биогеоценоза), а вторая представлена абиотическими компонентами окружающей среды, которые состоят из климатотопа, гидротопа и эдафотопа. Сейчас эти термины, предложенные В.Н. Сукачевым, используются редко, а чаще просто рассматриваются климатические, гидрологические и почвенные факторы функционирования экосистемы. Знание этих факторов позволяет ответить на главный вопрос распространения и функционирования

экосистем: почему в различных регионах мира сформировались столь разные экосистемы.

Климатоп. Все организмы, населяющие экосистему, всецело зависят от климата, поскольку он оказывает существенное воздействие на экосистему, регулируя соотношение тепла и влаги. Под климатом понимается совокупность атмосферных условий за многолетний период, свойственных тому или иному месту в зависимости от его географического положения. Погодой называется физическое состояние атмосферы у земной поверхности и в нижних ее слоях (30-40 км) в момент наблюдения. В любом уголке планеты погода в разные годы меняется по-разному, но при всех различиях отдельных дней, месяцев или даже лет, каждую местность можно охарактеризовать вполне конкретным, присущим ей климатом.

От чего зависит климат той или иной территории? В древней Греции предполагали, что от географической широты места, т.е. от высоты стояния солнца и, соответственно, от угла падения солнечных лучей и длины дня. И сам термин климат по-гречески означает наклонение. Но сейчас известно, что климат, помимо географической широты, зависит и от общего распределения суши и моря, от циркуляции атмосферы, от морских течений, от характера подстилающей поверхности, от рельефа, высоты местности над уровнем моря и, от деятельности человека, наконец (климат городов как правило, отличается от климатических характеристик их окрестностей).

Климатические условия формирования всех экосистем обусловлены количеством солнечной радиации, поступающей на земную поверхность и увлажненностью, определяемой количеством осадков. При изучении роли климатического фактора необходимо учитывать также соотношение количества выпадающих осадков с величиной их испаряемости. Области, в которых испарение превышает годовую величину суммы осадков, называются **аридными** (засушливыми, сухими). В этих областях организмы испытывают недостаток влаги. **Гумидные** области характеризуются

превышающими значениями суммы осадков над испаряемостью, что предопределяет обеспеченность организмов влагой в достаточной мере.

Вставка 7. Дополнительная информация

Основными климатическими показателями являются **температура, количество осадков и влажность воздуха**. Измеряются осадки в миллиметрах слоя воды, выпавших на земную поверхность. И если метеобюро сообщает, что выпало 10 мм осадков, это обозначает, что выпало 10 кг воды на 1 квадратный метр. Но вода, как известно, не остается на поверхности, а стекает, испаряется, просачивается в почву. Показатель **влажности воздуха** характеризует содержание водяного пара в приземной атмосфере. **Абсолютной влажностью** называют количество водяного пара в единице объема воздуха. Но, поскольку количество пара зависит от температуры и давления, введено понятие **относительной влажности** - это отношение пара, содержащегося в воздухе, к насыщающему пару при данных температуре и давлении.

Типы климата, преобладающие на обширных территориях, называются **макроклиматами.** Благодаря рельефу, экспозиции склонов, особенностям почвенного и растительного покрова реальный климат, в котором функционирует экосистема, не всегда соответствует макроклимату, основные показатели которого фиксируются метеостанциями. В этом случае говорят о **микроклимате** экосистем. Микроклиматические показатели особенно важны при распространении живых организмов, способных обитать в небольшом диапазоне условий.

Климаты земного шара распределяются в соответствии с широтной зональностью, которая зависит от солнечной радиации, господствующих в умеренных широтах западных воздушных течений, а также от вытянутых по широте зон высокого и низкого давления. На каждое полушарие Земли выделяется по четыре основных климатических пояса: **экваториальный, тропический, умеренный и арктический** (**антарктический)**. Помимо основных поясов существуют три переходных пояса, в которых преобладающий тип воздушных масс меняется в зависимости от сезона. Это - **субэкваториальный пояс**, в котором летом преобладает экваториальный воздух, а зимой – тропический; **субтропический пояс,** в котором летом

преобладает тропический воздух, а зимой – умеренный; **субарктический (субантарктический),** в котором летом преобладает умеренный воздух, а зимой – арктический. Кроме этого, в каждом широтном климатическом поясе в соответствии с подстилающей поверхностью можно выделить континентальный и океанический климаты. Вследствие различия общей циркуляции атмосферы на западных и восточных окраинах материков выделяются типы климатов западных и восточных побережий и прилегающих к ним акваторий. В областях, где существуют горные системы, преобладает **горные тиы климата.**

Экваториальный климат характеризуется большим количеством тепла и влаги в течение всего года. Разница между температурой самого холодного и самого теплого месяца невелика – не более 5^0, а в среднем температура воздуха варьирует от 24^0 до 28^0С. Подобные термические условия и обильное количество осадков (от 1,5 тысяч до 3 тысяч мм в год) предопределили «буйство» природы во влажноэкваториальных лесах: многоярусные леса с большим разнообразием живых организмов.

Континентальный субэкваториальный климат отличается контрастностью: сезон дождей сменяет сезон засухи. Этот природный ритм является управляющим звеном как для экосистем, так и для хозяйственной деятельности человека. Так, во время летнего муссона выпадает до 75% годовой нормы осадков, и природа оживает после долгой и утомительной засухи: реки наполняются водой, высохшая и растрескавшаяся почва вновь набирает влагу. Среднее количество осадков уменьшается при движении от экватора к полюсам от 1000 – 1500 мм до 300-400 мм. На склонах гор, обращенных к экваториальному муссону, осадки достигают предельного максимума для всей планеты. Например, в местечке Черапунджи (Индия), вошедшим во все учебники как самое «мокрое» место на Земле, осадков в среднем за год выпадает 11 000 мм, а максимум составил 20 000. Поэтому, сложные условия обитания в этих климатических условиях обуславливает не только засуха, но и чрезмерные осадки, приводящие к наводнениям. В этом

же местечке Черапунджи была зафиксирована суточная сумма осадков до 1000 мм (тонна воды на 1 квадратный метр впечатляет!).

Континентальный тропический климат, «знаменитый» своими пыльными и песчаными бурями, характерен для пустынь и полупустынь Северной Африки, Америки и Австралии. Высокие температуры (среднемесячные летние температуры $+26^0$, $+35^0$, зимой $+12^0$, $+20^0$), сухой воздух и малое количество осадков (менее 100 мм) предопределяют «замирание» природы: основная жизнь здесь сосредоточена около воды – в оазисах. Именно в этом климате была зафиксирована самая высокая температура – +57, 8°С в местечке Эль-Азизии (Ливия). ***Тропический климат западных побережий материков*** характеризуется низкой для тропических высот температурой ($+17^0$ - 19^0) высокой влажностью воздуха и малым количеством осадков (менее 100 мм): пасмурное небо, частые туманы и ни капли дождя. Ярким примером его проявления является пустыня Атакама в Южной Америке. ***Тропический климат восточных побережий материков*** в сравнении с западными**,** отличается теплой и влажной погодой. Ветры пассатов обуславливают большое количество осадков (800-2000 мм), обуславливающих развитие тропических лесов, саванн и степей.

Континентальный субтропический климат характерен для центральных районов Азии и Северной Америки: небольшое количество осадков (в среднем 100-300 мм), ясная погода, жаркое сухое лето, довольно сухая зима. Летом здесь господствует тропический воздух, обуславливающий сухость и высокие температуры ($+25^0$ -$+35^0$), а зимой климат полностью меняется, приобретая черты климата умеренных широт: низкие зимние температуры (в Средней Азии 0 - -2^0, в некоторых районах Китая - -10^0). Незначительные осадки и высокие температуры летом обуславливают развитие преимущественно сухих степей, полупустынь и пустынь. ***Субтропический климат западных побережий материков*** наиболее хорошо выражен в Средиземноморье, поэтому его часто называют средиземноморским климатом. Теплая дождливая зима и теплое сухое

солнечное лето предопределяют доминирование жестколистных вечнозеленых кустарников и широколиственных лесов. ***Субтропический климат восточных побережий материков*** выражен только в Северном полушарии. Его часто называют муссонным климатом: относительно холодная сухая зима, и жаркое влажное лето.

Умеренный континентальный климат характерен исключительно для Северного полушария. Данный тип климата характеризуется холодной снежной зимой и теплым летом. По мере движения вглубь материка он становится все более континентальным, и контрастность зимы и лета еще более увеличивается. Большое влияние на климатические условия экосистем умеренных широт оказывает снежный покров, предохраняющий почву от глубокого промерзания и создающий запас влаги для растений. В умеренном климате в зависимости от соотношения тепла и влаги доминируют различные экосистемы: в северных районах, характеризующихся избыточным увлажнением, превышающим их испарение, произрастают хвойные леса, переходящие по мере движения к югу в смешанные и широколиственные. По мере возрастания сухости, леса переходят в степи и затем в пустыни. ***Умеренный климат западных побережий материков*** характеризуется теплой зимой благодаря теплым морским течениям (положительные зимние температуры), достаточно прохладным летом (около 15^0) и достаточно большим количеством осадков (до 1000 мм). Это типичный климат для Скандинавии. В условиях избыточного увлажнения доминируют хвойные леса, в условиях достаточного – широколиственные леса. ***Умеренный климат восточных побережий материков*** имеет муссонные черты и наиболее характерен для Азии.

Континентальный субарктический климат характеризуется резким различием между температурным режимом лета и зимы (до 60^0-65^0). Это предельные величины амплитуды температур для всего земного шара. И тундровые районы северных окраин Северной Америки и Евразии характеризуются затяжными холодными зимами и прохладным летом со

среднемесячными температурами около $+10^0$. Годовая сумма осадков обычно не превышает 380 мм. Многие процессы в экосистемах обусловлены наличием вечной мерзлоты, сдерживающей рост растений и обуславливающей сильное заболачивание территории.

Континентальный арктический климат характерен для Гренландии и отличается суровостью: в течение года отрицательные температуры (зимой - 50^0, летом - 15^0). Годовое количества осадков при движении с юга на север варьирует от 800 до 100 мм. **Континентальный антарктический климат** формируется на ледяном колпаке планеты - в Антарктиде. **Полюсом холода Земли** является центральная часть Антарктиды. На этой территории вечного холода средняя температура даже самого теплого месяца поражает - 32^0 , - 30^0. На станции «Восток» полярники зафиксировали самую низкую температуру на поверхности планеты – 90^0С.

Важную роль играет рельеф местности: горы, во-первых, могут быть климатическим барьером для воздушных масс, во-вторых, при изменении высоты местности над уровнем моря меняется температура, атмосферное давление, влажность. Температура воздуха с высотой, что приводит к образованию характерной высотной поясности и формированию в горах более прохладного климата. Вместе с изменением температуры, происходит и падение давления воздуха (примерно на 10% через каждые 1000 метров), увеличивается разреженность газов. Кроме этого, крупные орографические возвышенности образуют препятствия, вынуждающие воздушные массы подниматься вверх по склону и расширяться. По мере расширения, воздух охлаждается, что приводит к конденсации влаги и формированию облачности и осадков. Подобный барьерный эффект гор приводит к тому, что большая часть осадков выпадает на наветренном склоне, а подветренный склон остается в «дождевой тени». Опускающийся на подветренных склонах воздух при сжатии нагревается, образуя так называемый «фен» - теплые сухие воздушные массы. Таким образом, на одних и тех же высотных

уровнях, основные климатические параметры могут отличаться, и экосистемы имеют свои характерные особенности.

Гидротоп. Все организмы, населяющие экосистему, всецело зависят от воды, и каждый организм можно рассматривать как небольшую часть гидросферы, участвующую в круговороте воды. Жизнь на планете немыслима без воды и уже более трех миллиардов лет живительная влага удерживается благодаря обитателям планеты. Растения и почвенные организмы пропускают через себя всю массу природных вод суши за 20 000 лет. В океанических водах морские организмы пропускают через себя весь объем морской воды всего за полгода. Благодаря воде в организмах происходят поддерживающие жизнь реакции, формируется само тело. Природные воды активно преобразовывают лик Земли, участвуя во всех круговоротах вещества в биосфере. Мировой океан, реки, водоемы, ледники, подземные воды, влага в атмосфере - все эти объекты являются и местообитанием для многих организмов и условием существования всей живой оболочки планеты. И даже в аридных выжженных солнцем пустынях, существует невидимая вода в форме водяного пара в атмосфере или в виде почвенной влаги.

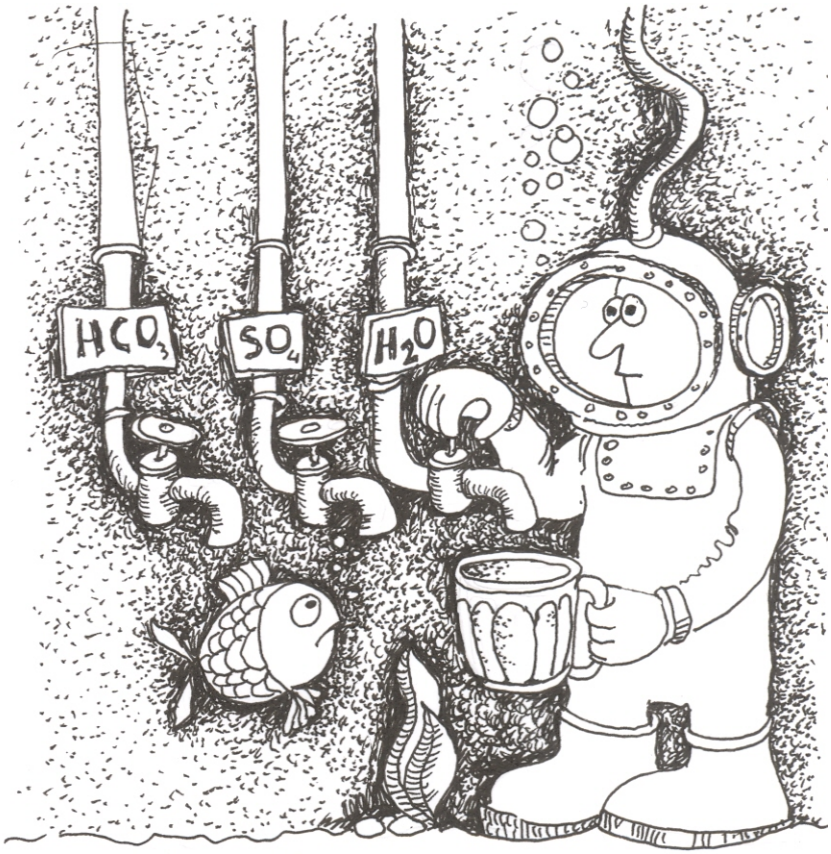
Степень обеспеченности влагой местообитания организмов зависит от количества атмосферных осадков и их распределения по сезонам, наличия поверхностных водотоков или водоемов, уровня залегания грунтовых вод, запасов влаги в почве и т.д. Количество доступной влаги влияет на распространение живых организмов как в пределах небольших экосистем, так в географическом масштабе, определяя основные закономерности распределения биоты.

Воды суши разделены на множество отдельных бассейнов, собирающих влагу в рукава-реки, чтобы затем отдать ее океану. В отдельных бассейнах связи с океаном нет, и, поэтому, они называются **бессточными.** В каждом

бассейне вода может отличаться по химическому составу и другим характеристикам.

Вода, благодаря своим свойствам, является идеальным растворителем и, поэтому, природные воды никогда не сводятся к простейшей формуле H_2O: в них присутствуют примеси, растворенные газы, соединения, в частности, необходимые для питания живых организмов. Эта особенность объясняется высокой химической активностью воды: у большинства попадающих в природные воды веществ разрушаются внутримолекулярные связи и вещества распадаются на отдельные ионы, которым легче вступать в разнообразные химические реакции. Вода в природе, как известно, распространена в жидком, твердом и газообразном состоянии.

Любой водный объект может быть описан с помощью определенного набора гидрологических параметров. Кроме характеристики формы и размера водного объекта, определяемого по длине, ширине и глубине, водный режим может быть охарактеризован уровнем воды, скоростью течения, расходом воды и т.л. У каждого объекта существуют **характеристики теплового режима**: температура воды, снега, льда. Функционирование многих экосистем обусловлено **гидрохимическими характеристиками**, определяющими минерализацию воды или ее соленость, гидрофизическими показателями плотности и вязкости воды, гидробиологическими, показывающими состав и численность водных организмов, а также величину их биомассы.



По содержанию солей (минерализации или солености) все природные воды подразделяются на четыре группы: пресные – менее 1 ‰ (измеряется в промиллях, которые составляет одну тысячную долю или 1/10 процента), солоноватые – 1-25‰, соленые – 25-50‰, высокосоленые (рассолы) – свыше 50‰. Граница в 1‰ не случайна – она является верхним пределом питьевой воды. Минерализация природных вод суши сильно варьирует и может изменяться от 0,01 г/л в атмосферных осадках до 600 г/л в рассолах. Главными анионами вод являются гидрокарбонаты (HCO_3^-), сульфаты (SO_4^{2-}), хлориды (Cl^-). Среди катионов преобладает кальций (Ca^{2+}), магний (Mg^{2+}), натрий (Na^+) и калий (K^+). В зависимости от преобладания того или иного аниона природные воды могут быть гидрокарбонатными, сульфатными или хлоридными, по преобладающему катиону – кальциевыми, магниевыми, натриевыми. Пресные воды, столь привычные для многих живых организмов планеты, в том числе и для человека, преимущественно гидрокарбонатные кальциевые, солоноватые воды, как правило, - сульфатные натриевые и соленые – хлоридные натриевые. При высокой концентрации солей жизнь

«замирает». Так, в Мертвом море, где концентрация солей достигает 270-300 г/л, живые организмы представлены лишь некоторыми видами бактерий, живущими в устье р. Иордан.

Среди растворенных в природных водах газов, наиболее распространены: кислород O_2, азот N_2, диоксид углерода CO_2, сероводород H_2S. Источниками поступления газов в природные воды является атмосфера (O_2, CO_2 ,N_2), жизнедеятельность растений (O_2), некоторые газы поступают в результате разложения органики (CO_2, CH_4, H_2S).

Вставка 8. Дополнительная информация

Одно из важнейших свойств водных растворов – это их кислотность или щелочность, которая определяется концентрацией ионов H^+ и OH^-. В абсолютно чистой воде, даже не содержащей растворенных газов, концентрации ионов равны. В кислых растворах преобладают ионы H^+, в щелочных OH^-. Для определения кислотно-щелочных условий среды используется водородный показатель pH, представляющий собой отрицательный логарифм концентрации ионов водорода в растворе: $pH = -lg[H^+]$.

Так, для болотных вод характерна кислая и слабокислая реакция среды (4,5-6,0), для подземных – слабокислая или нейтральная (5,5-7,2), в реках и озерах вариабельность велика: от нейтральной до щелочной (6,8-8,5), в океанах преобладает слабощелочная и щелочная реакция (7,8-8,3), в соленых озерах – сильнощелочная (обычно свыше 8,5). Для большинства живых организмов в воде, за исключением бактерий, вариабельность существования строго определена конкретными значениями pH, близкими к нейтральным. Кислотные дожди, о которых речь пойдет в следующих главах, изменяют значения pH среды, тем самым, делая и безжизненными многие водоемы.

Кроме этого в воде растворены биогенные элементы, к которым в первую очередь относятся соединения азота и фосфора, органические вещества – углеводы, белки и продукты их разложения, гуминовые вещества и др. Особую категорию соединений, содержащихся в природных водах, составляют загрязняющие вещества, оказывающие токсичное воздействие на живые организмы. Прежде всего, нефтепродукты, ядохимикаты (пестициды и гербициды), удобрения, моющие вещества, токсичные микроэлементы (например, ртуть, свинец и кадмий), радиоактивные вещества.

Эдафотоп. Все организмы, населяющие наземные экосистемы, зависят от почв - тончайшей оболочки планеты, имеющей толщину от нескольких десятков сантиметров до двух-трех метров. Почва, являясь одной из основных систем жизнеобеспечения, оказывает влияние на все процессы, происходящие в экосистеме. Она служит средой обитания для разнообразных организмов, источником элементов питания и хранилищем спор и семян, субстратом для корней, резервуаром воды для растений.

Так, растения поглощают водные растворы минеральных веществ из почвы и, используя солнечную энергию, синтезируют глюкозу. Из органических соединений с добавлением почвенного азота, происходит дальнейший синтез белков и аминокислот, столь необходимый растениям для жизни. Поглощенные из почвы микроэлементы, участвуют во всех биохимических реакциях в растениях. Цепочка продолжается далее по трофической цепи до консументов и редуцентов, разрушающих органику до простых соединений, в том числе до воды и углекислого газа. И минеральные вещества, прошедшие цикл превращений от продуцентов к редуцентам, вновь поступают в почву. Из почвы углекислый газ попадает в атмосферу, где он «перехватывается» зелеными растениями, а минеральные вещества поглощаются вновь корнями растений. Круг замыкается…

Таким образом, именно почва является началом и концом многих круговоротов вещества и энергии и именно благодаря почвенному субстрату происходит зарождение жизни для многих живых организмов планеты, и в нем же и заканчивается... Все подсистемы экосистемы через почву связаны в единое целое друг с другом (рис. 3.3.).

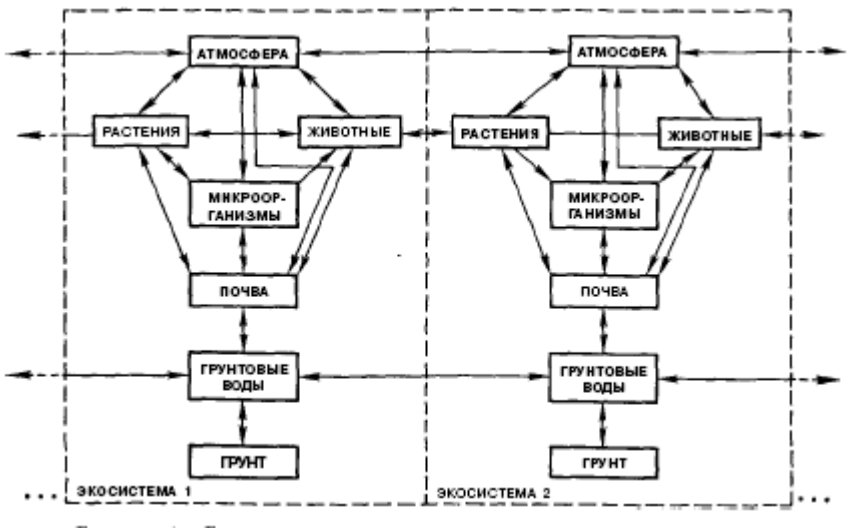


Рис. 3.3. Структура и связи в природных наземных экосистемах.

Почвенный покров, покрывающий всю сушу планеты, возник на границе литосферы и атмосферы в результате воздействия климата и деятельности живых организмов на горные породы. Горные породы имели все необходимые элементы для растений (кроме азота, которого в большинстве горных пород нет), но эти элементы были твердо связаны и недоступны, и именно благодаря длительному их разрушению с участием всех факторов почвообразования, родился этот источник жизни. Основатель русской школы почвоведения В.В.Докучаев в своей последней крупной работе «Лекции о почвоведении» (1901) так сформулировал определение почвы: **«почва есть функция (результат) от материнской породы (грунта), климата и организмов, помноженная на время».**

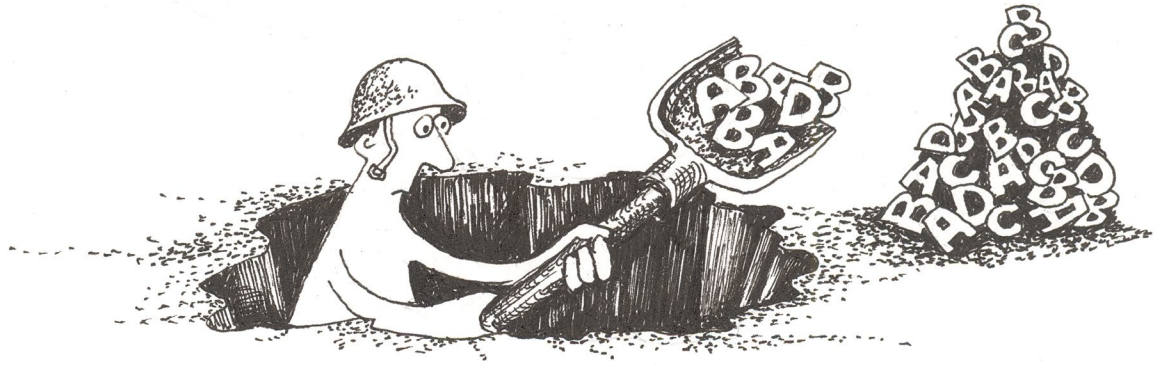
Первые почвы на планете появились около 500 миллионов лет назад, после того, как первые организмы вышли на сушу. И до сих пор, в толще отложений, они прослеживаются по тонким прослоям. Представления о разнообразии почв и их свойствах возникли многие тысячелетия назад, с появлением земледелия. Но длительное время почву рассматривали как предназначенный для обработки относительно рыхлый слой земли, в котором укореняются растения. Постепенно, проблемы малоземелья, падения плодородия и голода, привели к необходимости получения максимально

возможной продукции с максимально меньшей площади. Так стала развиваться наука о почвах – почвоведение. И сейчас, понятия почвы и земли различают все народы мира: лат. solum — terra, греч. pedon — chton, англ. soil — land, нем. boden — land, арабск. tourba — ared, китайск. touzhan – toudn и т.д.

Почва является особым уникальным творением природы, без которого немыслима современная жизнь на планете. Вследствие того, что она находится на грани живой и мертвой природы, В. В. Докучаев назвал ее особым царством природы, а В.И. Вернадский - **биокосным** (мертво-живым) телом. Особое положение почвы обусловлено тем, что она, в отличие от других природных тел, является многофазной системой и включает твердую, жидкую, газообразную и живую фазу. Все почвенные фазы почв находятся в постоянном химическом взаимодействии друг с другом. **Твердая фаза** почв состоит из комплекса минералов и специфического природного органического вещества — гумуса. **Жидкая фаза** почв – это почвенный раствор, в котором, в частности, находятся элементы питания растений. Влага в почве находится как в твердом, так и газообразном и жидком состоянии. Почвенный воздух, т.е. **газовая фаза** почвы, очень близок по составу к атмосферному по содержанию азота и кислорода, но отличается от него постоянным, более высоким содержанием диоксида углерода, наличием в некоторых почвах сероводорода, метана и других газов. Кроме этого, в почве присутствует **живая фаза**, которая представлена различного размера животными, огромной колонией разнообразных микроорганизмов, корневой системой растений. Достаточно лишь сказать, что около 95% всех насекомых проводят всю или часть своей жизни в почвах, чтобы осознать степень влияния почвенного субстрата на живые организмы планеты.

Почвоведы, чтобы исследовать основные особенности почвы, закладывают почвенные разрезы, уходящие вглубь на 1-2 метра. Но даже без их заложения, многие могут убедиться в неоднородности всей почвенной толщи, рассматривая стенку карьера или обрыва, придорожный откос.

Каждая природная почва состоит из последовательно сменяющих друг друга различных слоев, за горизонтальное залегание которых, названных почвенными **генетическими горизонтами**. Все горизонты между собой связаны восходящими и нисходящими потоками вещества и энергии, и каждый горизонт отличается от другого по химическим, физико-химическим, минералогическим, биологическим свойствам. Вертикальная последовательность горизонтов, образованных в результате изменения горной породы в процессе длительного почвообразовательного процесса, образует **почвенный профиль.** Для всех типов почв мощность почвенного профиля различна: от нескольких десятков сантиметров до 2,0-2,5 метров. Верхней границей почвы является поверхность раздела между почвой и атмосферой (или гидросферой, для подводных почв), а нижней - глубина, на которую произошло изменение исходной горной породы в ходе почвообразования.



Каждый почвенный горизонт имеет свой буквенно-цифровой индекс. Индексация горизонтов производится исследователями разных научных школ по-разному. В России распространена докучаевская система обозначения горизонтов латинскими буквами **A-B-C-D**, дополняемая прописными буквами как русскими, так и латинскими и подстрочными и

надстрочными цифрами, характеризующими дополнительные признаки горизонтов.

Самый верхний выделяемый горизонт, обозначаемый индексом А0 - органогенный горизонт, состоящий из растительных остатков разной степени разложенности. Это, то, что «шуршит» у нас под ногами, когда мы гуляем по лесу. Под лесными сообществами этот горизонт называется лесной подстилкой, под травяными - войлоком. Органогенные горизонты болотных почв, состоящие из малой степени разложенности растительных остатков, носят название очеса О.

Самый верхний минеральный горизонт обозначается индексом А1 и называется гумусово-аккумулятивным. В этот горизонт поступает максимальное количество наземных и корневых растительных остатков. В результате накопления гумуса верхние горизонты имеют темный цвет, который изменяется от почти черного или коричневого до палево-серого или белесовато-серого. В экосистемах с выраженным травяным покровом верхняя часть минерального субстрата почвы (3-10 см) насыщена, уплотнена и связана корневой системой, что позволяет выделять в пределах горизонта А1 в качестве самостоятельного - дерновый горизонт (Av). Небольшая подстрочная буква v появилась в индексе от латинского слова vita, что обозначает жизнь. И, действительно, этот горизонт является сосредоточением жизни для многих живых организмов.

В некоторых почвах ниже залегает элювиальный горизонт А2, который часто называют горизонтом вымывания. Горизонт А2 образуются за счет вымывания различных подвижных продуктов почвообразования и накопления остаточных, устойчивых трудно растворимых минералов. В результате вымывания красящих веществ (гумуса, соединений железа), он характеризуется белесой окраской. Этот горизонт присущ подзолистым почвам, подзолам, солонцам, солодям.

Иллювиальный горизонт В, формирующийся в средней и нижней частях профиля, получил свое название от латинского слова iliuviare - вмывать. Этот горизонт образовался за счет процессов перемещения из вышележащих горизонтов (или поднятия из нижележащих) относительно подвижных продуктов почвообразования, перемещающихся в виде растворов, выпадающих в осадок по мере испарения или изменения физико-химической обстановки. В зависимости от накопления различных минералов, соединений, иллювиальные горизонты В могут иметь разнообразные подстрочные индексы: Bca (накопление карбонатов кальция), Bh (наколение гумуса), Bsol (накопление легкорастворимых солей), Bfe (накопление оксидов железа) и т.д.

В нижней части профиля залегает почвообразующая (материнская) порода, слабо измененная процессами почвообразования, - горизонт С. Если ниже границы почвенного профиля лежит порода, отличающаяся от почвообразующей по своим литологическим свойствам, она носит название подстилающей и индексируется буквой D.

Помимо основных генетических горизонтов в профиле почв часто выделяются переходные, совмещающие свойства выше- и нижележащих горизонтов, и соответственно индексируемые двойными индексами. Например, горизонты A1Bca, A1A2, BCca и др. Кроме основных и

переходных горизонтов, в некоторых почвах выделяют глеевые горизонты, обозначаемые индексом G, торфянистые горизонты (T).

Почвенные горизонты отличаются по минеральному составу, составу почвенного воздуха и живых организмов, по содержанию влаги, по гранулометрическому составу (соотношению содержания частиц различного размера) и т.д. И каждый горизонт имеет свои особые характеристики: вниз по профилю меняются кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия почвенной среды, содержание и групповой состав гумуса, появляются и исчезают характерные почвенные новообразования, меняется содержание полуторных оксидов и валовой состав элементов и т.д.

Каждый тип почв имеет определенный набор горизонтов, свидетельствующий о направленности основных процессов почвообразования. Например, в Подмосковье доминирующими почвами являются дерново-подзолистые, которые имеют следующее чередование генетических горизонтов: A0-Av-A1-A2-Btfe-Csial. А в 300 километрах южнее расположены черноземы с другим чередованием горизонтов: A0-A1-Bca-Cca.

Первое, на что обращаешь внимание, когда смотришь на почвенный профиль - это цвет. Поэтому, названия почв часто подчеркивают именно эту почвенную характеристику. Так, на почвенной карте мира можно встретить черноземы, красноземы, бурые лесные и бурые пустынно-степные, коричневые и каштановые почвы. Распространенные в таежной зоне подзолистые почвы и подзолы получили свое название по цвету элювиального горизонта A2, напоминающего золу. Многие другие названия почв связаны с процессами: солончаки с засолением, глеевые с оглеением, торфянистые – с накоплением торфа и т.д.

Глобальные функции почвы многогранны. Поскольку почва является следствием жизни и одновременно условием её существования, основной функцией является уже отмеченная функция **обеспечения существования**

жизни на планете: именно из почвы растения, а благодаря им, животные и человек, получают элементы минерального питания для создания собственной биомассы. В почве, как в «консервной банке» аккумулируются в доступной форме химические соединения биофильных элементов, необходимые для жизнедеятельности организмов, укореняются растения, обитают животные, грибы и микроорганизмы. Кроме этого, почва является хранителем спор и семян. Другим свойством, из-за которого часто почву называют «зеркалом ландшафта», является особенность отражать все изменения, происходящие в окружающей среде. Но, вместе с зеркальным отображением изменений, почва, в отличие от биоценоза, более консервативна: после изменения растительности, или других факторов почвообразования, она еще долго сохраняет свои прежние черты и свойства, а, впоследствии, изменяясь, оставляет в профиле черты былых эпох почвообразования.

Другой важнейшей функцией почвы является **обеспечение постоянного взаимодействия большого геологического и малого биологического круговоротов веществ на земной поверхности.** Почва является началом и концом этих природных круговоротов. При выветривании горных пород образующаяся в верхней части литосферы почва, аккумулирует элементы питания для живых организмов. Эти элементы через промежуточные звенья трофической цепи возвращаются в почву, что предопределяет цикличность **малого биологического круговорота веществ**. Частично элементы выносятся с атмосферными осадками и грунтовыми водами в реки, вместе с реками – в Мировой океан, где дают начало образования осадочных пород. Затем они могут быть подвержены метаморфическим изменениям, либо опять оказаться на поверхности вследствие геологических процессов. Таким образом, почва является одним из звеньев и **большого геологического круговорота вещества**.

Третьей функцией почвы является **регулирование химического состава атмосферы** и, частично, гидросферы. Фотосинтез, дыхание живых

организмов вместе с «дыханием» почвы определяют состав приземного слоя атмосферного воздуха, и, соответственно, атмосферы в целом.

Четвертая функция почвы заключается в **регулировании функционирования экосистемы и биосферы** в целом, путем воспроизводства почвенного плодородия, благодаря которому почвы являются главным богатством любого государства, обеспечивая питанием все живые организмы, включая человека. Так, около 90% продуктов питания выращивается благодаря почвенному субстрату. Уровни природного плодородия почв весьма различны. В умеренных поясах планеты наибольшей степенью плодородия характеризуются чернозёмы луговых степей и чернозёмовидные почвы прерий. В северных лесных областях умеренного пояса недостаток тепла и избыток влаги обуславливают повышенную кислотность почв и небольшое содержание элементов минерального питания, что уменьшает степень их плодородия. В почвах аридных областей главным лимитирующим фактором плодородия является недостаток влаги. Кроме того, аридные почвы часто характеризуются высокой щёлочностью и избытком солей. Почвенное плодородие, в свою очередь, в значительной степени предопределяет распределение живых организмов, в первую очередь, растений.

Таким образом, роль почвы в функционировании экосистем многообразна: она служит «домом» для огромного количества живых организмов, вовлечена во все круговороты веществ в биосфере, является аккумулятором и источником вещества и энергии, поскольку, как фильтр, задерживает часть веществ, замедляя их вынос.

Почва оказывает существенное влияние на свойства и состав гидросферы, поскольку она переводит поверхностный сток воды во внутрипочвенный. Фильтруясь через почвенные горизонты, вода приобретает набор химических элементов, характерных для водосборных территорий. Кроме этого, почва задерживает загрязняющие вещества. Соответственно, нарушение почвенного покрова неминуемо приводит к изменению качества

воды. Почва является резервуаром воды благодаря наличию в ней системы пустот и пор. Она, как большая губка, впитывает в себя атмосферную влагу дождей и тающих снегов. И в наиболее засушливые сезоны, когда поверхностные воды пересыхают и, кажется, что жизнь вот-вот замрет, именно благодаря резерву почвенной влаги, поддерживается существование экосистем Таким образом, обладая теплоемкостью и влагоемкостью, почва регулирует тепловой и водный режим экосистем Для литосферы почва является «фабрикой глин», поскольку именно в почве происходит разрушение горных пород и превращение их в песчаные и глинистые частицы.

Вставка 9. Дополнительная информация

Мозаика почв не хаотична: и в направлении с севера на юг, согласно закону широтной зональности, одни почвенные типы сменяют другие. В каждой природной зоне есть свой набор почв. Так, на смену арктическим почвам, приуроченным к островам Северного Ледовитого океана, приходят тундровые глеевые почвы, подзолистые почвы таежных ландшафтов, серые лесные широколиственных лесов и черноземы лесостепи, каштановые почвы сухих степей, бурые пустынно-степные и серо-бурые пустынные почвы, сероземы сухих субтропиков. При движении к экватору, к низким широтам, интенсивность почвенных процессов резко увеличивается и почвы приобретают характерный красный цвет: красная глина, красный песок, красные реки, несущие красную взвесь после ливней… Благодаря цветовой гамме эти почвы, характерные для влажных субтропиков и тропиков, получили свое название - красноземы и желтоземы, красно-желтые, красно-коричневые и т.д.

3.6. Динамика и развитие экосистем

Каждая экосистема, приспосабливаясь к изменениям внешней среды, находится в состоянии динамического равновесия. При этом динамична не только система, но и отдельные её компоненты: популяции живых организмов, почвенный покров, микроклимат. Наиболее привычными примерами циклических изменений являются: суточная динамика, сезонная динамика и многолетняя цикличность, обусловленная периодичностью солнечной активности.

Некоторые экосистемы существуют сотни и тысячи лет. Например, дубравы в лесостепи или еловые леса в тайге. Другие, напротив, образовавшись, очень скоро сменяются. Например, пустоши и заброшенные поля со временем зарастают. Следует разделять изменения экосистем, обусловленные внешними или внутренними факторами.

Смены экосистем под воздействием внешних причин, таких как пожары, извержение вулканов, затопление или иссушение, антропогенного фактора и т.д., называются **экзогенетическими** (от греч. «экзо» - снаружи, генезис – происхождение). Изменения экосистем, вызванные внутренними причинами, называются **эндогенетическими** («эндо» - внутри).

В случае, когда фактор действует продолжительно и не сразу уничтожает экосистему, а постепенно приводит к ухудшению её функционирования, происходит **дигрессия экосистемы**. Например, при перевыпасе домашних животных возникают пастбищные дигрессии. В результате дигрессии возникает смена естественных сообществ на сорные, а вместе с ними изменяется и состав животного населения.

Последовательная смена во времени одного биоценоза другим на определенном участке земной поверхности под воздействием природных или антропогенных факторов называется **сукцессией.** Сукцессии, или саморазвитие экосистем, процесс направленный и закономерный. Различают два типа сукцессий: **первичные и вторичные.** Первичные сукцессии начинаются на субстрате, не измененном деятельностью живых организмов (на скалах, песках), а вторичные сукцессии развиваются на уже преобразованных живыми организмами почвах.

Классическим примером первичной сукцессии является формирование скального биоценоза: на горных породах поселяются растения-пионеры - накипные лишайники, вместе с которыми формируется комплекс микроорганизмов, некоторых насекомых, водорослей. По мере разрыхления каменного субстрата, в биоценозе появляются другие лишайники и зеленые

мхи. И при появлении примитивной почвы, поселяются травянистые растения и кустарники.

Вторичная сукцессия носит восстановительный характер и происходит, например, на месте лесного пожара, вырубки или заброшенной пашни. Так, после лесного пожара на месте ельника сначала формируется фитоценоз из светолюбивых трав, который через определенный промежуток времени сменяется кустарниками и светолюбивыми лиственными деревьями. Подросшие деревья постепенно вытесняют лугово-кустарниковые виды, и на их место приходит молодой разреженный лиственный лес. После смыкания крон, под пологом леса в условиях повышенной увлажненности и затемнения начинается прорастание ели. Луговые виды вследствие затененности постепенно исчезают, сменяясь мхами и лесными травами. Подрастающие ели задерживают восстановление лиственных пород, смыкание крон елей еще больше угнетает березы и осины. Таким образом, восстанавливается исходный тип лесной экосистемы. Одновременно, на всех этапах сукцессии, изменяется и состав зооценоза, микробоценоза и микоценоза.

Скорость первичных сукцессий достаточно мала и составляет тысячи и десятки тысяч лет. Вторичные сукцессии протекают намного быстрее, вследствие подготовленности почвенного субстрата. Заключительной фазой любой сукцессии является **климаксное состояние**, характеризующееся формированием биоценозов, наиболее адаптированным к данным условиям существования (экотопу).

3.7. Продуктивность экосистем

Основные свойства экосистем — способность осуществлять круговорот веществ, противостоять внешним воздействиям, производить биологическую продукцию. Способность накапливать энергию солнечного света в органическом веществе называется **продуктивностью живых организмов**.

Биомасса – это масса всех организмов, присутствующих в экосистеме в момент наблюдения. Она может быть выражена как в

единицах массы, так и единицах энергии (калориях). Другим важным показателем экосистемы является скорость продуцирования биомассы, т.е. **продуктивность.** Создание продукции на единице площади (см^2, м^2,га) в объеме (м^3) в единицу времени (час, сутки, год) характеризует **продуктивность экосистем**. Органическое вещество, как уже многократно отмечалось, создается только организмами-автотрофами, а организмы-гетеротрофы пользуются уже готовой органикой. Поэтому, различают **первичную продуктивность –** биомассу, созданную за единицу времени продуцентами **и вторичную продуктивность** – биомассу, созданную за единицу времени консументами. **Полная валовая продукция -** вся биомасса, созданная сообществом за единицу времени.

Какие же природные экосистемы океана и суши являются наиболее продуктивными? Эти очаги наибольшей концентрации жизни, названные В.И. Вернадским **пленками и сгущениями живого вещества**, подчиняются так называемому «**краевому эффекту**»: наибольшая концентрация жизни приурочена обычно к границам сред жизни. Краевой эффект возникает на стыках сред жизни: в зоне контакта водной среды и атмосферы, атмосферы и литосферы. Эффект объясняется достаточно просто: сообщества экосистемы включают в себя организмы контактирующих сообществ. Наиболее ярко краевой эффект проявляется на стыке нескольких сред, например в эстуариях рек (река - море - суша - воздух). Кроме эстуарий, большая продуктивность характерна для влажных тропических лесов, пойм рек, коралловых рифов, где продуктивность экосистем доходит до 20-25 г/м^2 в день. Минимальной продуктивностью характеризуются океанические глубины и пустыни, морские литорали и истощенные сельскохозяйственные угодья (0,1-3,0 г/м^2 в день).

3.8. Зональность макроэкосистем

Несмотря на мозаичность экосистем планеты, в пределах всей земной поверхности одни природные экосистемы сменяются на другие согласно

закону географической зональности. Если посмотреть на планету из космоса, то можно увидеть при движении от полюсов к экватору закономерные смены одних природных зон, вытянутых в широтном направлении, на другие. Совокупность экосистем суши в пределах какой-либо климатической зоны: лесов, степей, пустынь, называются **биомами**. Биосфера – это глобальная совокупность биомов. **Биом представляет собой совокупность экосистем более низкого уровня, тесно связанных с климатическими условиями, потоками энергии, круговоротом веществ, типом растительного и животного мира.** Различают биомы, приуроченные к наземным, морским и пресноводным местообитаниям.

Среди наземных биомов последовательно выделяют следующие наземные экосистемы: тундру, бореальные хвойные леса (тайгу), широколиственные листопадные леса умеренной зоны, степи и пустыни умеренной зоны, умеренные вечнозеленые леса, субтропические склерофильные леса и кустарники, тропические листопадные леса и саванны, вечнозеленые тропические дождевые леса.

Закономерность смены биомов в пространстве обусловлена характером распределения солнечной энергии по широтам и неравномерностью увлажнения. Наиболее суровые условия на «макушках планеты» - в обширных вечных льдах и каменистых высокоарктических тундрах Арктики и Антарктики, экосистемы которых отличаются скудностью и однообразием живых организмов и существуют в основном благодаря морю. При движении на юг, высокоарктические тундры сменяется арктическими **тундрами**, где в условиях холодного климата и вечной мерзлоты произрастают мохово-лишайниковые, кустарничковые тундровые сообщества. Несмотря на скудность биомассы (от 10 до 50 т/га), эти небольшие карликовые растения способны прокормить животных и перелетных птиц.

При движении на юг зона тундр постепенно переходит в **бореальные хвойные леса** умеренной зоны, занимающие громадные пространства в Евразии и Северной Америке. С севера на юг по мере увеличения

параметров теплообеспеченности, последовательно выделяют северную, среднюю и южную тайгу. И если в северной тайге сказывается близость тундры, то в южной тайге уже значительно участие в травяном покрове видов, свойственных широколиственным лесам. Представители четырех родов хвойных являются основными лесообразователями на всем протяжении тайги: ель, пихта, лиственница, сосна. Эти леса имеют большой запас биомассы: в пределах северной тайги он варьирует от 50 до 200 т/га, в пределах южной – 350-400 т/га.

Разнообразие живых организмов и биомасса постепенно возрастают к **широколиственным лесам умеренного пояса**. Широколиственные леса в умеренных широтах не образуют единого пояса, а локальными ареалами расположены в Европе, Азии и Северной Америке. С давних пор эти территории, расположенные в благоприятной климатической зоне, характеризующейся оптимальным соотношением тепла и влаги, подвергались освоению и в настоящий момент значительные территории, некогда занятые лесными массивами, превращены в сельскохозяйственные угодья. Запасы биомассы в первичных широколиственных лесах велики и составляют 400-500 т/га, но длительное сельскохозяйственное освоение привело к уменьшению запасов.

На смену широколиственным лесам приходят травяные формации - **степи и прерии**, распространенные на огромных площадях внутриконтинентальных районов Северной Америки и Евразии. При движении на юг начинают все более сказываться признаки засушливости климата, в связи с чем общая масса и разнообразие живых организмов вновь сокращается. По изменению градиента увлажнения с севера на юг, степи Евразии подразделяются на широтные полосы луговых степей, настоящих степей и опустыненных степей. Общие запасы биомассы варьируют в зависимости от густоты и высоты травостоя от 10 до 150 т/га.

В западных секторах материков со средиземноморским типом климата, характеризующимся неравномерным распределением осадков (сухое лето и

влажная зима), получили распространение **жестколистные леса и кустарники**, называемые формациями средиземноморского типа. Этот биом наиболее характерен для Средиземноморья и Австралии. Запасы биомасса в различных вариантах субтропических сухих лесов, редколесий и кустарников составляет около 50 т/га.

Для биома **пустынь** важнейшей особенностью является дефицит влаги в сочетании с высокой испаряемостью. Пустынные биомы характерны как для умеренного, так и для субтропического и тропического поясов. Общая биомасса для этих биомов очень мала и в среднем составляет около 2,5 т/га.

Климатические условия тропического пояса разнообразны, что обуславливает и смену основных типов биомов. Травяные сообщества тропического пояса в сочетании с деревьями и кустарниками называются **саваннами.** Кроме Африки, где они занимают громадные по площади территории, они также характерны и для Южной Америки, Азии и Австралии. Общие запасы сухой биомассы в различных вариантах саванн варьируют от 50 до 150 т/га. К тропическому поясу приурочены тропические **листопадные леса, редколесья и кустарники**. Общие запасы биомассы в этих биомах варьируют от 100 до 250 т/га. Во влажных областях тропического и экваториального пояса, где обилие осадков (от 1500 до 12 000 мм и выше) и высокая температура обусловили распространение **тропических влажных вечнозеленых лесов** (в Южной Америке такой лес называется гилеей) – рекордсменов по разнообразию живых организмов и биомассе. Пиршество жизни в этих лесах пронизывает все пространство: деревья до 60 метров высотой, до 12 ярусов, бесчисленные обитатели, многие из которых еще не известны человеку. Так, в тропиках на одном гектаре уживаются до 800 видов различных растений. Биомасса в первичных лесах этого биома варьирует в пределах 350-700 т/га, во вторичных, преобразованных человеком она составляет 140-300 т/га.

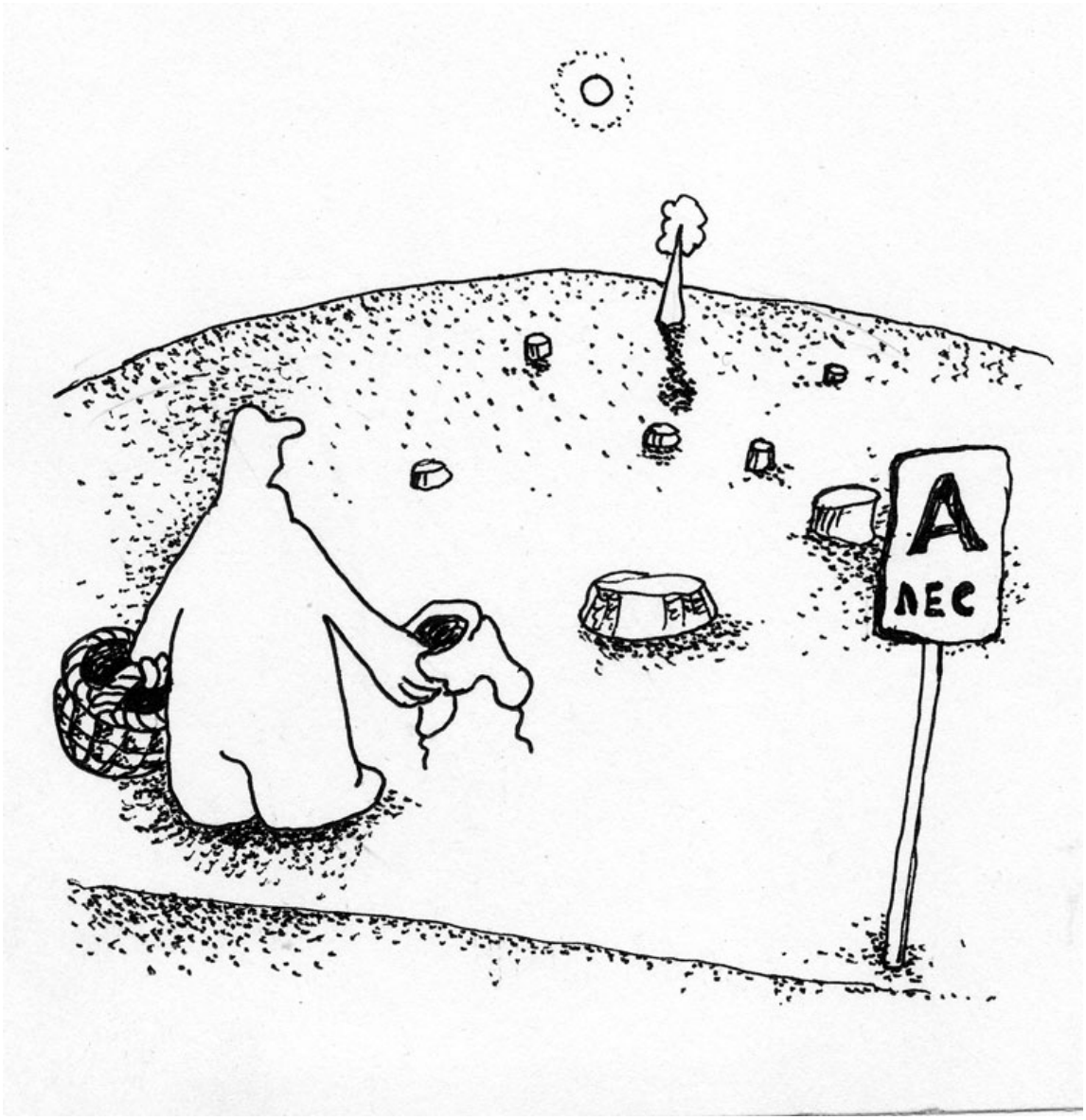
В пресноводных экосистемах, в связи с невозможностью определения типа биома по растительности, в качестве основного признака служит

проточность вод. Так, выделяют **лентические** (стоячие воды) биомы, характерные, например, для крупных озер, и **лотические** (текучие воды), характерные для рек.

Зональны не только экосистемы суши, но и моря. В морских и океанических системах отчетливо выделяется эстуарии, прибрежная зона – литораль, зона открытого моря – пелагиаль, батиаль, глубоководная зона – абиссаль, районы с продуктивным рыболовством приурочены к зоне апвеллинга. Широтные зоны хорошо выражены только в приповерхностных водах океана; с увеличением глубины влияние солнца уменьшается, и температура воды приближается к характерным для толщи океана $+4^0$C.

3.9. Разрушение естественных экосистем

Чтобы провести дорогу, построить город, вспахать поле, необходимо разрушить или полностью уничтожить часть природных экосистем. Долгое время считалось, что необитаемые уголки планеты огромны. И только при получении первых снимков Земли со спутников, стал очевиден масштаб преобразования планеты: вырубленные леса, растущие пустыни, бесконечные массивы пахотных угодий.



Полученные данные позволили оценить количество нарушенных экосистем в конце XX столетия. Оказалось, что если не учитывать покрытые льдом территории Гренландии и Антарктиды и безжизненные оголенные скалы, то более 60% поверхности суши представлены нарушенными экосистемами, тогда как в начале XX века их площадь составляла только 20% (Данилов-Данильян, Лосев, Рейф, 2005). В некоторых частях планеты они нарушены локально, в некоторых – разрушение произошло на огромных пространствах. Уголки дикой девственной природы сохранились лишь потому, что человек не успел или не смог до них добраться.

В северном полушарии можно выделить три массива дестабилизации природной среды – это Европа, Северная Америка и Юго-Восточная Азия,

общая площадь которых составляет 20 миллионов км^2. Так, практически вся Европа, за исключением северной части России, является сплошным массивом в той или иной степени преобразованных экосистем. И, хотя 30% Европы покрыты лесами, это - преимущественно вторичные леса, характеризующиеся слабыми функциями регулирования и стабилизации окружающей среды. Небольшие участки сохранившихся девственных лесов в Норвегии, Исландии, Прибалтике, Белоруссии, составляют лишь 4% от площади Европы.

Другой сильно преобразованной территорией, где сохранилось не более 7% естественных экосистем, является Юго-Восточная и Южная Азия. Например, в Индии они занимают всего лишь 1% от площади страны. Столь высокая степень нарушенности экосистем объясняется, во-первых, принадлежностью этих районов к очагам древнего земледелия с тысячелетней историей освоения, а, во-первых, перенаселенностью региона. Третьим массивом с сильно преобразованными экосистемами является Северная Америка (территория США, северной части Мексики и южной части Канады), где сохранилось около 5% территории, характеризующейся исходными характеристиками природных ландшафтов.

Разрушение естественных экосистем началось давно, с момента использования земель под сельское хозяйство. Так, подсечно-огневое земледелие, существующие и поныне в некоторых странах мира, основывается на сжигание древесной растительности. Оставшаяся зола давала возможность в первые годы получать неплохие урожаи. После истощения почв, эти участки территории забрасывались с тем, чтобы подобным способом освоить новые. Вновь вырубался лес, расчищалась территория для поля, которое после истощения вновь забрасывалось и т.д. Тем более, что еще несколько сотен лет назад недостатка в неосвоенных территориях не было. Так, еще до промышленной революции, было уничтожено, по разным оценкам от 30 до 50% лесных массивов, а еще 9% в последние столетия. Сокращение естественных лесных экосистем

продолжается и сейчас и составляет около 1% в год (Данилов-Данильян, Лосев, Рейф, 2005). И, хотя во многих странах приняты законы о защите лесов, в действительности из 10 га сведенного леса только 1 га восстанавливается.

Другой тип нарушенных экосистем представляют пахотные и орошаемые земли. Для удовлетворения растущего спроса на продукты питания пахотные угодья продолжают расширяться, преимущественно за счет сокращения лесных массивов, пастбищных лугов и водно-болотных экосистем. Распашка почвы и отсутствие правильно подобранных агротехнических приемов привели к массовой деградации земель, водной и ветровой эрозии и пыльным бурям. Отсутствие дренажных систем в зоне орошения обусловило развитие вторичного засоления почв. Ярким примером является антропогенная пустыня Аралкум, где на участках, не так давно покрываемым морской водой с огромным разнообразием живых организмов, сейчас развивается ветром соль. В результате забора воды на орошение, произошло падение уровня грунтовых вод, который в качестве «спускового крючка» еще более усугубил процессы опустынивания. И, если в соответствии с климатическими условиями пустыни на суше должны занимать 34 млн. км^2, то в настоящий момент площадь пустынь составляет 43 млн. км^2.

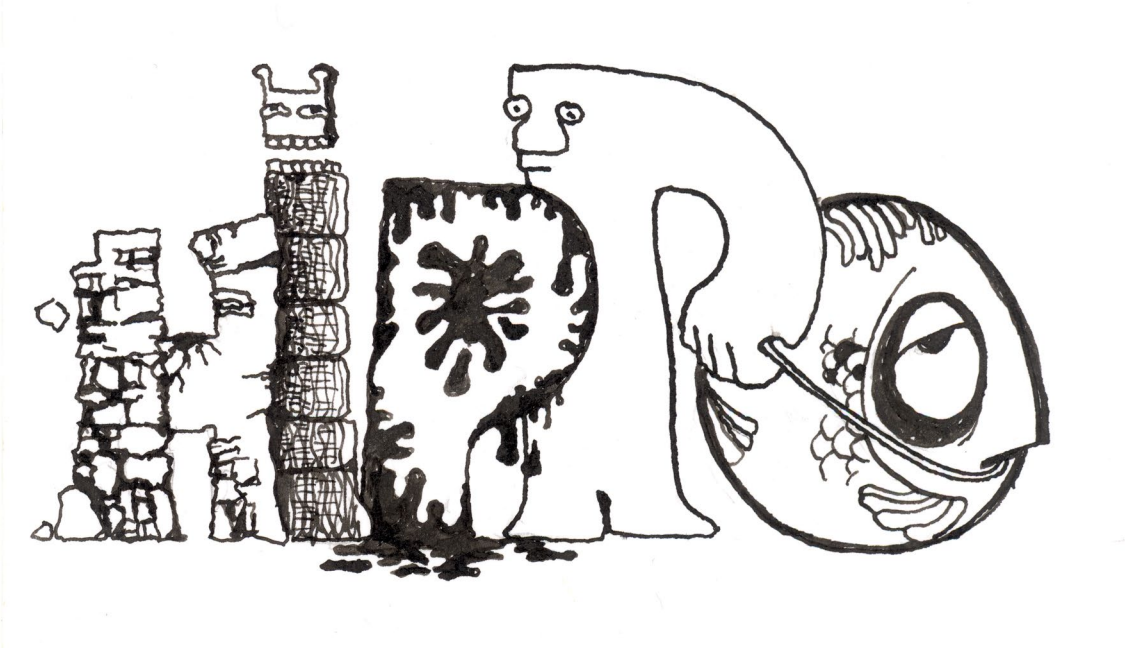
Загрязнение воды, воздуха и почв, засоление, аридизация, потеря биоразнообразия, участившиеся случаи природных катастроф и стихийных бедствий, стремительное накопление отходов хозяйственной деятельности, кислотные дожди… Этот перечень глобальных экологических проблем, приведший к столь широкому распространению антропогенных экосистем, можно продолжить и он займет не одну страницу. Со всеми этими проблемами биосфера боролась, она сопротивлялась, она всячески пыталась «нивелировать» разрушительную деятельность человека. По мнению многих экологов, порог её усталости близок (если не пройден?).

3.10. Потеря биоразнообразия природных экосистем

Что такое дикая природа? Это пространства, свободные от городов и промышленных центов? Или все-таки дикой природой можно назвать лишь нетронутые уголки планеты, которых не коснулась хозяйственная деятельность человека. Одной из основных проблем человечества является сохранение этого таинственного, сокровенного, удивительного мира, созданного в результате многомиллионной истории эволюции и до сих пор являющегося для нас миром загадок и чудес.

Вставка 10. Дополнительная информация

Череду причин вымирания различных видов можно обозначить английской аббревиатурой **HIPPO.** Первая буква H обозначает наиболее значимую причину



уменьшения биоразнообразия планеты, следующие буквы, соответственно, располагаются по мере уменьшения значимости фактора. Так, буква «H» появилась от английского слова habitat, обозначающего местообитание. Разрушение привычных для живых организмов местообитаний, таким образом, является первопричиной сокращения биологических ресурсов. Буква «I» появилась от английского слова invasion, свидетельствует о широком влиянии вторжения чужеродных видов. Занесенные из других уголков планеты, некоторые виды быстро распространяются и вытесняют коренные виды из экосистем. Первая буква «P» обозначает третью проблему изменения биоразнообразия – загрязнение окружающей среды (от англ. pollution). Так, около 80% рек Китая в настоящее время загрязнены до такой степени, что практически полностью стерильны –

живые организмы в них отсутствуют. Вторая буква «Р» связана непосредственно с популяцией людей – с перенаселенностью планеты (от англ. population). И последняя буква «О» свидетельствует о сверхэксплуатации биологических ресурсов – уничтожении видов путем охоты и рыбной ловли (от англ. overexploitation).

Важность сохранения обширных пространств дикой природы связана, во-первых, с тем, что на этих огромных неизмененных просторах экосистемы сохраняют свои налаженные связи и способность к разрешению многих кризисных ситуаций: очищают воздух и воду, восстанавливают почвы, удерживают воду, опыляют растения, производят кислород и даже пытаются бороться с изменениями климата. Многие ученые мира пытаются в деньгах оценить стоимость этих экосистемных услуг и получаемые цифры составляют триллионы долларов, что сопоставимо с продуктивностью всей хозяйственной деятельности человечества. Стоимость одних только лекарств, производимых в мире благодаря диким растениям и животным составляет около 40 млрд. долл. в год.

Во-вторых, участки нетронутой природы являются местом обитания для разнообразных видов, и для того, чтобы организмы могли сами приспособиться к жизни в несколько иных условиях, им необходимо пространство – свободные просторы для миграции, для изменения налаженных схем взаимоотношений. А на маленьких «клочках» территории, окруженных городами и пашнями, все разнообразие организмов вынуждено существовать по правилам, установленным людьми, а не природой. Поэтому, пока планета еще полностью не покрыта городами и полями, пока остались участки суши, мало затронутые деятельностью человека и загадочные глубины океана, одной из основных задач является сохранение этих пространств дикой природы с их уникальным биоразнообразием.

Одним из символов навсегда исчезнувших обитателей планеты является нелетающие птицы из отряда голубеобразных - дронты, которые обитали на Маскаренских островах в Индийском океане и которые полностью были истреблены человеком в 18 веке. Дронты, в отсутствии естественных хищников на островах, не научились бояться и были доверчивы, к тому же

они не умели не только летать, но и плавать, и что еще хуже - быстро бегать, поскольку их большой живот волочился по земле. И как только к островам стали причаливать корабли португальцев, а затем и голландцев для пополнения запасов еды в корабельных трюмах, дронты стали предметом охоты: к нему можно было просто подойти и ударить палкой по голове. Вот и вся охота. А поскольку дронт был еще и достаточно крупной птицей (взрослая птица в высоту достигала метра и весила около 25 килограммов), то набивание корабельных запасов их засоленными тушками происходило стремительно. Видимо, из-за бесхитростности и беспомощности, дронта моряки называли Додо (Додо - одна из разновидностей дронта – маврикийский дронт), что в переводе с португальского обозначало глупый, сумасшедший (сколь часто не только животные, но и доверчивые люди кажутся глупыми для своих сородичей).

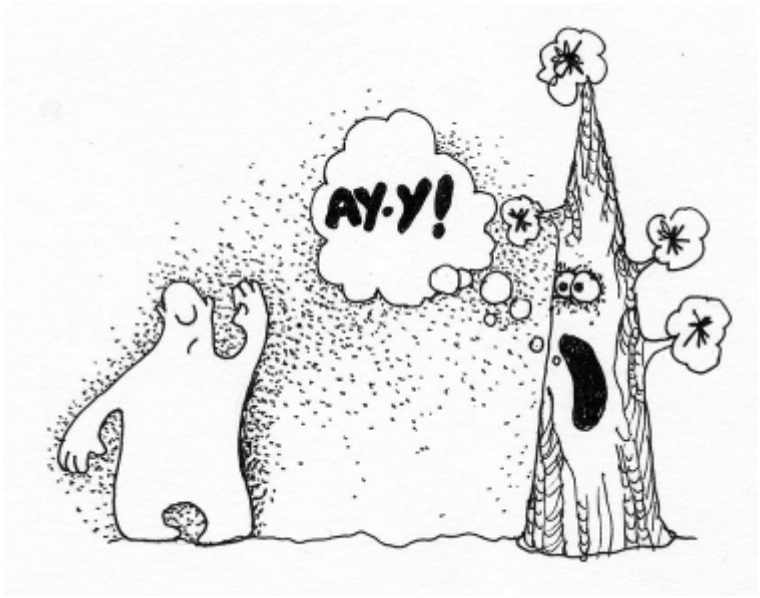
И если бы дронтов истребляли только для еды, то возможно в документах последнее упоминание об этих нелетающих доверчивых птицах было бы отражено не в 1681 году, а много позже, но в 16 веке на острова португальские мореплаватели завезли также коз, свиней, собак и вечных спутников «цивилизации» – крыс. Всеядные одичавшие животные стали поедать яйца птиц и птенцов. Ко всему прочему, охота на дронта стала спортивной забавой: моряки упражнялись с дубинками и камнями в соревновании – кто больше всех забьет птиц.

Дронт не выдержал соревнований, не выдержал соседства с крысами, собаками и свиньями. Вместе с дронтами на островах были истреблены гигантские сухопутные черепахи и, наверное, множество других более мелких существ, которые обитали вместе с ними в эволюционном союзе. Только несколько дронтов мореплавателям на каравеллах удалось довезти до северных широт: как только птицы попадали в неволю, они начинали ронять слезы из глаз, похожих на крупные ягоды крыжовника, отказывались от любой еды до тех пор, пока не умирали.

Птица Додо стала одним из персонажей и автобиографичным прототипом Льюиса Кэрролла в известной книге «Алиса в стране чудес», вошла в грустный английский фразеологизм «as dead as a dodo» («мёртв как дронт»), с грустью наблюдает за нами с государственного герба Маврикия. Поскольку для англичан птица Додо является символом типичного викторианца (медлительная и безобидная, чинная и доверчивая), то и делом чести стало попытки её воссоздания. Так, в последние годы английские генетики из Оксфордского университета, извлекли ДНК из фрагмента ткани легендарной птицы Додо для генетической реконструкции дронта.

3.11. Охрана биоразнообразия

Интересно, что про нас скажут последующие поколения? Что мы были обществом потребления, беспечно предаваясь сиюминутным удовольствиям и желаниям? Сейчас, по разным оценкам мы теряем от 15 до 60 тысяч биологических видов ежегодно. Такое массовое вымирание биологических видов часто сравнивают с эпохой, когда исчезли динозавры. А каждый вид был шедевром эволюции, каждый вид был для чего-то создан природой. Мы даже не можем толком сосчитать, сколько видов обитает на планете Земля, а многие из них уже и не будут сосчитаны, поскольку ушли безвозвратно. И вымирание каждого вида должно нас беспокоить не только эмоционально: мы, не зная всех тайн природы, тихо выбиваем из её стены по кирпичику, которые были совсем не случайно заложены в основу. Так, выбивая из стенки кирпичики, мы можем обрушить и всю стену. Для сохранения исчезающих видов была создана **Красная книга,** первая международная версия которой была издана в 1966 г. Но поскольку мы не знаем сколько существует видов на планете, то логично предположить, что одни виды попадают в Красную книгу, а для других уготована другая участь. Так, мы только-только начали исследовать природу, вошли в микромир. Мы знаем, что наша жизнь всецело зависит от микроорганизмов. Но до сих пор понятия не имеем – сколько их. Так, сейчас описано около 6000 бактерий, но, сколько их на самом деле – неизвестно. Предполагается, что в ложке чернозема можно обнаружить до 10 миллионов видов бактерий и почти все из них неведомы науке. А именно от них часто и зависит, например, чистота воды и почв. Соответственно, в **Красной книге** нет тех



видов, которые не меньше дальневосточных тигров (наверное, более) влияют на сохранность окружающей среды.

Для сохранения видов растений и животных, находящихся на грани вымирания с середины XIX века стали учреждать **особо охраняемые природные территории**: заповедники, национальные парки, заказники, основная задача которых не только защита конкретных видов растений или животных, но и сохранение в биосфере широкой сети центров генетического разнообразия. Первый в мире - Йеллоустонский национальный парк был создан в США в 1872 году. Сейчас на планете Земля создано около 20 000 заповедных объектов различного типа. В настоящее время около 13% земного шара признаны охраняемыми территориями.

В настоящее время общепринятой классификации заповедных территорий не существует. Предполагается, что на этих территориях частично или полностью приостановлена хозяйственная деятельность. Можно выделить несколько видов заповедных охраняемых территорий:

1. **Заповедники** - особо охраняемые пространства, полностью исключенные из любой хозяйственной деятельности ради сохранения в нетронутом виде природных экосистем, а также охраны редких и исчезающих видов растений и животных.

2. Национальные парки - обширные участки территории, охраняемые для оздоровительных, эстетических, научных и культурно-просветительских целях. В пределах национального парка выделяют зоны заповедного режима, а также регламентируемого хозяйственного и рекреационного использования.

3. Заказники природы – участки, где постоянно или временно запрещены отдельные виды хозяйственной деятельности для сохранения одного или нескольких компонентов экосистем, видов живых существ, живописных ландшафтов. Как правило, заказники создаются для увеличения численности диких животных и для восстановления ценных растений - лекарственных, эфиромасличных, декоративных и др. В заказниках, в

отличие от заповедников, допускается деятельность человека, но не наносящая ущерба охраняемым объектам. Заказники могут быть различного назначения: комплексные, ботанические, зоологические, гидрологические, геологические, озерные, ландшафтные и т.д. .

4. Памятники природы - природные объекты и достопримечательности, как правило, небольшого размера, имеющие научное, историческое или культурно-эстетическое значение. Например, памятником природы могут быть пещеры, водопады, старинные аллеи и парки с вековыми деревьями и т.д.

Контрольные вопросы

1. Какова сущность понятия экосистемы?
2. В чем различие между экосистемой и биогеоценозом?
3. Каковы основные компоненты экосистемы?
4. Что такое биоценоз и какие группы организмов содержит биоценоз ?
5. Что такое продуценты? Чем отличаются фотосинтезирующие продуценты от хемосинтезирующих?
6. Что такое консументы и какие трофические уровни они образуют?
7. Что такое редуценты и какова их роль в биогенном круговороте веществ?
8. В чем сущность пищевых цепей и чем отличаются пищевые цепи от пищевых сетей?
9. Что такое экологические пирамиды? Какие экологические пирамиды известны, в чем их сущность?
10. Каково положение популяции в структуре биологических систем?
11. Что такое рождаемость и смертность в популяции?
12. Каковы особенности климатического компонента экосистем?
13. Каковы особенности гидрологического компонента экосистем?
14. Каковы особенности почвенного компонента экосистем?
13. Каковы механизмы саморегуляции экосистем?

18. Что такое сукцессия?

19. Что такое биомы, как они классифицируются?

20. В чем разница между заповедниками, национальными парками и заказниками?

Полезные сайты:

European Environment Agency (EEA) - http://www.eea.europa.eu/

The Global Environmental Information Exchange Network - http://www.unep.org/infoterra/

Всероссийский экологический портал - http://ecoportal.ru/

Российские зеленые страницы - http://rgp.agava.ru/

Неправительственный общественный фонд Вернадского - http://www.vernadsky.ru/

Центр охраны дикой природы - http://biodiversity.ru/

Объединенный Архив Морских Данных Океана и Атмосферы (COADS)- http://icoads.noaa.gov/

Актуальным разделам экологии - книги, статьи, учебники, методические материалы - http://www.ecoline.ru/

Сайт, посвященный проблемам биоразнообразия - http://www.biodat.ru

Общественная организация «Зеленый мир» - http://gw.chuchik.com/index1.htm

Фотографии мира дикой природы - сайт фотографов натуралистов - http://www.naturelight.ru/show_group/12.html

Интернет-журнал о природе и человеке, экологии и окружающей среде - http://greenword.ru/

Фотографии природы- http://nature-picture-photo.blogspot.com

Фотографии дикой природы В. Онищенко - http://www.wildlife-photo.org/

Все о природе - http://www.npupoda.ru/

Национальный портал «Природа России» - http://www.priroda.ru/

Природа и экология - http://www.priroda.su/

Всемирный фонд дикой природы - http://www.wwf.ru

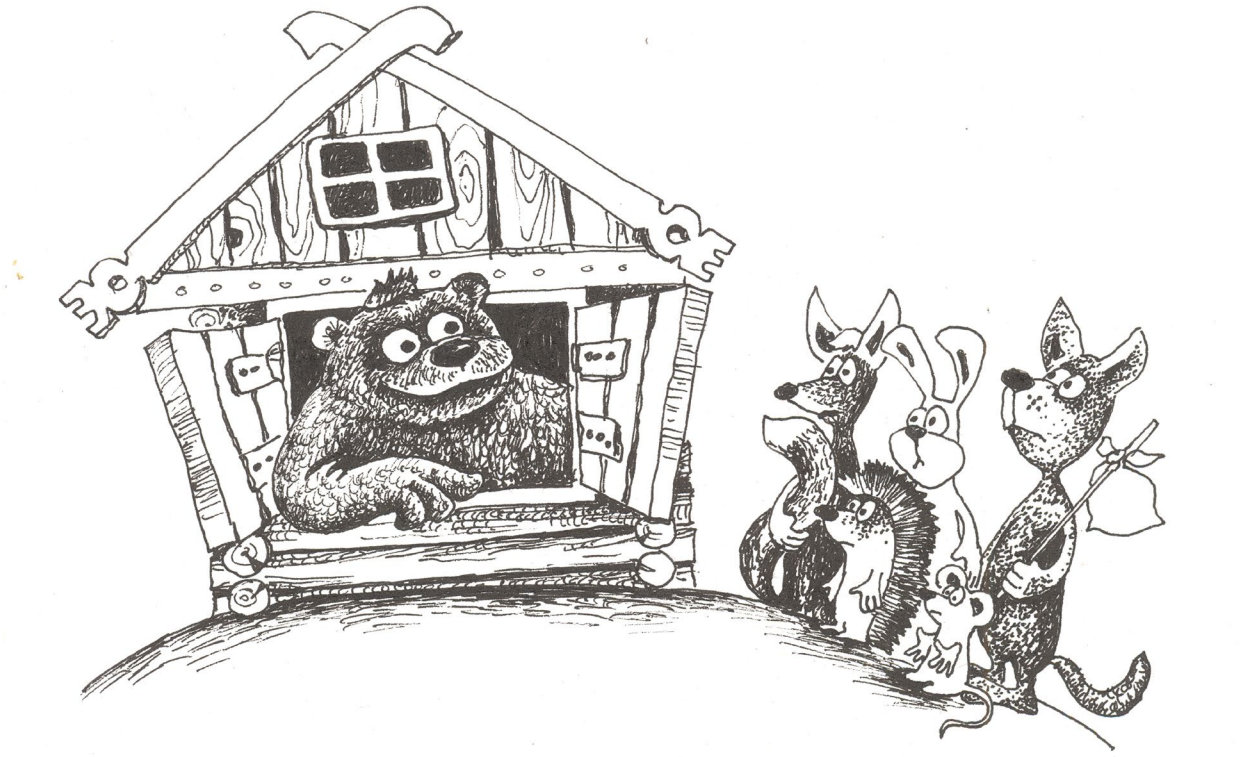
Фотогалерея живой и неживой природы - http://www.macro-photo.org

Глава 4 . Экологические факторы и законы экологии

Вселенная не только необычнее,
чем мы воображаем,
она необычнее,
чем мы можем вообразить.
Закон Мерфи.

Природа удивительно разнообразна: невозможно найти двух одинаковых особей даже среди одного вида. И любое сравнение научно-технических достижений человека и созданных природой творений, еще больше убеждает нас в сокровенности тайн и загадок биосферы. Благодаря длительным процессам изменчивости и отбора, на планете появилось более полутора миллионов видов живых организмов. А сколько их было за всю эволюцию планеты? И каждому организму жизнь предъявляла разнообразный спектр требований: нужно было позаботиться о потомстве, добыть пищу, защититься от хищников, выиграть в конкурентной борьбе за «место под солнцем», приспособиться к климату, почвам, воде и т.д. В результате, организмы были вынуждены приспосабливаться, адаптироваться к внешней

среде, к «общению» друг с другом.



Все обитатели биосферы освоили разные среды обитания, сильно различающиеся по своим характеристикам. Сначала была освоена водная среда, затем, когда жизнь вышла на сушу, организмы овладели наземной поверхностью и воздушной средой, создали и заселили почву. Другой специфической средой являются сами живые организмы, в которых поселяются и существуют многие миллионы других «мелких» существ. По мере того, как разворачивался процесс заполнения новых ниш, жизнь становилась все более многообразной и сложной.

Так, в результате адаптации к водной среде, характеризующейся, как известно, повышением давления при погружении, дефицитом кислорода и малой освещенностью, у организмов выработались механизмы осморегуляции, развились воздухоносные полости, обтекаемые формы, плавучесть. Почвенная среда обитания, характеризующаяся дефицитом света и высокой плотностью, предопределила образование слизистой или гладкой поверхности кожных покровов, обусловила наличие копательного аппарата

и развитой мускулатуры. Адаптация к наземно-воздушной среде выработала опорный скелет у большинства животных и предопределила наличие механизма регуляции гидротермического режима.

И любой организм, существуя в сложном и меняющемся мире, постоянно приспосабливался и регулировал свою жизнедеятельность в соответствии с этими изменениями. В результате возникла удивительным образом запрограммированная структура биоразнообразия планеты. А в каждом организме, как в матрешке, существуют свои «прошитые» длительной эволюцией программы адаптации более мелких систем, вплоть до уровня клетки.

4.1. Классификация экологических факторов

Окружающая среда характеризуется разнообразием меняющихся в пространстве и времени условий. Любой элемент внешней среды, способный оказать прямое или косвенное влияние на жизнедеятельность организма называется **экологическим фактором**. Ответной реакцией живых организмов на оказываемое воздействие являются приспособительные реакции, называемые **процессом адаптации.** Способность к адаптации живых организмов является одним из основных свойств жизни на планете, поскольку, таким образом, обеспечивается возможность выживания и размножения.

Все адаптации можно разделить на три типа:

- **морфологические адаптации**, проявляющиеся в изменении формы или строения организма (превращение листа в колючку, твердый панцирь у черепах),
- **физиологические адаптации**, связанные с изменением химических процессов в организме, физиологии живых организмов (для опыления цветок привлекает насекомых своим запахом, так как вырабатывает определенные биохимические вещества – эфирные масла и др.),

- **поведенческие адаптации,** характеризующиеся изменением в поведении (зимний сон, сезонные миграции, брачные игры в период размножения).

Большая часть адаптаций представляет собой сочетание перечисленных типов адаптации.

Многообразие экологических факторов, имеющих разную природу и специфику воздействия, можно разделить на три категории: **биотические** (живой природы), **абиотические** (неживой природы), и **антропогенные** (деятельность человека) факторы. Совокупность экологических факторов обуславливает рост, развитие, выживание и воспроизводство организмов. **Абиотическими факторами** среды являются элементы неживой природы, прямо или косвенно воздействующие на живые организмы. К их числу относится температура, свет, вода, состав атмосферных газов, особенности почвенного покрова и т.д. **Биотическими факторами** среды называется совокупность влияний одних организмов на другие. Так, одни организмы могут служить источником пищи для других, являться средой их обитания, способствовать их размножению и т.п. **Антропогенными факторами** среды называется совокупность влияний человека на живые организмы. Экологические факторы могут оказывать на живые организмы прямое воздействие или косвенное. Например, прямым антропогенным воздействием на организмы является вырубка леса или строительство водохранилища, а косвенным - изменение абиотических или биотических факторов среды, например, загрязнение окружающей среды.

4.2. Абиотические факторы

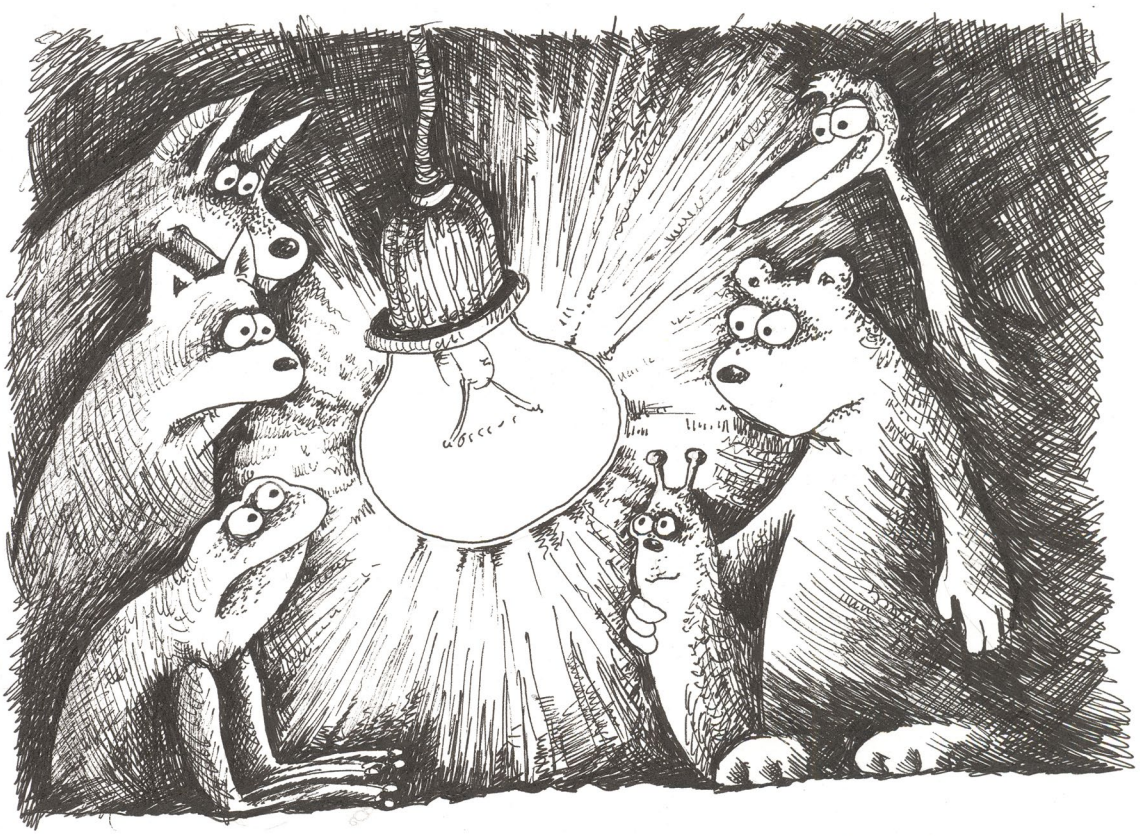
К абиотическим факторам относятся климатические особенности местности (температура, свет, давление, влажность, состав атмосферы), характеристики почвы (гранулометрический состав почвенного субстрата, плотность, воздухопроницаемость), гидрологические и гидрохимические характеристики (содержание кислорода, уровень солености) и т.д. Все это

свойства неживой природы, оказывающие непосредственное воздействие на организмы. Конкретная совокупность тех или иных абиотических факторов определяет структуру и состав биоценоза. В свою очередь, живые организмы влияют на неживые факторы природы, изменяя их во времени и пространстве. Очевидно, что есть факторы, о которых по мало что известно. Например, благодаря работам А.Л Чижевского, совсем недавно было выявлено влияние циклов солнечной активности на происходящие процессы в биосфере, о чем раньше сведений не было.

С детства нам знакома поговорка: «Солнце, воздух и вода – наши лучшие друзья!» Важнейшими абиотическими факторами для любого организма являются **свет, тепло и влага**. Для растений к этим важнейшим факторам можно добавить углекислый газ, а для животных – кислород. Остановимся на этих факторах.

Экологические группы живых организмов по отношению к свету

Для растений солнечный свет, как известно, является источником энергии для фотосинтеза. В процессе эволюции у растений выработалось различное отношение к освещенности. Растения, обитающие в условиях хорошего освещения, на открытых местах обитания, называются гелиофитами (светолюбивыми). К этой группе относятся суккуленты, злаки, клевер, подсолнечник и др. Под пологом леса, при сильном затемнении развиваются тенелюбивые растения – **сциофиты,** плохо переносящие прямые солнечные лучи. К этой группе относятся папоротники, мхи, хвощи, лесное разнотравье. Растения, способные обитать как в условиях хорошего освещения, так и затенения, называются **факультативными гелиофитами (**теневыносливыми). Эти растения, к которым относятся лианы, многие травянистые растения, кустарнички, научились эффективно использовать рассеянное освещение.



Наличие растений с различной чувствительностью к солнечным лучам позволяет растениям максимально использовать жизненное пространство по высоте путем формирования ярусности. И если для лесов умеренной зоны характерно наличие 3-4 ярусов, то наиболее ярко это свойство проявляется в тропических лесах, где число ярусов может достигать 8-12. Густые кроны деревьев верхних ярусов лесов Амазонии или джунглей Индии, пропускают вниз лишь менее 1% солнечных лучей, и нижние ярусы растений, стремясь уловить лучи, располагают свои листья мозаично для получения своей порции света.

Для животных, в отличие от растений, свет менее значим, и имеет в первую очередь информационное значение: он необходим для ориентации в пространстве. И у дневных, сумеречных и ночных животных сигналом начала и прекращения активности выступают режимы освещенности. Например, у животных при смене дня и ночи меняется интенсивность дыхания, частота сердцебиений и т.д. Хорошо известна навигационная

ориентация у птиц, безошибочно прокладывающих маршрут во время длительных перелетов, ориентируясь по солнцу.

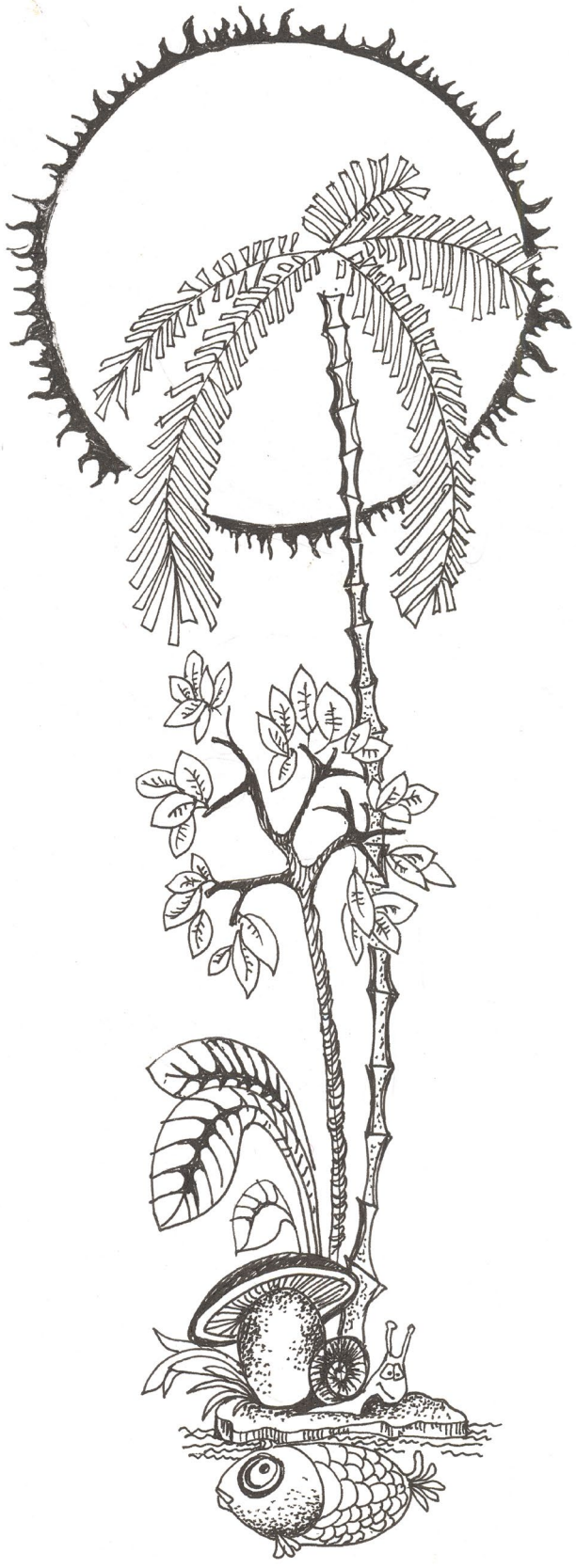
Закономерная смена дня и ночи, времен года обуславливает ритмичность общих проявлений жизнедеятельности организмов. Реакция организма на длину волн (длительности светлого времени суток) называют **фотопериодизмом.** Изменение светового дня является сигналом для смены фаз развития или поведения организмов. Примерами фотопериодизма являются всем знакомые явления перелетов птиц, листопада, линьки животных и т.д. Среди растений выделяются организмы короткого дня, существующие в южных широтах, где при длительном вегетационном периоде день относительно короткий, и организмы длинного дня, характерные для северных широт, где при коротком периоде вегетации день длиннее.

Экологические группы живых организмов по отношению к температуре

От температуры окружающей среды зависит скорость обменных реакций в организме. Каждый организм способен жить в пределах определенного диапазона температур. Рекорд выживаемости при высокой температуре поставили архебактерии, живущие при температуре около 300° в местах выхода гидротермальных источников (http://www.mikromir.ru). Еще совсем недавно казалось, что такую температуру не способна вынести ни одна известная форма жизни. А семена и споры многих растений в состоянии криоконсервации переносят температуры, близкие к абсолютному нулю (-273^0 С). Но для большинства живых организмов крайние точки температурной адаптации составляют от 0 до 50 ^{0}С: при 0^{0}С вода, входящая в состав клетки, замерзает, а при температурах свыше 50^{0}С, начинается процесс разрушения белковых молекул, который завершается гибелью клетки.

Естественный отбор и расселение видов по зонам, характеризующимся различной теплообеспеченностью, предопределил существование

криофилов (холодолюбивых организмов), **термофилов** (теплолюбивых) и **мезофилов** (организмов, нормально существующих и размножающихся при средних температурах). Криофилы населяют полярную зону. Наиболее



приспособлены к низким температурам лишайники, некоторые виды водорослей. Термофилы обитают в аридном климате. Например, максимальная активность у кузнечиков, обитающих в пустыне Палестины, наблюдается при 40-градусной жаре. А некоторые организмы-термофилы вообще не могут существовать при температурах, ниже конкретного диапазона, например, определенные виды кораллов обитают лишь в местах, где температура воды не опускается ниже 20^0C. Мезофилы обитают в умеренной зоне при температурах 20-40^0C.

Большинство организмов способно в той или иной степени контролировать температуру своего тела с помощью различных ответных реакций и адаптаций, смягчающих воздействие экстремальных условий и

внезапных изменений среды.

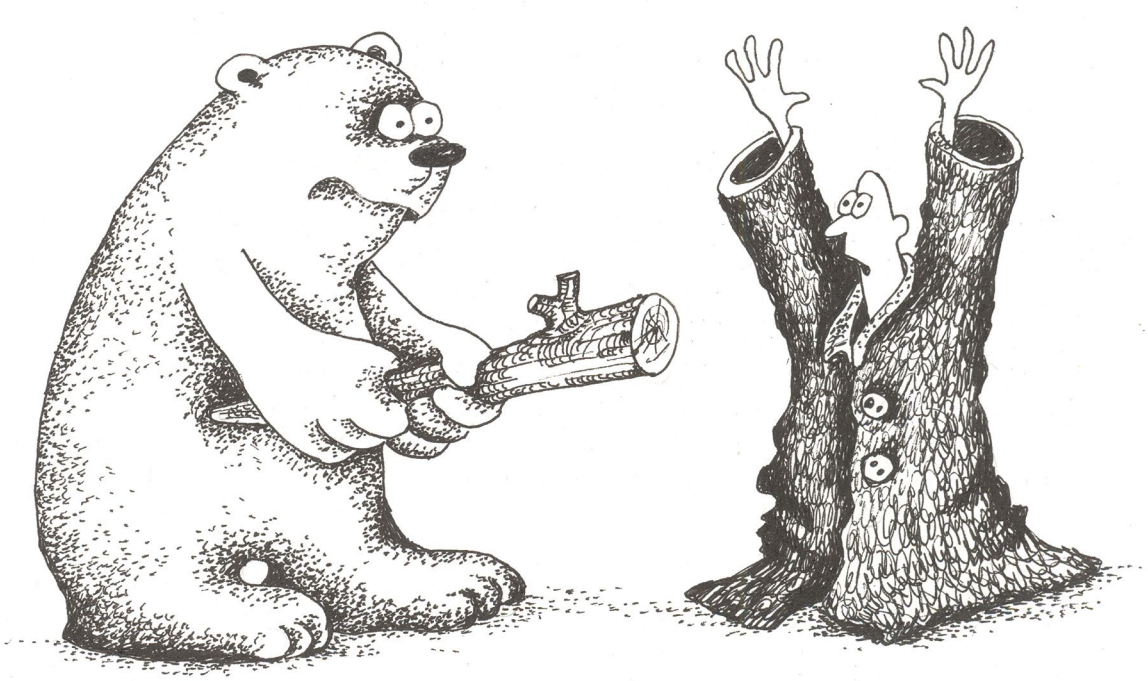
Организмы в качестве источника тепла могут использовать как внешний источник – тепловую энергию Солнца, так и внутренний – тепло, выделяемое в процессе обмена веществ. В зависимости от источника, преобладающего в тепловом балансе, живые организмы разделяют на пойкилотермные и гомойотермные.

К **пойкилотермным (холоднокровным)** организмам**,** не способным к поддержанию постоянной температуры тела и зависящим от температуры внешней среды, относятся микроорганизмы, растения, все беспозвоночные животные, рыбы, рептилии и амфибии. Терморегуляция при этом осуществляется за счет особенностей местообитаний (змеи выползают погреться на теплые скальные породы, ящерицы перемещаются на солнечную сторону деревьев и т.д.), усилением теплоотдачи в результате мускульной работы, различной интенсивностью испарения влаги с поверхности тела и т.д. Низкие температуры эти животные переносят при помощи накопления жиров, гликогена и солей.

Гомойотермные (теплокровные) животные, к которым относятся птицы и млекопитающие, в состоянии поддерживать постоянную температуру тела при значительных колебаниях температуры внешней среды. Тепло у этих организмов выделяется при помощи биохимических реакций внутри организма: при низкой температуре внешней среды потери тепла велики, но увеличиваются также и обменные процессы, направленные на поддержание постоянной температуры тела. Хотя, ресурсы каждого организма ограничены: в условиях длительного переохлаждения или перегрева организм погибает. Уменьшению теплопотерь способствует оперение, шерсть, опушение, жировые отложения, темный цвет покрова.

Существуют организмы, занимающие промежуточное положение между гомойотермными и пойкилотермными – **гетеротермные**, к которым относятся, например, суслики, летучие мыши, медведи. В зимнее время эти животные впадают в спячку и температура тела в это время у них

практически не отличается от внешней, тогда как в активном состоянии у них поддерживается высокая температура тела.



В отличие от животных, растения не могут уйти в укрытие от жары или холода и к колебаниям температуры они адаптируются с помощью физиологических и анатомо-морфологических механизмов. Благодаря усиленной транспирации, сдвигу сроков вегетации на сезон с более благоприятными температурными условиями, растения могут противостоять жаре. Так, в аридных экосистемах немало видов растений, начинающих вегетацию ранней весной и успевающих ее закончить до наступления экстремально высоких температур и времени засухи. При подготовке к зиме растения прекращают рост, снижают интенсивность дыхания, у них опадают листья, у хвойных видов происходит засмоление почек.

Экологические группы живых организмов по отношению к воде

Значение воды в процессах жизнедеятельности огромно: она является основной средой в клетке, обеспечивает протекание в организме обмена веществ, служит исходным, промежуточным и конечным продуктом разнообразных биохимических реакций и обуславливает функционирование организма в целом.

Для многих обитателей планеты вода является их домом, средой обитания. Другие организмы вынуждены пополнять её запас из-за потерь при испарении. Поэтому длительная адаптация наземных организмов была направлена на активное добывание влаги и её экономное использование.

Поскольку растения прикреплены к почвенному субстрату, они в большей степени, чем животные зависят от обеспеченности почвы и воздуха влагой. По приуроченности к местообитаниям с различными условиями увлажнения и по выработке специальных приспособлений все растения делятся на **гигрофитов** (влаголюбивых), **ксерофитов** (сухолюбивых) и промежуточную группу **мезофитов** (умеренно влаголюбивых).

Гигрофиты обитают во влажных местах и не переносят водного дефицита. Для них характерно отсутствие приспособлений, ограничивающих расход воды и потеря 15-20% запаса воды для них невосполнима. К этой группе растений относятся болотные осоки, рогоз, сфагнум, росянка и др. **Ксерофиты** – растения сухих местообитаний, способные переносить длительные засухи и перегрев, оставаясь физиологически активными. Это растения сухих степей, саванн, пустынь, песчаных дюн и сухих солнечных склонов. Для преодоления засушливых условий они адаптировались к активному регулированию водного баланса и научились выносить сильное иссушение тканей. Преодоление постоянного или временного недостатка в влаге они осуществляют тремя способами: эффективным всасывание воды из глубоких почвенных горизонтов, экономным расходованием и способностью переносить большие потери воды. Для того, чтобы добраться до грунтовых вод, - уровня живительной влаги эти растения имеют длинные, мало разветвленные корни, по массе до 10 раз превышающие надземные органы. Длина корней может достигать 10-15 метров, а у саксаула – до 30-40 метров. Экономное расходование влаги обеспечивается мелкими, узкими и жесткими листьями. **Мезофиты** занимают промежуточное положение между гигрофитами и ксерофитами и способны на непродолжительное время переносить почвенную и атмосферную засухи благодаря регулированию

устьичной транспирации. К ним относятся лиственные и хвойные деревья умеренной полосы, многие кустарники, большинство сельскохозяйственных культур и др.

Животные неизбежные потери влаги пополняют по-разному: млекопитающие пьют воду из источников, амфибии всасывают воду через покровы тела, некоторые животные пустынь поедают растения с большим содержанием влаги. Известный «караван пустынь» верблюд частично удовлетворяют потребности в воде за счет окисления жиров. Есть животные, которые при недостатке воды впадают в спячку (суслики) или переходят к иной форме существования, образуя при этом плотные защитные оболочки (инфузории, корненожки). Некоторые животные, в сухой период мигрируют в районы с достаточным количеством воды (птицы, антилопы).

4.3. Биотические факторы

Как отмечалось ранее, ни один живой организм не существует в одиночестве, а постоянно «контактирует» с представителями как своего, так и других видов. В результате взаимных контактов между организмами возникают различного уровня взаимоотношения. Воздействие одних организмов на другие может быть положительным, отрицательным или нейтральным. В зависимости от типа воздействия, в природной среде возникают различного рода комбинации таких взаимоотношений: **нейтрализм, хищничество, мутуализм, паразитизм, конкуренция, комменсализм, аменсализм.**

Нейтрализм - совместное обитание на одной территории популяций, не влияющих друг на друга. Например, в одной и той же экосистеме совместно существуют и не контактируют друг с другом обезьяны и слоны, белки и лоси. Но, поскольку в экосистемах, все взаимосвязано, следует учитывать и опосредованное взаимодействие. Так, многие хищники не питается травой, но им не безразлично состояние пастбищных угодий, от которых зависит плотность популяции травоядных.

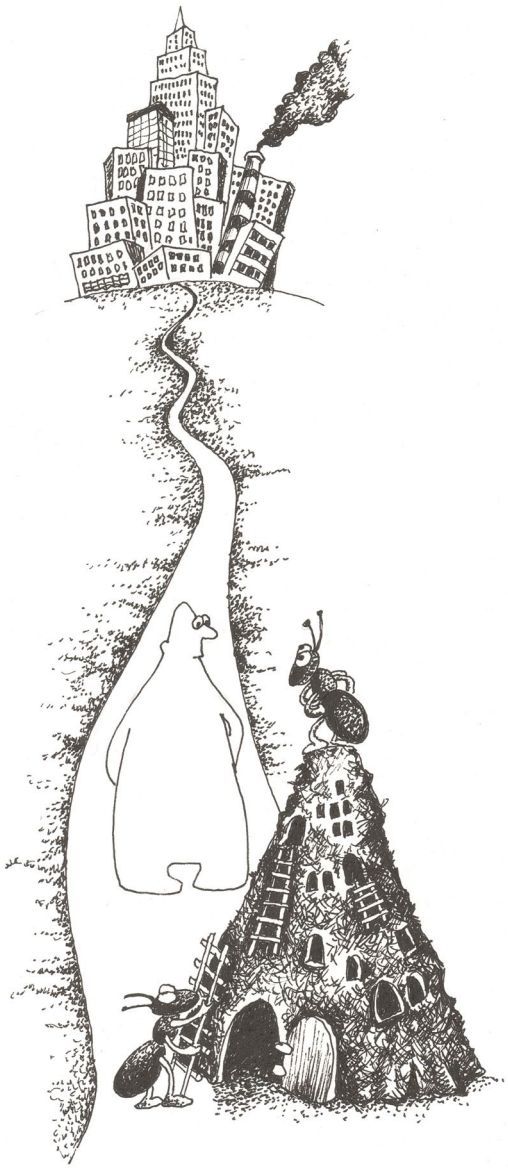
Популяции, находящиеся на разных уровнях трофических цепей, вступают во взаимоотношения, при которых одни организмы (**хищники**) используют в качестве пищи другие организмы (**жертвы**). Такой тип взаимоотношений получил название **хищничества.** В результате активного поиска пищи, подкарауливания и энергичного захвата сопротивляющейся и убегающей жертвы, у хищников в процессе эволюции вырабатывалась быстрота реакции, бесшумная походка, высокая скорость бега или полета, острые когти, развились органы чувств, а у защищающихся жертв – колючки, панцири, защитная окраска, инстинкты затаивания, способность строить недоступные жилища. Большинство хищников приурочено к царству животных, но встречаются и растения - хищники. Так, всем известна произрастающая на болотах росянка, способная за один день переварить несколько десятков насекомых.

Сосуществование и взаимодействие разных биологических видов получило название **симбиоза** (от греч. symbiosis — совместная жизнь). **Симбиоз – это один из мощных двигателей эволюции.** Действительно, достаточно сложно выиграть по всем позициям в конкурентной борьбе и соответствовать всему спектру требований жизни одновременно. Поэтому, одним из рычагов эволюции вместе с конкурентной борьбой, стал и поиск компромиссов между этими требованиями, - сотрудничество. Так, эволюционный успех зеленых растений во многом был обеспечен их симбиозу с почвенными грибами и бактериями: грибы снабжают растение соединениями азота и фосфора, взамен получая органические вещества. А на вершинах растущих деревьев в тропических лесах, в пределах листового полога (верхнего яруса деревьев) существует феномен, опровергающий представление о борьбе за «место под солнцем» (в данном случае в буквальном смысле этого выражения). Оказывается, побеги на вершинах деревьев не только не заслоняют друг друга в конкуренции за свет, но и расходятся, оставляя место для роста их «собратьям». Этот феномен

взаимоотношений внутри древесного полога получил название «стыдливость крон».

Вставка 1. Дополнительная информация

Еще более удивительным примером чуда симбиоза является мир австралийского термитника, достигающего в высоту 15 метров. Исходным материалом для строительства является древесина, которая в пищеварительном тракте термита превращается в необходимые для жизнедеятельности углеводы, а отходы превращаются в крошечные твердые лепешечки лигнина, которые и служат кирпичами возводимых причудливых лабиринтов. И крохотные термиты, величиной в несколько миллиметров, день за днем, без устали перерабатывают целлюлозу в лигнин. А помогают им в этом процессе десятки и сотни еще более маленьких существ, живущие в его пищеварительном тракте - миксотрихи. Глотая перетертые кусочки древесины, эти простейшие добавляют к ним свои ферменты, которые и разлагают целлюлозу на легкоусвояемые углеводы и лигнин. И, соответственно, эти микроскопические существа осуществляют сложнейший биохимический процесс. Но и это не все! Под электронным микроскопом можно разглядеть, что к телу миксотрихи прикреплены существа еще меньших размеров, принадлежащие к семейству спирохет. Эти микроорганизмы пристраиваются за крохотной порцией питательных углеводов, но и помогают ей передвигаться в пищеварительном тракте. Но и это еще не все! Помимо спирохет, на теле миксотрихи располагается множество бактерий, а между жгутиками спирохет еще более крохотные существа. И все они живут в симбиозе с одной целью: поставлять в «общий котел» ферменты, необходимые для переработки

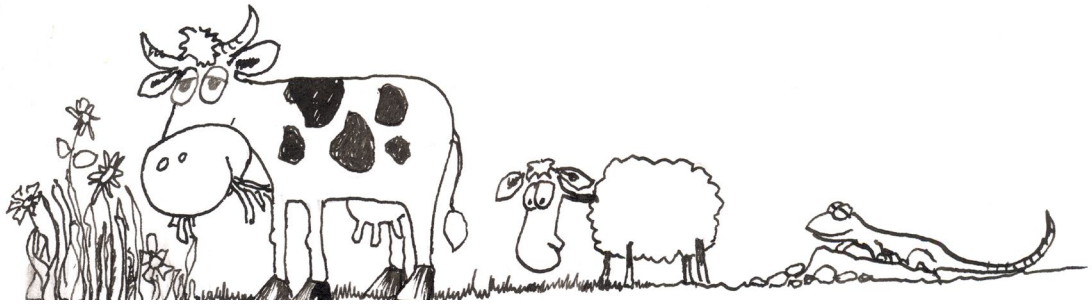


целлюлозы в углеводы и лигнин (http://www.znanie-sila.ru/online/issue_790.html).

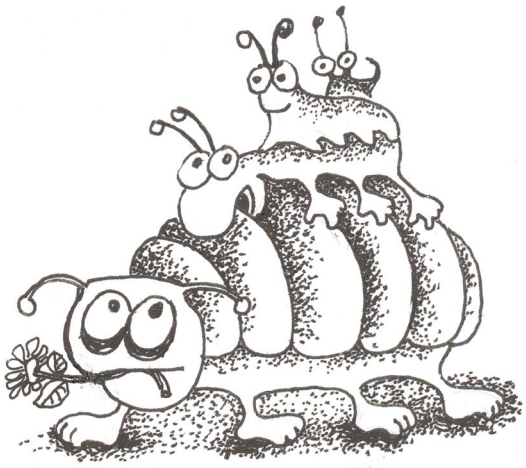
Симбиоз, т.е. совместное существование организмов, подразделяется на мутуализм, комменсализм и паразитизм. Взаимовыгодные отношения между организмами называются **мутуализмом.** Мутуализм может быть **факультативным** (необязательным), в случае, если каждый из организмов может существовать самостоятельно (**протокооперация**), и **облигатным** (обязательным), жизненно необходимым для обоих партнеров, связанных отношениями коадаптации. Иногда взаимоотношения настолько важны, что гибель одного организма неизбежно ведёт к гибели другого. Ярким примером мутуализма, знакомого нам с детства, является опыление растений насекомыми, в процессе которого насекомые питаются пыльцой или нектаром. А некоторые муравьи являются защитниками тли, от которой взамен получают выделения, содержащие сахар. Рыбы-«санитары» и птицы-«санитары», уничтожающие паразитов на коже крупных млекопитающих и рыб, птицы, распространяющие семена растений - все это примеры взаимовыгодного сотрудничества между организмами. При этом речь идет не об альтруизме между организмами, а о взаимной выгоде.

Типы взаимоотношений, при которых одна популяция извлекает пользу от взаимоотношения, а другая не получает ни пользы ни вреда, называется **комменсализмом**. Ярким примером проявления этого типа взаимоотношений является знакомая картина в лесу: лишайники, на деревьях. Различают различные формы комменсализма: нахлебничество, сотрапезничество и квартиранство. При ***нахлебничестве*** один организм питается остатками пищи другого. Например, остатки пищи после львов съедаются гиенами, а рядом с акулами часто «путешествуют» в качестве бесплатных пассажиров рыбы-прилипалы, которые уничтожают остатки растерзанных акулами жертв. При ***сотрапезничестве*** происходит потребление разных частей или веществ одной и той же пищи. Например, самый крупный речной житель - африканский бегемот, съедает до 20 кг травы. На пастбищах бегемотов рядом постоянно находится египетская

цапля, собирающая из разрыхленной бегемотом почвы червей и насекомых. При ***квартирантстве*** одни организмы используют другие как транспорт или убежище. Например, многие насекомые обитают в гнездах птиц и норах грызунов, используя их как местообитание с благоприятным и стабильным микроклиматом.



Но отношения не обязательно бывают взаимовыгодными. Встречаются и ситуации, когда организм, обитающий на другом организме, приносит ему ощутимый вред или даже гибель организма. Такую форму сожительства называют **паразитизмом.** Термин паразит при переводе с греческого обозначает тунеядец. И, действительно, у паразитов-тунеядцев нет проблем с поиском пищи, организм хозяина служит надежной средой обитания. При паразитизме один организм (паразит) использует другой (хозяина) в качестве источника питания или среды обитания. Паразитизм – самый распространенный образ жизни: среди многоклеточных организмов нет ни одного, который не имел бы в своем теле (иногда на теле) паразитов. По различным оценкам, человек может быть «хозяином» для 2000 паразитов и более: от мельчайших микроорганизмов до метровых глистов.



И на каждом животном, и в каждом животном располагается «зверинец паразитов»: блохи и вши на коже, клещи в шерсти или в перьях, во внутренних органах множество глистов, в крови – бактерий, и в каждом паразите живет еще спектр паразитов поменьше….

Натуралистами открыты
У паразитов паразиты,
И произвел переполох
Тот факт, что блохи есть у блох.
И обнаружил микроскоп,
Что на клопе бывает клоп,
Питающийся паразитом,
На нем другой, ad infinitum. (Дж. Свифт).

Вставка 2. Дополнительная информация

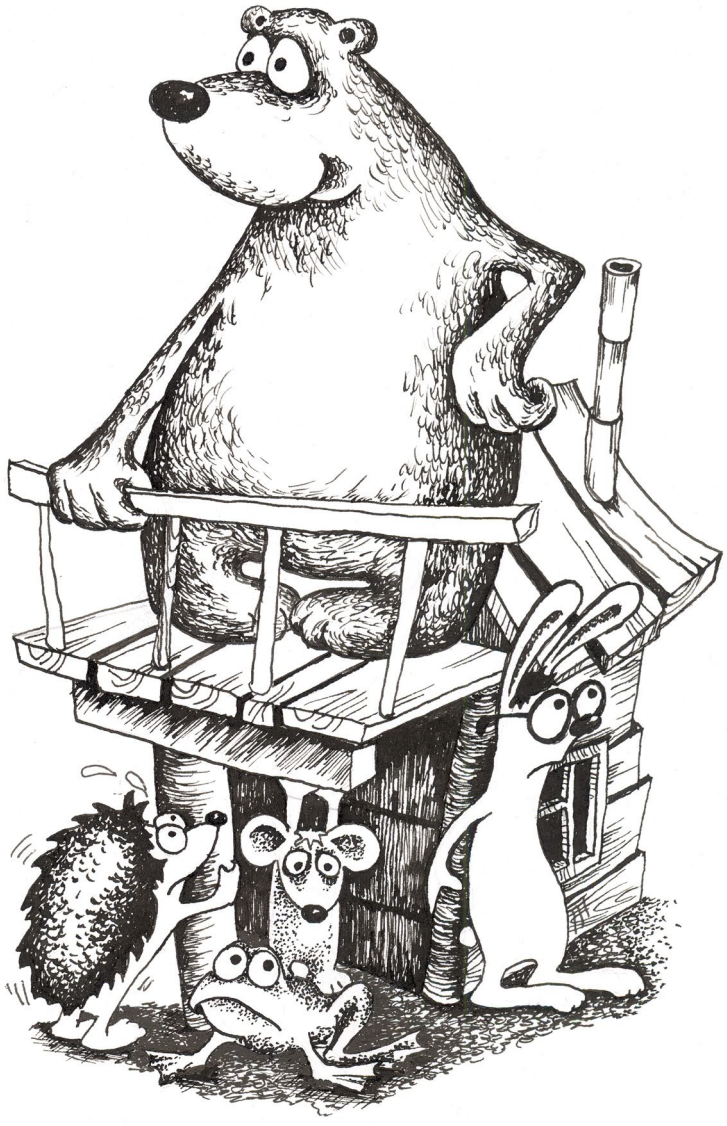
Некоторые виды паразитирующих организмов живут в теле хозяина всю жизнь, другие находятся ограниченное время, необходимое для размножения или роста. Все паразиты делятся на две группы: **эктопаразитов,** обитающих на поверхности тела хозяина и **эндопаразитов,** живущих внутри тела. К эктопаразитам животных относятся клещи, пиявки, блохи, клопы; к эктопаразитам растений - Петров крест на лещине, раффлезия на корнях дикого винограда и др. К эндопаразитам относятся черви, грибы, бактерии, вирусы, простейшие.

Паразиты способны разрушать ткани хозяина, выделяя в его организм ядовитые вещества. Реакцией на выделения паразитов, служат ответные защитные реакции активизации иммунитета. В результате эволюции у паразитов произошли физиологические и анатомо-морфологические изменения, заключающиеся в упрощении отдельных органов, вплоть до полной редукции. Так, некоторые растения - паразиты редуцировали фотосинтетический аппарат и корни, выработав систему присосок (заразиха), у животных - паразитов, обитающих в кишечнике, нет органов дыхания, зрения, нет пигментации.

Паразитизм, как и хищничество, несмотря на всю «неблаговидность» их деятельности, играют важную роль в жизни экосистем: таким образом, происходит регулирование плотности популяций и сдерживание катастрофических вспышек их численности.

Следующим типом отношений является **аменсализм**, при котором одна популяция отрицательно влияет на другую, но сама не испытывает отрицательного влияния. Примером могут служить отношения между светолюбивыми растениями, случайно попавшими под полог елового леса. Плотная крона елей препятствует проникновению света и растение может погибнуть, но самим деревьям такое соседство безразлично.

Взаимоотношения, невыгодные обоим организмам, называются **конкуренцией.**



Конкурентные отношения являются одним из важнейших механизмов формирования видового состава сообщества, распределения особей в пространстве и регуляции их численности. Организмы могут соперничать друг с другом за пищевые ресурсы, пространство, свет и т.д. Между особями или популяциями возникает как **внутривидовая конкуренция** (между особями одного и того же вида), так и **межвидовая конкуренция** (между особями разных видов), соревнующихся за одни те же ресурсы при их ограниченном количестве. Наличие конкуренции наиболее отчетливо проявляется по возрастанию показателей смертности, возникновению стрессовых ситуаций, снижению плодовитости и т.д.

Победителем в конечном итоге становится тот вид, который по сравнению с другими имел явные преимущества: был лучше приспособлен к условиям окружающей среды.

Понятие адаптации, приспособления к возникающим и меняющимся условиям среды – чрезвычайно широкое. Длительный процесс развития жизни в биосфере, привел к разнообразию обитателей планеты. Экологическая роль всех существующих вариантов связей между организмами сводится к тому, что в результате все организмы приспосабливаются к конкретным условиям, что обуславливает следующий виток эволюции.

4.4. Основные законы экологии

Несмотря на многообразие экологических факторов и различную природу их происхождения, существуют некоторые общие закономерности их воздействия на живые организмы. С одной стороны, все живые организмы способны к неограниченному расселению, с другой – распространение лимитируется как внешними преградами (горной цепью, морями, климатическими условиями), так и внутренними барьерами, обусловленными физиологическими особенностями данного вида и условиями среды, в котором он обитает, включая его взаимоотношения с популяциями других видов. Исторически первым для экологии был закон, устанавливающий зависимость живых систем от факторов, ограничивающих их развитие.

Для жизни любого организма необходимо определенное сочетание факторов и условий. Если все условия среды обитания благоприятны, за исключением одного, то именно это условие становится решающим для жизни рассматриваемого организма. Оно ограничивает (лимитирует) развитие организма, поэтому называется ***лимитирующим фактором***. В 1840 году немецкий химик Юстас Либих первым экспериментально доказал, что рост растения зависит от того элемента питания, который присутствует в относительно минимальном количестве. Данное явление названо **законом**

минимума, а в честь автора его часто называют **законом Либиха**. Сформулированный им закон гласил: **«Веществом, находящимся в минимуме, управляется урожай и определяется величина и устойчивость последнего во времени».** Например, если фосфора в почве лишь 20 % от необходимой нормы, а кальция — 50 % от нормы, то ограничивающим фактором будет недостаток фосфора; необходимо в первую очередь внести в почву именно фосфорсодержащие удобрения. По имени учёного названо образное представление этого закона — так называемая «бочка Либиха». Суть модели состоит в том, что вода при наполнении бочки начинает переливаться через наименьшую доску в бочке и длина остальных досок уже не имеет значения.

Принцип лимитирующих факторов относится как к абиотическим, так и к биотическим факторам. В качестве лимитирующего фактора могут выступать температура, влажность, концентрация какого-либо вещества в воде, воздухе, почве, пищевые ресурсы и пр. Например, в земледелии лимитирующим фактором развития могут быть вредители, сорняки, химические элементы и их соединения, температурный и водный режим почв и т.д. Лимитирующие факторы среды определяют географический ареал вида: ограничивающим фактором продвижения вида на юг является

недостаток влаги и высокие температуры, а на север, наоборот, ее избыток и недостаток солнечной активности. Лимитирующим распространение вида могут быть биотические факторы среды - например, наличием сильного конкурента. Для некоторых растений лимитирующим фактором развития становится недостаток (или отсутствие) представителей другого вида. Например, интродуцированный в Калифорнийские экосистемы средиземноморский инжир не плодоносил, пока оттуда же не завезли единственный для него вид пчел-опылителей. Воздействие загрязняющих веществ антропогенного происхождения также подчиняется закону лимитирующих факторов. В современной формулировке закон минимума звучит так: **выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей.**

Однако позднее выяснилось, что лимитирующим может быть не только недостаток, но и избыток фактора, например, из-за избытка влаги или перенасыщения почвы удобрениями может произойти гибель урожая. А эффективность фотосинтеза, определяемая, как известно, количеством падающего на поверхность зеленого листа света различна: излишнее затенение может подавлять жизнедеятельность растения, но и при увеличении потока света фотосинтетическая активность падает.

Спустя 70 лет после работ Ю.Либиха американский зоолог В.Шелфорд сформулировал **закон толерантности.** Согласно **закону толерантности лимитирующим фактором процветания популяции (организма) может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия, а диапазон между ними определяет величину выносливости (предел**

толерантности).

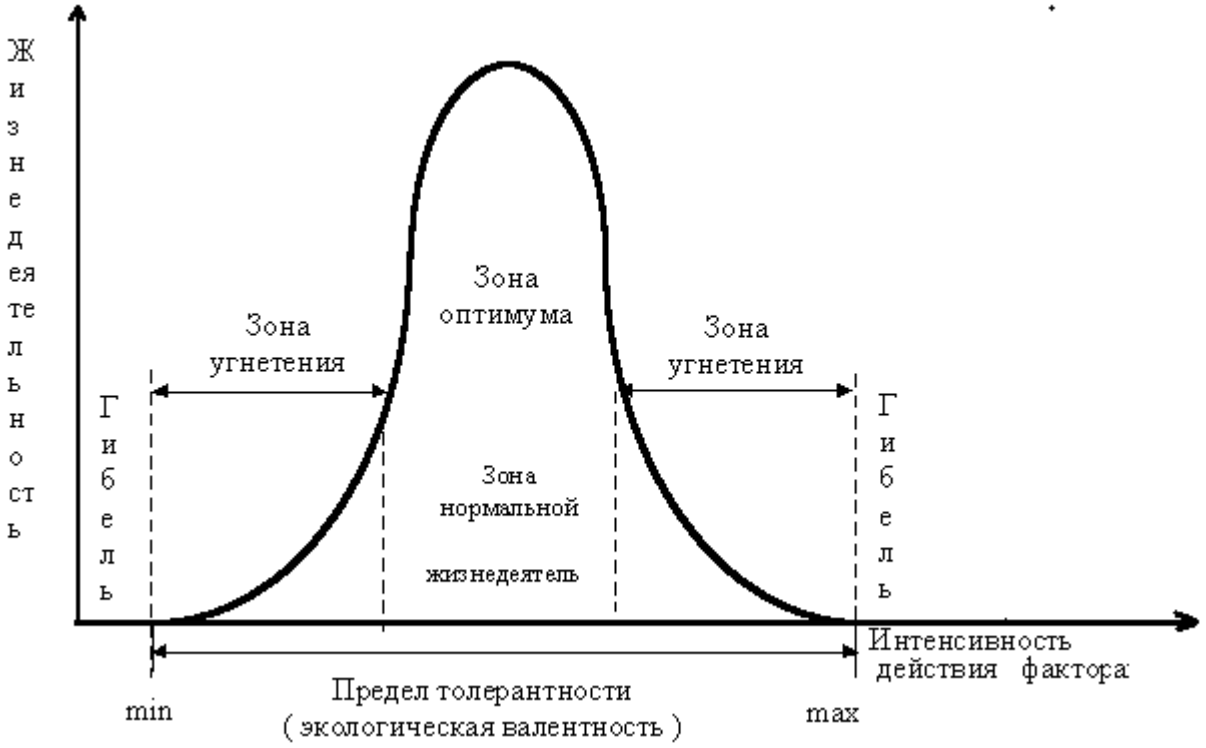


Рис. 4.4. Предел толерантности

Чем значительнее отклонение действия фактора от оптимума, тем больше данный фактор угнетает жизнедеятельность популяции. Этот диапазон называется **зоной угнетения**. Максимально и минимально переносимые значения фактора - это критические точки, за пределами которых существование организма или популяции уже невозможно. Диапазон значений факторов между критическими точками называется **экологической толерантностью или валентностью.**

Таких кривых для каждого организма можно построить множество: каждый экологический фактор для каждого конкретного вида будет иметь свою зону оптимума. И, соответственно, наиболее комфортные условия для жизнедеятельности организма будут в том случае, когда все факторы находятся в пределах зоны оптимума. И, исходя из закона лимитирующих факторов, выход за пределы хотя бы по одному показателю, может оказаться губительным для организма.

Однако, это правило имеет одно ограничение: в 1930 году Э. Рюбель сформулировал закон компенсации факторов, согласно которому **отсутствие**

или недостаток некоторых факторов может быть компенсирован другим близким фактором. Например, некоторые моллюски при дефиците кальция могут строить свои раковины из стронция, или, например, недостаток света может быть частично компенсирован повышенным содержанием углекислого газа в воздухе.

Благоприятный диапазон действия экологического фактора называется **зоной оптимума (нормальной жизнедеятельности).** Согласно **закону оптимума любой экологический фактор имеет определённые пределы положительного влияния на живые организмы.** Данный универсальный закон определяет границы условий, в которых возможно существование живых организмов, а также меру изменчивости этих условий. Экологический оптимум обеспечивает экологическое равновесие.

Для большинства видов оптимум температур находится в пределах 20-25^{0}С. Для человека, например, зоной оптимума является состояние ощущения комфортности, при котором обеспечивается оптимальный уровень физиологических функций. Так, в умеренных широтах в летней одежде при относительной влажности воздуха 40-60 % оно определяется пределами температур около 18-20 С. Здоровый человек без одежды может некоторое время «продержаться» и при очень низких и при высоких температурах, но продолжительность безопасного пребывания будет ограничена: при температуре + 70^0 С она не будет превышать одного часа, а при температуре - 70 ^{0}С - не более 10 минут.

Оптимальная зона организма по отношению к какому-либо фактору среды может изменяться в зависимости от того, в каком сочетании взаимодействуют одновременно другие факторы. Например, многие из личного опыта знают, что высокие температуры воздуха намного легче переносятся при низкой влажности, а в зимнее время наличие ветра при низких температурах увеличивает ощущение холода. Соответственно, **все факторы среды, необходимые для жизни, равнозначны и любой фактор может ограничивать возможности существования организмов.**

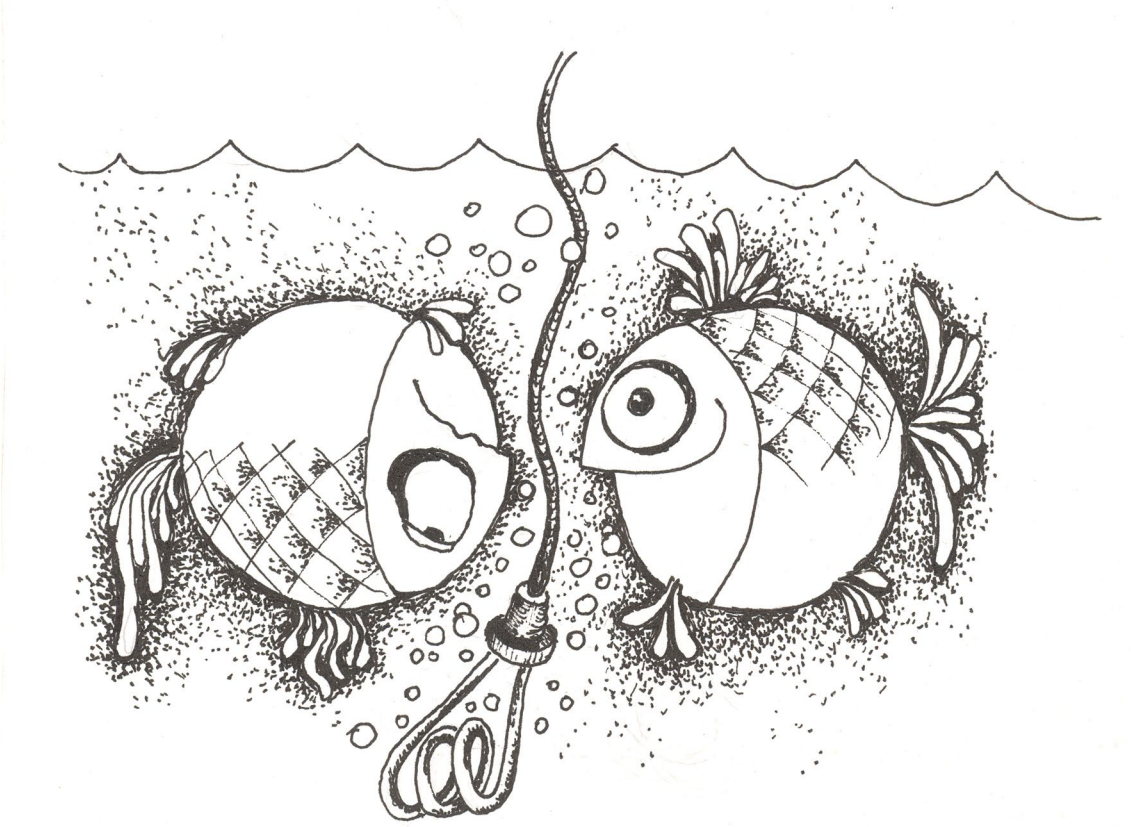
Изучение закона толерантности позволило установить пределы существования для некоторых растений и животных и сформулировать ряд положений, дополняющих закон:

- организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного фактора и узкий — в отношении другого;
- организмы с широким диапазоном толерантности ко всем факторам обычно являются наиболее распространенными;
- если условия одного экологического фактора не оптимальны для вида, то может сузиться и диапазон толерантности к другим экологическим факторам;
- пределы толерантности организма изменяются при переходе из одной стадии развития в другую: молодые организмы часто более уязвимы и более требовательны к условиям среды, чем взрослые особи;
- в период размножения многие факторы становятся лимитирующими: экологическая валентность для размножающихся особей, семян, эмбрионов, личинок, яиц обычно уже, чем для взрослых, не размножающихся организмов.

В природе выделяются два крайних варианта функционирования живых организмов - узкая специализация и широкая выносливость. Узкоспециализированные виды могут жить только при определенных условиях. Например, многие обитатели морских глубин не переносят колебания температуры в $2\text{-}3^0$, а водные растения мгновенно увядают при попадании в воздушную среду. Виды, для существования которых необходимы строго определенные экологические условия, называют **стенобионтными,** а виды с широким диапазоном выносливости - **эврибионтными.** Если необходимо подчеркнуть отношение вида к определенному фактору среды, в экологии используют приставки **стено-,** что означает «узкий» и **эври-** — «широкий».

Например, в зависимости от ширины интервала температур, в пределах которого организмы способны существовать, они делятся на **эвритермные и**

стенотермные. Эвритермные организмы способны переносить значительные колебания температуры, а стенотермные существуют лишь в узких пределах. Так, для большинства растений тропических лесов колебания температуры в пределах 10^0 С могут быть губительными, а растения умеренных зон переносят колебания в 60^0 и более.



По отношению к влажности различают **эвригигробионтные и стеногигробионтные** организмы. Одни живут в широком диапазоне содержания влаги, а для вторых она должна быть строго определенной. Это правило разделения относится как к растениям, так и к животным. Так, верблюд или варан, злаки или полыни легко переносят отсутствие влаги, а земноводные или плавающие растения погибают при ее недостатке.

Отношение организмов к солености предопределяет деление на **эвригалинные** и **стеногалинные организмы.** Большинство обитателей морей и пресноводных водоемов могут жить при строго определенном уровне солености воды. Пресноводные рыбы гибнут в морской среде, а морские виды не переносят отсутствие соли. Но в природе распространены

наряду со стеногалинными видами и эвригалинные, наиболее ярким представителями которых являются проходные рыбы, легко мигрирующие из морей в реки и обратно. Эвригалинность у этих видов обусловлена осморегулирующими системами организма.

Очевидно, что организмы с широкими границами устойчивости имеют, как правило, более широкое распространение. Но необходимо отметить, что широкий диапазон по одному фактору не означает широких границ по всем факторам. Организм может быть эвритермным, но стенобатным (иметь узкий диапазон стойкости по отношению к давлению) или стенотермным, но эврифагом (питаться разнообразной пищей).

Более того, у некоторых организмов в различные периоды жизни могут меняться требования к среде обитания. Так, личинки насекомых по отношению к температуре, как правило, стенобионтны, в то время как взрослые особи могут относиться к эврибионтам. Эврибионтность организмов увеличивается благодаря способности переносить неблагоприятные условия в состоянии анабиоза или спячки. В течение жизни особи ее толерантность может измениться, если особь попадет в иные внешние условия, в результате чего происходит изменение физиологического оптимума, или сдвиги купола кривой толерантности.

Широкий диапазон толерантности характерен для наиболее распространенных видов. Типичные эврибионты – это простейшие организмы и грибы. Из высших растений к эврибионтам, например, относится береза повислая. Напротив, стенобионтность у организмов вырабатывается вследствие их развития в относительно стабильных условиях, и чем сильнее она выражена, тем более ареал распространения вида ограничен. Например, сумчатый медведь коала, обитающий в Австралии, может жить только на тех видах эвкалиптов, листьями которых он питается.

Есть и другие термины, обозначающие отношение организмов к окружающей среде. Добавление окончания «фил» (от греческого – люблю)

обозначает приспособляемость вида к высоким дозам фактора (оксилофилы предпочитают большую концентрацию кислорода в среде, ацидофилы обитают в кислой среде, галлофилы приспособлены к сильному засолению почвенного субстрата или воды), а добавление «фоб», наоборот, обозначает непереносимость вполне конкретного экологического фактора.

Контрольные вопросы

1. Что понимается под экологическим фактором?
2. Приведите примеры абиотических, биотических и антропогенных факторов.
3. Охарактеризуйте свет как экологический фактор.
4. Охарактеризуйте температуру как экологический фактор.
5. Охарактеризуйте воду как экологический фактор.
6. Чем отличаются пойкилотермные организмы от гомойотермных?
7. Какие типы связей существуют между организмами?
8. Что такое лимитирующий фактор?
9. Что такое экологическая валентность?
10. Приведите примеры эври- и стенобионтных организмов.

Полезные ссылки:

Проблемы эволюции - http://macroevolution.narod.ru

Государственный Дарвиновский музей - http://www.darwin.museum.ru/

Вся биология - http://biology.asvu.ru/

Классическая и молекулярная биология - http://molbiol.ru/

Глава 5. Экологические принципы функционирования экосистем

Сложные системы приводят
к неожиданным последствиям.
Совокупное поведение больших систем
предсказать нельзя.
Закон Мерфи

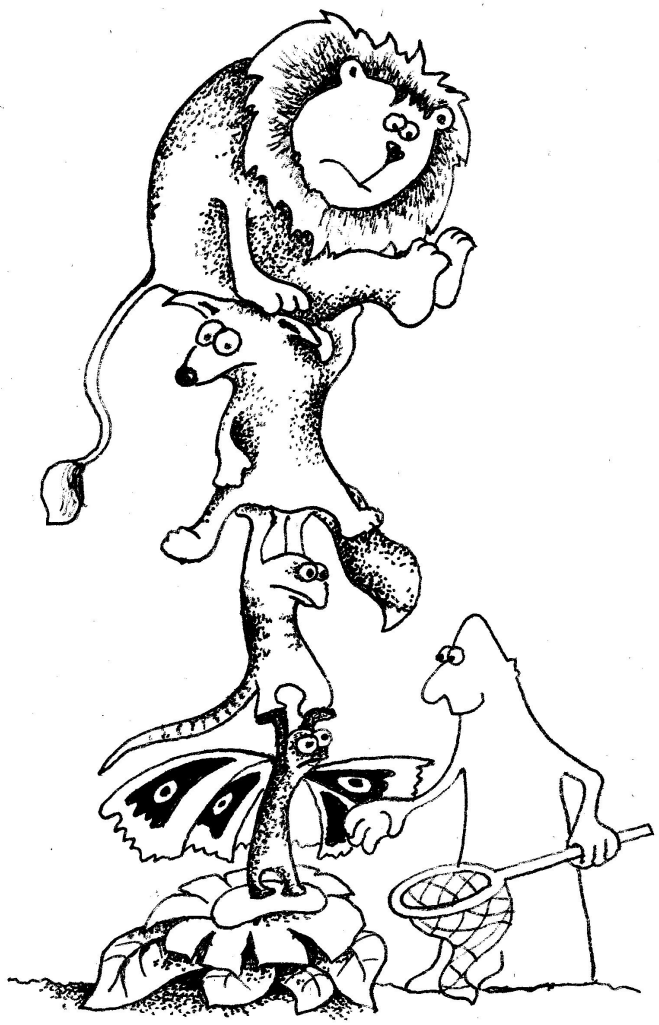
Современная среда обитания человека представляет собой мозаику природных, природно- антропогенных и антропогенных экосистем. Несмотря на то, что во многих регионах природные системы не только преобразованы, но часто и уничтожены, любое исследование должно начинаться со знания принципов, лежащих в основе организации экосистем и определяющих их динамику и развитие. Основные принципы могут быть сведены к набору весьма понятных и простых правил:

- **«все связано со всем»**
- **«все должно куда-то деваться»**
- **«природа знает лучше»**
- **«ничто не дается даром»**
- **«всему есть предел»**
- **«вторгаясь в настоящее, предвидь будущее»**
- **«отравленные реки впадают в море слёз»**

Первые четыре закона-поговорки были в шутливой форме сформулированы американским ученым Барри Коммонером в книге «Замыкающийся круг» (1974). Мы попытались продолжить подобный вариант определений и для других существующих закономерностей.

<u>«Все связано со всем»</u>

В природе существует закон о всеобщей связи вещей и явлений. Каждая экологическая система любого иерархического ранга - от глобальной до локальной, характеризуется большой сложностью взаимосвязанных частей, объединенных непрерывным процессом обмена энергией и веществом. Бесконечные варианты связей между компонентами внутри экосистемы, позволяют самоподдерживать, саморегулировать и развивать данную систему. Эти свойства под влиянием внешних перегрузок могут быть нарушены. Изменение одного из элементов системы вызывает как количественные, так и качественные перемены в её функционировании и структуре.



Поскольку в природе не существует изолированных друг от друга явлений и процессов, то и любая хозяйственная деятельность отражается сразу на всех компонентах окружающей среды. Для наглядности достаточно вспомнить рассказ Рея Бредбери «И грянул гром». Группа охотников с помощью машины времени переместилась в прошлое с одним предупреждением – не сходить с тропы, дабы не убить ни жука, ни цветок, ни птицу, не уничтожить важное звено в эволюции вида. Один из героев случайно сошел с тропы и раздавил золотистую бабочку. Когда

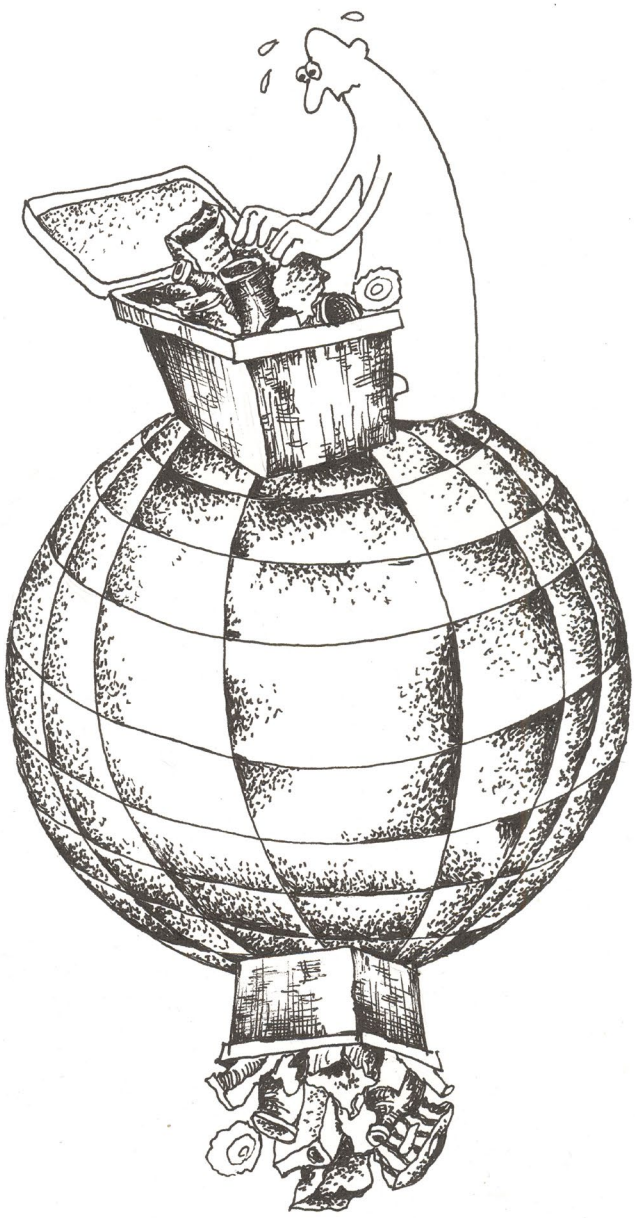
путешественники вернулись назад, то с ужасом увидели другой мир: другой воздух, другие краски и даже другого президента у власти. Конечно, это фантастика, но и она заставляет задуматься.

Так, при осушении болота, изменяется гидрологический режим территории несопоставимо большей по размерам с этой экосистемой, распахивание и орошение земель приводит не только к изменению биоценозов, но и к изменению всех абиотических компонентов экосистемы: микроклимата, почвенного покрова, уровня залегания и минерализации грунтовых вод. А сведение тропических лесов не только сокращает биоразнообразие данного биома, но приводит к изменению функционирования биосферы в целом. И даже небольшой, но существенный сдвиг параметра одного из компонентов экосистемы, может привести к цепочке долговременных и отдаленных во времени последствий.

«Все должно куда-то деваться»

Всем со школьной скамьи известен фундаментальный физический закон сохранения материи: ***материя не исчезает, она только переходит из одной формы в другую.*** Действительно, в природной среде не существует такого понятия как «мусор», поскольку отходы одних организмов служат пищей для других. И если для животных углекислый газ можно рассматривать как отходы дыхания, то для зеленых растений – это питательная среда. Кислород, «выбрасываемый» растениями используется животными. А органические остатки, как растений, так и животных служат питательным субстратом для грибов и бактерий. В природе круг всегда замыкается.

Одной из причин современного экологического кризиса является образование критического количества бытовых и промышленных отходов, в том числе и радиоактивных. Так, для удовлетворения потребностей людей ежегодно извлекается до 30 млрд. т полезных ископаемых, перемещается 100-150 млрд. т земных недр, при этом значительная часть ископаемых не входит в конечные продукты, образуя отходы. И даже после сжигания бытового мусора он не исчезает совсем, а только становится меньше по массе и объему. И для захоронения этих остатков все равно нужна территория. Отсюда следует вывод, что в любом хозяйственном цикле абсолютно безотходное производство невозможно, а отходы могут быть только перемещены в пространстве или переведены из одной формы в другую.



Вставка 1. Дополнительная информация

Изготовление любого предмета сопровождается отходами, которые немецкие ученые назвали «Экологическим рюкзаком». Так, десятиграммовое золотое кольцо имеет экологический рюкзак в 3,5 тонны отходов, экологический рюкзак 1 тоны угля равен 3,5

тоннам, 1 тонны стали – 20 тоннам, а при изготовления 1 тонны меди груз отходов составляет около 420 тонн.

Решение этих проблем может быть связано с развитием таких производственных циклов, где отходы одного хозяйственного уровня переработки первичного сырья должны стать вторичным сырьем для другого. Но в современной действительности, в круговороты веществ вовлечено большое количество соединений и элементов техногенного происхождения. В результате рассеивания их в окружающей среде, они аккумулируются в природных экосистемах. Так, например, вместе с талыми водами и дождевыми осадками, в районах техногенных экосистем, в потоки вовлекаются соединения тяжелых металлов, попадающие в водоемы или реки, которые затем накапливаются в водных организмах, в том числе в рыбе. Следующим звеном этой цепочки является человек, питающийся такой рыбой.

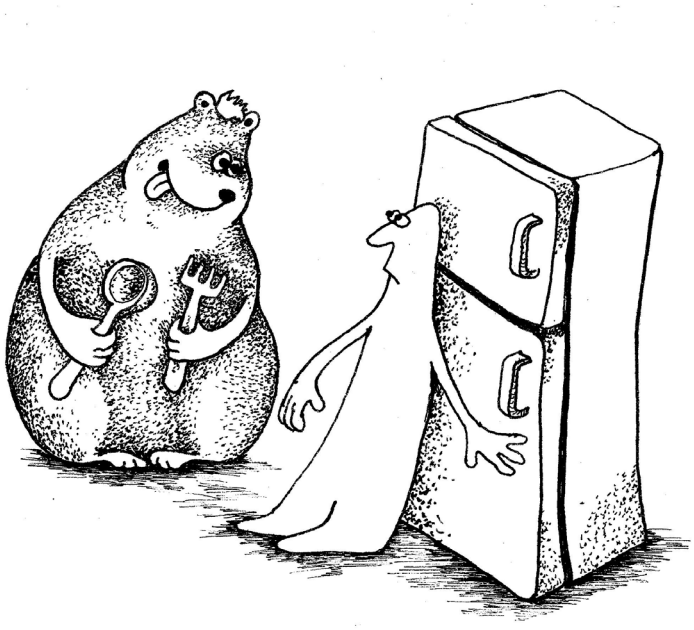
«Природа знает лучше»

Это – предупреждающий принцип: ***наши знания природных процессов пока явно недостаточны и проигрывают налаженным природным механизмам.*** Действительно, в век технического прогресса создано немалое количество средств, покоряющих воображение. Но любое из этих технических новшеств все равно уступает удивительному совершенству живых организмов, выработанному на протяжении миллиардов лет природой. Согласно Н.Ф. Реймерсу, один лишь математический расчет параметров биосферы требует неизмеримо больше времени, чем весь период существования Земли как твердого тела.

Поэтому, любое «улучшение» экосистем может привести к обратному эффекту, поскольку информация по преобразованию и изменению природной среды априори недостаточна для прогноза всех возможных последствий, особенно в далекой перспективе, когда разовьются многие природные

цепные реакции. И любые попытки внести изменения в отлаженный механизм экосистемы чреваты нарушением прямых и обратных связей.

Примеров изменения функционирования экосистем, произошедших в результате деятельности человека, множество. «Вытаскивание» кирпичиков из организованной системы взаимосвязей, приводит к целой череде негативных неожиданных последствий. Например, в 1972 году в бывшей Чехословакии было отмечено страшное наступление хомяков. А началось все с постройки дамб, защищающих Восточно–Словацкую низменность от паводков, создания крупных мелиоративных систем, значительно снизивших уровень грунтовых вод. Кроме того, в связи с механизацией сельского хозяйства увеличились потери зерна и, соответственно, создался некоторый избыток пищи для грызунов. Миллионы грызунов наводнили стога, сеновалы, силосные хранилища, нападая на домашний скот, забирались даже на пятые этажи панельных домов. Вот как описывает в то время свою поездку по долине реки Тисы чешский журналист Йозеф Велек: «Мы ехали по дороге, напоминающей стол мясника. Хомяки хрустели у нас под колесами, и водителю приходилось проявлять изрядную сноровку, чтобы удержаться на асфальте». Потребовалась 26 тысяч дератизаторов, которые в течение несколько месяцев разбрасывали отравленный ячмень в надежде снизить численность грызунов. Нарушение естественного равновесия в природе обошлась в тот момент государству в 100 миллионов крон (Велек, 1983).



«Ничто не дается даром»

Не существует бесплатных ресурсов. Иллюзия неисчерпаемости и бесконечности многих природных ресурсов привела к развитию процессов загрязнения воздуха, воды и почвы, острой нехватке пресной воды во многих перенаселенных странах, к истощению минеральных ресурсов и надвигающемуся энергетическому кризису. Чем более глубоко нарушаются экосистемы и выводятся из состояния динамического равновесия, тем большее количество затрат потребуется на их восстановление. И любое непродуманное вмешательство, будь то сведение крупных лесных массивов или нарушение гидрологического баланса территории, практически всегда приводит к экологическому ущербу, который впоследствии приведет к экономическим потерям.

«Глобальная экосистема представляет единое целое, в рамках которого ничего не может быть выиграно или потеряно и которое не может являться объектом всеобщего улучшения: все, что было извлечено из нее человеческим трудом, должно быть возмещено. Платежа по этому векселю нельзя избежать: он может быть только отсрочен» (Б.Коммонер, «Замыкающийся круг», 1974, стр. 32).

Любое изменение природный объектов, может возвратиться к человеку бумерангом. Например, многие стойкие загрязнители (тяжелые металлы, хлорорганические соединения и др.) не полностью выводятся из живых организмов, постепенно накапливаясь в их органах. Соответственно, и в телах организмов всех последующих трофических уровней происходит накопление еще более высоких концентраций загрязняющих веществ. Поскольку человек часто является конечным звеном трофической цепочки, то именно он и является конечным биоаккамулятором загрязнителей. Такое явление образно называют «экологическим бумерангом»: загрязняя окружающую среду, человек в наибольшей степени и получает продукты загрязнения.

«Всему есть предел»

Природа может выдержать вмешательство человека, но всему есть предел. Согласно закону внутреннего динамического равновесия, принципу гомеостаза, при незначительном вмешательстве в естественную среду экосистемы способны саморегулироваться и восстанавливаться, но если оно превышает определенные пределы толерантности видов, то возникают цепные реакции. Под цепной реакцией понимается ряд природных явлений, каждое из которых порождает свою череду изменений. Накопление количественных изменений может перейти в качественные изменения всей экосистемы после определенной точки бифуркации.

Поэтому необходимо знать положение гомеостатических пределов функционирования экосистем и биосферы в целом, выход за пределы которых может привести к нарушению природного равновесия, уничтожению экосистемы или к её переходу на более низкий энергетический уровень. К сожалению, современный уровень развития науки еще далек от определения пределов надежности всех конкретных параметров экосистем, их буферности и инерционности.

Так, одной из величайших экологических катастроф XX столетия стало высыхание Аральского моря, которое ещё в середине прошлого века было четвертым по величине озером в мире. Масштабное строительство оросительных каналов в Средней Азии для полива полей хлопчатника, привело к тому, что в озеро-море практически полностью лишилось питания впадавших в него рек – Амударьи и Сырдарьи. Уже к концу XX столетия море потеряло три четверти объема, площадь водной поверхности сократилась более, чем вдвое. Береговая линия отступила на 100-150 км, соленость воды возросла почти в 10 раз, что привело к исчезновению рыбы. Само море разделилось на 2 части: Большой и Малый Арал. В результате, тысячи тонн соли и пыли разносятся на сотни километров ежегодно с высохшей акватории моря – образовавшейся пустыни Аралкум. Усыхание моря изменило климат Приаралья, который стал более континентальным.

Восстановление Аральского моря в прежних очертаниях невозможно: точка невозврата была пройдена.

«Вторгаясь в настоящее, предвидь будущее»

В экологической практике необходимо учитывать принцип обманчивого благополучия. Согласно этому принципу результаты антропогенного вмешательства могут существенно различаться на начальном и последующих этапах. Так, после первых успехов может создаться иллюзия положительного решения задачи, но успешность любого мероприятия можно объективно оценить лишь после результатов прохождения всех природных цепных реакций. Продолжительность природного цикла может составить несколько десятков лет.

Примеров обманчивого благополучия предостаточно. Так, Теодор Рузвельт, известный своей увлеченностью охотой, решил в свое время сохранить оленей на одном из плато в Аризоне. Для этого истребили всех волков. В результате, в первые годы действительно поголовье оленей сильно увеличилось, но через несколько лет стало катастрофически падать. Причина была не только в нехватке корма для большого стада, но и в том, что нежизнеспособные и больные олени, которые раньше уничтожались волками, оставались жить, принося нестойкое к болезням потомство.

Всемирная организация здравоохранения в 50-е годы XX века из-за частых эпидемий малярии на севере о. Борнео (Бруней) начала работы по распылению пестицидов, убивающие малярийных комаров. Эпидемия малярии отступила, но вместе с комарами погибли многие другие насекомые, в том числе мухи и тараканы. В результате стали гибнуть ящерицы, которые питались отравленными насекомыми. Затем стали гибнуть кошки, поедавшие ящериц. Размножившиеся в отсутствии кошек крысы начали набеги на деревни. Поскольку на крысах живут блохи, являющиеся переносчиками чумы, возникла опасность эпидемии чумы. Для исправления ситуации на остров срочно стали доставлять здоровых кошек.

Австралия, природа которой отличалась практически полным отсутствием хищников в экосистеме, волей-неволей стала ареной для различного рода «экспериментов». Одна из нашумевших в последние десятилетия историй неудачного интродуцирования новых видов в экосистемы континента связана с тростниковыми жабами (или жаба-ага), родиной которых была Южная и Центральная Америка. Эти достаточно крупные земноводные, достигающие в длине более 20 см и в массе – более килограмма, обладают удивительным спектром многочисленных возможностей для выживания: они плодовиты (самка дважды в год откладывает 30-40 тысяч икринок) и всеядны (поедают не только беспозвоночных -пчел, муравьев, улиток и т.д. , но и мелких ящериц, птенцов, небольших зверьков). Кроме того, тростниковые жабы ядовиты и способны «выстреливать» в хищника буфотоксинами, содержащимися в её железах. Эту особенность жаб традиционно использовали индейцы Южной Америки, смазывающие наконечники стрел сильнодействующим парализующим ядом.

Эта история началась в июне 1935 года, когда для борьбы с вредителями сахарного тростника в Австралию с Гавайев было доставлено 102 жабы для размножения, а уже через два месяца размножившаяся популяция жаб, общей численностью более 3000 особей, была выпущена на плантации Квинсленда. При отсутствии естественных врагов в природе, жабы мгновенно расплодились и освоили близлежащие водоемы. Сейчас популяцию жаб оценивают в более чем в 200 миллионов особей. И эти миллионы тростниковых жаб все время передвигаются, расширяя свой ареал на 50 км ежегодно. Чрезмерно расплодившиеся жабы всерьез угрожают биологическому разнообразию Австралии: они не только вытесняют аборигенные виды, разоряют пасеки, но и служат причиной отравление крупных животных - пресноводных крокодилов, собак-динго и сумчатых куниц, поедающих их. В результате не только австралийские фермеры не знают покоя с 40-х годов 20 века, - сейчас жаб истребляют всеми

возможными способами: созданы дружины добровольцев по их истреблению, их опрыскивают специальными растворами. Из них даже стали изготавливать жидкие удобрения. В настоящее время жабы заселили север и северо-восток континента. Что же касается тростникового жука, то его популяция сегодня больше, чем в 1935 году. Эту цепочку событий можно было предвидеть.

«Отравленные реки впадают в море слёз»

Взаимодействие между изменяющимися компонентами системы, как правило, имеет нелинейный характер, и слабое изменение одного из параметров системы может вызвать сильное отклонение других параметров или привести к изменению всей системы в целом. Поэтому, системообразующая роль различных элементов экосистемы может быть неравнозначной. И даже слабые воздействия, не вызывающие в экосистеме заметных ответных реакций, могут после их накопления привести к развитию стремительного разрушительного динамического процесса. Поэтому, нелинейность многих природных процессов должна быть учтена при принятии природоохранных решений.

Так, живые организмы способны накапливать определенные химические элементы и соединения таким образом, что если в окружающей среде концентрацию некого элемента принять за единицу, то на первом пищевом уровне у фотосинтезирующих организмов - она возрастет в 10 раз, на следующем пищевом уровне - в 100 раз и т.д. В результате безвредные концентрации элементов могут стать токсичными.

Например, после попытки уничтожения комаров на озере Клир-Лэйк в США инсектицидом ДДТ, его концентрация в воде составила 0,02 части на 10^6, в планктоне – 10 на 10^6, в рыбах, питающихся планктоном, – 903 на 10^6, в хищных рыбах – 2690 на 10^6, а в рыбоядных птицах – 2134 на 10^6. Таким образом, концентрация ДДТ увеличилась в 100 000 раз по мере продвижения вверх по пищевой цепи, что привело к сокращению численности птиц на

озере (Инге-Вечтомов, 1998) . Этим объясняется тот факт, что хищники высокого ранга в пищевых цепях подвержены большим опасностям.

Таким образом, окружающая нас природа значительно сложнее и многообразнее, чем мы её представляем. Ничто не находится в покое: всюду на планете происходят постоянные изменения, превращения. Одни процессы происходят буквально на наших глазах, другие длятся столетиями. Одни превращения явны, другие скрыты и проявляются через промежутки времени. Современная экология только постигает сложнейшие механизмы функционирования окружающей среды.

Контрольные вопросы:

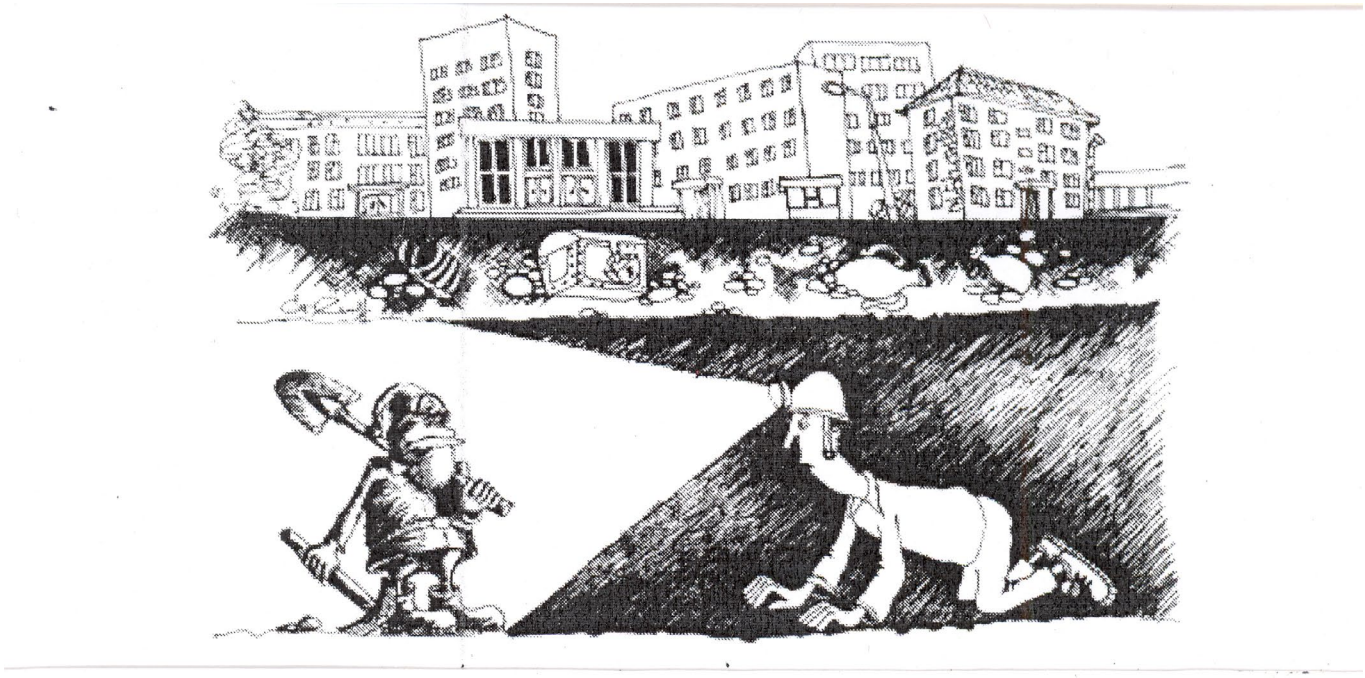
1. Какова сущность закона внутреннего динамичного равновесия?
2. Почему природа знает лучше?
3. Почему на всех может не хватить ресурсов планеты?
4. В чем суть закона цепных реакций?
5. Обоснуйте принцип обманчивого благополучия.
6. В чем сущность закона генетического разнообразия?
7. Как проявляется закон бумеранга?

Глава 6. Природные ресурсы биосферы и загрязнение среды

Если четыре причины возможных
неприятностей заранее устранены,
то всегда найдётся пятая
Закон Мерфи.

Как ни крути, у нас в запасе другой планеты нет. И ни одна часть Земного шара герметически не изолирована от всех других. И все, что случается в Антарктиде или на Северном полюсе непременно скажется и на том, что происходит в центре Нью-Йорка или Лондона, Пекина или Москвы. И даже самое благополучное и процветающее общество не может себя оградить от экологических катастроф или с помощью волшебной палочки восстановить запасы природных ресурсов биосферы.

На ранних этапах развития общества, человек был частью природы и возникающие минимальные отходы в племенах охотников и собирателей полностью утилизировались в природных экосистемах. Впоследствии, при переходе к производящему хозяйству, человек научился возделывать почву, захватывая новые участки территории и сжигая древесную растительность, орошать поля, добывать металлы и использовать в качестве источника энергии ветер и воду. В XX веке человеческое сообщество уже полностью преобразовало более половины природных экосистем планеты: зарегулировало реки и построило водохранилища, стало использовать радиоактивные элементы в качестве источника энергии, извлекать из недр литосферы и перерабатывать тонны минерального сырья и т.д. И если в древние века человек применял не более 19 химических элементов, в начале XX столетия - уже 59, то в начале третьего тысячелетия использует уже все химические элементы, обнаруженные в земной коре и, более того, синтезирует новые искусственные.



6.1. Классификация природных ресурсов

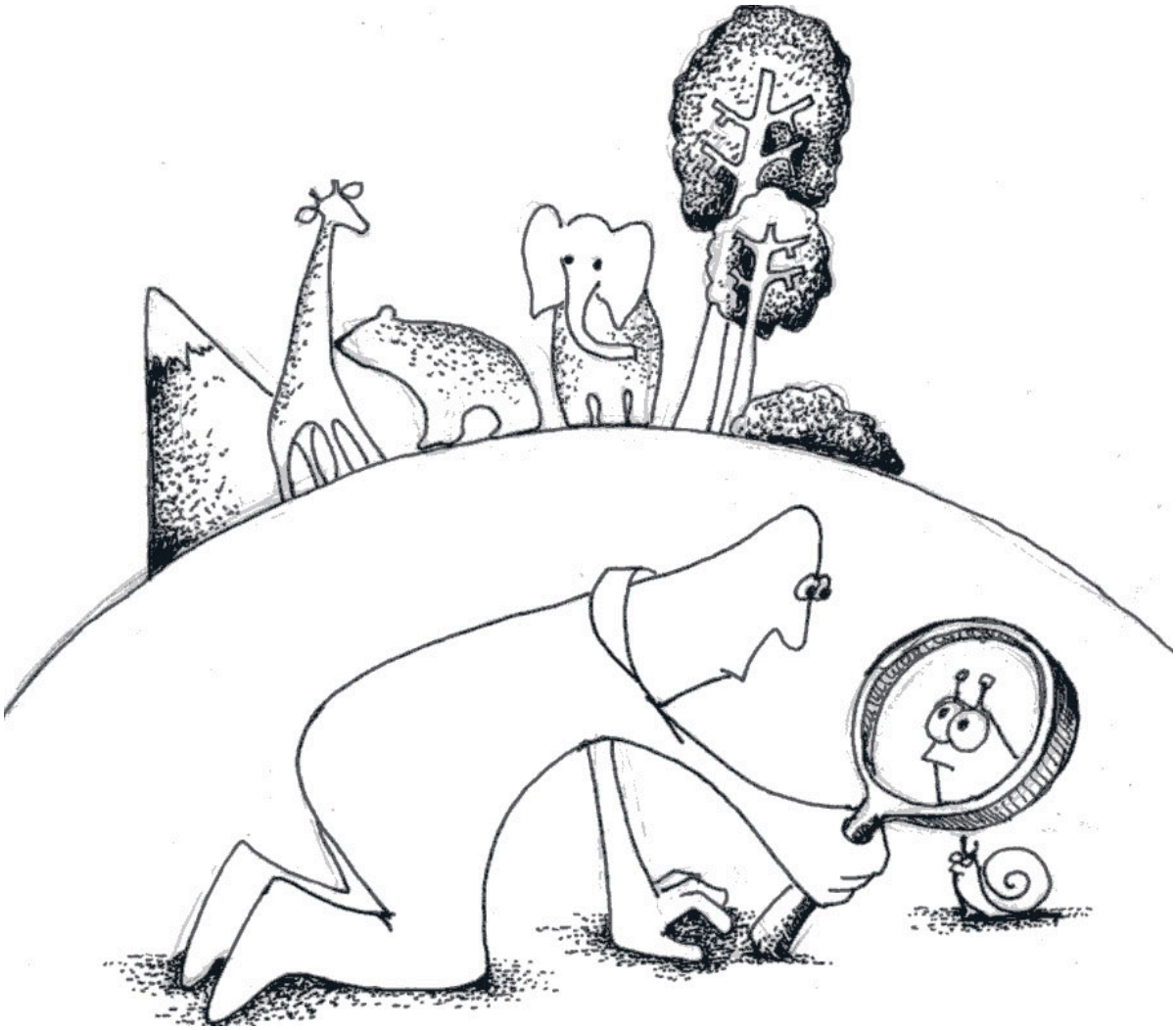
Стремительное развитие экономики в последние столетия происходило за счет потребительского отношения к природным ресурсам. **Природные ресурсы** – это совокупность компонентов живой и неживой природы, которые на данном уровне развития общества используются для удовлетворения материальных и культурных потребностей общества. Помимо природных ресурсов, можно выделить **природные условия,** к которым относятся элементы природы, необходимые человеку для его жизнедеятельности, но не вовлеченные в настоящий момент в материальное производство. К природным условиям можно отнести солнечное излучение, тепло Земли, рельеф местности, климат и т.п. Границы между природными условиями и природными ресурсами весьма подвижны. Так, по мере развития науки и техники многие природные условия становятся природными ресурсами. Например, еще в IXX веке нефть практически не использовалась, пока из нее не научились делать бензин, гудрон, мазут. Подземные воды не были ресурсом, пока люди не научились бурить скважины. Для прогнозирования моделей потребления человечества, необходимо различать природные ресурсы (resourses) и природные запасы,

резервы (reseurves). **Природные резервы** - это разведанные запасы сырья, которые могут быть добыты с помощью существующих технологий в обозримый период времени и при окупаемых затратах.

Существует несколько подходов к классификации природных ресурсов. ***По компонентам*** окружающей среды природные ресурсы подразделяются на водные, земельные, минеральные, биологические и т.д. ***По критерию исчерпаемости*** все природные ресурсы можно подразделить на две категории: **исчерпаемые и неисчерпаемые**. К неисчерпаемым относятся те ресурсы, которые можно использовать неограниченно долго: водные ресурсы, климатические ресурсы (атмосферный воздух, энергия ветра), земное тепло (тепло, излучаемое при проявлении вулканических процессов) и космические ресурсы (солнечная радиация, энергия морских приливов). К исчерпаемым относятся те ресурсы, которые могут быть полностью исчерпаны в ближайшем будущем или в отдаленной перспективе.

Исчерпаемые ресурсы в свою очередь разделены на **возобновимые,** к которым относятся ресурсы растительного и животного мира и **невозобновимые,** к которым относятся полезные ископаемые (например, нефть и газ, медь и алюминий). Использование невозобновимых ресурсов неминуемо ведет к их истощению, поскольку их количество ограничено. Подобное деление достаточно условно, поскольку для многих возобновимых ресурсов время возобновления настолько велико, что на некоторых территориях интенсивного ресурсопользования и загрязнения они могут перейти в разряд невозобновимых и их можно классифицировать как **неполностью возобновляемые**. Биосфера обладает значительной упругостью: она растворяет и разлагает на составляющие части многие химические вещества, восстанавливает качество воды и воздуха. Но главным условием возобновимости ресурсов является определение скорости их хозяйственного потребления, которая должна быть ниже, чем скорость их восполнения. В условиях высокой эксплуатации многие ресурсы, некогда считавшиеся возобновляемыми, потеряли способность к полному

возобновлению. Так, к не полностью возобновляемым ресурсам (слишком интенсивно используемых человеком) можно отнести, например, пахотные почвы, спеловозрастные леса, локально - водные ресурсы, многие виды диких животных и растений. Так, мы уже полностью потеряли многие виды животного мира, огромное количество биологических видов находится на грани вымирания.



Кроме этого все ресурсы можно разделить ***по критерию заменимости*** для человека на **незаменимые,** к которым относятся в первую очередь воздух и вода и **заменимые** - виды сырья и топлива. Также природные ресурсы можно разделить **по критерию использования** на производственные (промышленные и сельскохозяйственные), рекреационные, научные и другие.

6.2. Использование ресурсов и проблемы загрязнения среды

Современный путь экономического развития можно отнести к техногенному природоёмкому типу. Для него характерно быстрое и истощительное использование невозобновимых видов природных ресурсов, эксплуатация возобновимых ресурсов со скоростью, превышающей возможности их воспроизводства и восстановления. Отсутствие учета экологических ограничений привело к резкому увеличения объемов загрязнений и отходов хозяйственной деятельности, которые намного превышают ассимиляционные возможности окружающей среды.

В последние годы появляются тревожные цифры, свидетельствующие как о высокой степени загрязнения всех компонентов природной среды, так и об увеличении влияния измененных экосистем на живые организмы планеты, включая человека. Так, по мнению профессора Корнельского университета Д. Пайментела среди причин смертности населения мира около 40% вызваны загрязнением воздуха, воды и почвы. Экологические проблемы загрязнения окружающей среды усугубляются быстрым ростом численности населения, что обуславливает нехватку ресурсов воды, земли, энергии и пищи. Недоедание ослабляет организм человека и является косвенной причиной смертности от ОРЗ, малярии и других болезней, особенно в странах третьего мира. Высокая плотность населения в городах с плохими санитарными условиями, приводит к вспышкам таких заболеваний как корь и грипп. Поскольку около 80% всех инфекционных заболеваний передается через воду, то в условиях острого дефицита и загрязнения источников пресной воды именно некачественная питьевая вода провоцирует многие эпидемиологические очаги в мире. Другой причиной повышенной смертности являются токсичные выбросы в атмосферу, провоцирующие раковые заболевания, врожденные патологии и нарушения работы иммунной системы. Загрязнение почвенного покрова планеты приводит к накоплению токсичных веществ в пище и воде (http://www.news.cornell.edu/stories/Aug07/moreDiseases.sl.html).

Загрязнение окружающей среды – это привнесение в неё новых не характерных для неё веществ или превышение естественного среднемноголетнего уровня концентрации этих агентов в среде. Загрязнение может быть вызвано не только деятельностью человека, но и естественными причинами. Соответственно, оно подразделяется на природное загрязнение и антропогенное загрязнение. **Природное загрязнение** обычно обусловлено катастрофическими причинами, например, извержениями вулканов, селевыми потоками, наводнениями и другими природными катастрофами.

Антропогенное загрязнение, возникающее в результате деятельности людей весьма разнообразно: среди источников не только промышленные предприятия и теплоэнергетический комплекс, но и бытовые отходы, отходы животноводства, транспорта, а также химические вещества, привносимые для защиты полей от вредителей и сорняков. Непосредственными объектами загрязнения являются все компоненты природной среды - вода, воздух, почвы и биосфера в целом. Последствия загрязнения могут проявиться не сразу. Долгая аккумуляция токсичных веществ и соединений может завершиться скачкообразным проявлением очага загрязнения.

Таблица 6.1. Время разложения компонентов бытового мусора в морской воде

Компонент	Время	Компонент	Время
Бумажная салфетка	2–4 недели	Окрашенное дерево	13 лет
Газета	6 недель	Разовый стаканчик*	50 лет
Тетрапак	2 мес.	Жестяная банка	50 лет
Огрызок яблока	2 мес.	Поплавок от сети	80 лет
Картонная коробка	3 мес.	Алюминиевая банка	200 лет
Х/б перчатка	1–5 мес.	Одноразовая прокладка	450 лет
Х/б шнурок	3–4 мес.	Пластиковая бутылка*	450 лет
Пластиковая упаковка от банок с напитками*	6 мес.	Рыболовная леска*	500 лет
Биоразложимая прокладка	1 год	Стеклянная бутылка	Вечно
Шерстяная перчатка	1 год	* – пластик разложению не подвержен, но с течением времени измельчается	

Какие ассоциации у вас вызывает слово «остров»? Песчаный пляж, пальмы и снующие за рыбой альбатросы? Увы и ах, в середине прошлого века вместе с прорывом в разработке синтетических материалов стали появляться новые острова в океане, на которых нет желтого песка и зеленого буйства растительности. Эти «острова» полностью состоят из мусора, общий вес которого поражает воображение – миллионы тонн! Весь мусор, плавающий на поверхности океана, на 90% состоит из пластика. Сейчас в Мировом Океане насчитывается три дрейфующих острова, но самым известным является «Большое тихоокеанское мусорное пятно», расположенное в северной части Тихого океана. На этом участке, который как только не называют: и «Тихоокеанский мусороворот», и «Северная тихоокеанская спираль», и даже «Восточный мусорный континент»,- сконцентрированы залежи пластика, «прибитого» сюда Северо-Тихоокенскими течениями. По разным оценкам, площадь «плавучей помойки» уже достигла 1,8 миллиона квадратных километров. Много это или мало? Вот представьте себе, что площадь Средиземного моря составляет 2,5 миллиона квадратных километров. То есть площадь рукотворного острова сейчас чуть меньше, но «лиха беда – начало!».

О появлении в океанах мусорных островов предостерегали давно, но впервые об их существовании заговорили после серии публикаций капитана Калифорнийского флота и океанолога Чарльза Мура, который обнаружил огромное скопление пластикового мусора на поверхности океана, проплывая Северо-Тихоокеанскую систему течений. Водоворот этой системы собирает пластиковый мусор как с берегов Азии, так и Северной Америки, и отходы, подхваченные течениями, постепенно концентрируются в штилевой зоне. Течения водоворота сформировали сразу два мусорных участка, один из которых, площадью вдвое превышающий штат Техас, находится между Гавайскими островами и Калифорнией, а второй - к востоку от Японии. Но не стоит думать, что виноваты лишь одни японцы или американцы: великий тихоокеанский мусор собирает практически все человечество.

Пластиковые пятна напоминают скорее не остров, а насыщенный бульон, поскольку большая часть пластика под действием света распадается на мелкие частицы, и фрагменты пластика плавают как на поверхности, так и на глубине. Морские организмы, путая мелкие частички пластика с планктоном, начинают их употреблять в пищу, и полимерные структуры пластика включаются в пищевые цепочки. Кроме этого, большое количество неразложившегося пластика, например, одноразовых зажигалок и бутылочных крышек, оказывается в желудках у морских животных и птиц.

Вдобавок ко всему этот бульон находится в нейтральных водах, и, соответственно, фактически никому не принадлежит. А кто возьмет на себя ответственность и многомиллионные затраты на очистку? Кто будет расхлебывать бульон, которую «неизвестно кто» заварил?

История пластика достаточно наглядно демонстрирует оборотную сторону научных открытий, некогда потрясших мир. Так, в течение всего 20 века люди радовались созданию новых синтетических материалов, не задумываясь, что большая их часть включится в круговороты веществ, последствия которых могут быть самыми неожиданными. Ведь в природной среде не существует такого понятия как «мусор», поскольку отходы одних организмов служат пищей для других, и все живые организмы рано или поздно распадаются на простые вещества, чтобы перейти в новый элемент природы и включиться в вихрь новой жизни: листва этого дерева возможно раньше мяукала, а шерсть этого котенка возможно раньше была листвой.

Напротив, все созданные человеком предметы из новых искусственных материалов весь 20 век имели ровно одну тенденцию - увеличиваться в объемах. Так, в настоящий момент в мире производится более 150 миллионов тонн пластмассы. Она действительно стала одним из самых используемых материалов в мире и неимоверно облегчила жизнь людей. Она повсюду: упаковка, мебель, посуда, детали техники. И только когда большая часть освоенной человеком территории стала покрыта ковром из бутылок и полиэтиленовых пакетов, человечество задумалось над этим важнейшим

достижением 20 века. И причин задуматься было несколько. Во-первых, главное достоинство пластика, которого добивались изобретатели – долговечность, явилось и главным его недостатком: пластик очень медленно разлагается – 100 лет и более. Во-вторых, пластик производится из невозобновляемых ресурсов - нефти, угля и газа. В-третьих, при горении пластика в атмосферу выбрасываются токсичные компоненты – диоксины, вызывающие аллергические реакции и приводящие к иммунодефициту. В-четвертых, от пластиковых пакетов и бутылок ежегодно умирают тысячи птиц, черепах, тюленей, китов. Так, вскрытие умершего кита-полосатика в заливе Тринити, в 2 километрах от побережья Австралии, показало, что желудок кита был полностью набит полиэтиленовыми пакетами и пищевой упаковкой.

Поэтому в конце 20 века лучшие лаборатории мира поставили перед собой задачу создать материал, который по своим свойствам не уступал бы пластмассе, но был бы сделан из возобновляемых ресурсов (например, растений) и при этом мог бы еще разлагаться в природных условиях при помощи микроорганизмов. И с конца 1990-х годов, время от времени, стали появляться сообщения об изобретении биопластика. Большая часть изобретений базировалась на производстве биопластика из крахмала, который в избытке содержится в картофеле, кукурузе, злаковых. Но о крупномасштабном внедрении говорить пока рано, поскольку производство биопластика достаточно дорогостоящее. Кроме этого, учитывая нехватку сельскохозяйственных площадей, огромные плантации кукурузы для производства одноразовых кукурузных вилок и ножей, тоже имеют обратную сторону медали…

Исходя из видов загрязняющих агентов ***по характеру действия загрязнителя*** можно выделить механическое загрязнение (химически инертным мусором), физическое загрязнение (тепловое, радиоактивное,

шумовое, электромагнитное, световое и др.), химическое (пестициды, тяжелые металлы, синтетические поверхностно активные вещества (СПАВ), детергенты, пластмассы и др.) и биологическое (патогенные микроорганизмы, продукты генной инженерии и др.).

Вставка 1. Дополнительная информация.

Более половины жителей Земли уже живет в городах. В городах, наполненных тысячами зданий, миллионами машин и миллиардами звуков: звенящие трамваи, нетерпеливо гудящие машины, громко хлопающие двери и срабатывающие автосигнализации. Более 100 лет назад, немецкий микробиолог Роберт Кох, открывший бациллу сибирской язвы и туберкулезной палочки, произнес: «Когда-нибудь человеку придется ради своего существования столь же упорно бороться с шумом, как он борется сейчас с холерой и чумой».

Естественно, что человек всегда жил в мире звуков: шума волн и гула ветра, шелеста лесов и грохота грозы. По мере развития цивилизации, к привычным звукам окружающей природы, стало добавляться все больше новых звуков. Так, Юлий Цезарь, пытавшийся справиться с заторами на дорогах, запретил движение на центральной улице Рима. В результате, повозки и экипажи переместились на узкие улочки и будили жителей города грохотом колес по ночам. И римский сатирик Ювенал писал, что «большая часть больных, умирают в Риме от бессонницы». В Средние века даже существовала казнь под колоколом, звук которого убивал человека.

Так что же такое шумовое загрязнение и как оно отражается на нашем здоровье? Согласно определению, шумовое загрязнение возникает в результате отклонения интенсивности и повторяемости звуковых колебаний за пределы природного диапазона. Так, при уровне шума, превышающем 90 дБ, у человека постепенно начинаются процессы изменения нервной системы, возникает ослабление слуха и головная боль. При шуме, более 110 дБ, возникает так называемое звуковое опьянение (одна из причин сильных динамиков на дискотеках), уровень шума в 120- 130 дБ соответствует порогу болевых ощущений, а при шуме более 145 дБ у человека происходит разрыв барабанных перепонок. Сейчас врачи заговорили о шумовой болезни. Шумы повсюду. Так, мы ежедневно просыпаемся при звуке будильника (55-80 дБ), мелем утренний кофе в кофемолке (70 дБ), выбегаем на улицу, забитую автотранспортом (70-80 дБ), затем садимся в электричку метро (80 дБ). Кстати, если вы в этот момент слушаете громкую музыку в наушниках (110-120 дБ) и делаете это ежедневно, то шанс получить через несколько лет тугоухость у вас возрастает в разы. И весь день шум будет сопровождать

вас, и только лишь ночью, вы заснете от тихого тиканья будильника (25-35 дБ), чтобы с утра вновь ворваться в звуки Большого Города. Естественно, что мы постепенно адаптируемся к шуму, и часто звук капающей воды из протекающего крана, или писк комара, раздражают нас даже больше, чем техногенные шумы. Но стресс от шумового загрязнения имеет способность накапливаться.

Многие исследователи, записывающие звуки окружающей природы, жалуются, что все сложнее найти места, где тишина не нарушалась бы посторонними резкими звуками извне. Так, одной из самых шумных столиц мира, считается Каир, в котором проживает более 8 миллионов человек в самом городе и более 17 миллионов в агломерации. Уровень шума на главных улицах этого города доходит до 100 дБ.

При этом необходимо отметить, что непривычная тишина с полным отсутствием звуков тоже может восприниматься пугающе и создавать ощущение психологического дискомфорта, поскольку шум в 20 – 30 дБ практически безвреден для человека и составляет естественный звуковой фон, без которого невозможна жизнь. Более того, уже установлено, что природные шумы – журчание ручья и шум морского прибоя, мелкий звон падающих капель дождя и шорох листьев, напротив, успокаивают организм человека.

Также широко распространена классификация загрязнения ***по типам среды*** (загрязнение воздуха, почвы, грунтовых вод и т.д.). ***По происхождению*** загрязняющие вещества делятся на первичные, поступившие в окружающую среду непосредственно из источника, и вторичные, образующиеся из первичных веществ в результате биогенных и абиогенных трансформаций. ***По масштабам*** загрязнение может быть глобальным, региональным и локальным.

Особо следует рассмотреть классификацию ***по степени стойкости*** загрязнителей. Так, различают стойкие загрязнения, источниками которых являются вещества и соединения либо вовсе неразлагающиеся в природной среде, либо разрушающиеся крайне медленно. Такие загрязнители не только постепенно аккумулируются в различных средах, но и способны к биологическому усилению (повышению концентрации) после прохождения их по трофическим цепям или при участии в биогеохимических циклах. Кроме того, вступая в химические реакции, они могут образовывать новые

токсичные соединения. Неустойчивые загрязнители разрушаются в природной среде естественным путем. Характерным примером неустойчивых загрязняющих веществ являются сточные воды, которые разлагаются естественным путем, особенно, при наличии станций очистки сточных вод. Проблемы с этим видом загрязнителей возникают лишь в случае их чрезмерного поступления в окружающую среды, при превышении порога способности естественной среды к растворению, рассеиванию и разложению.

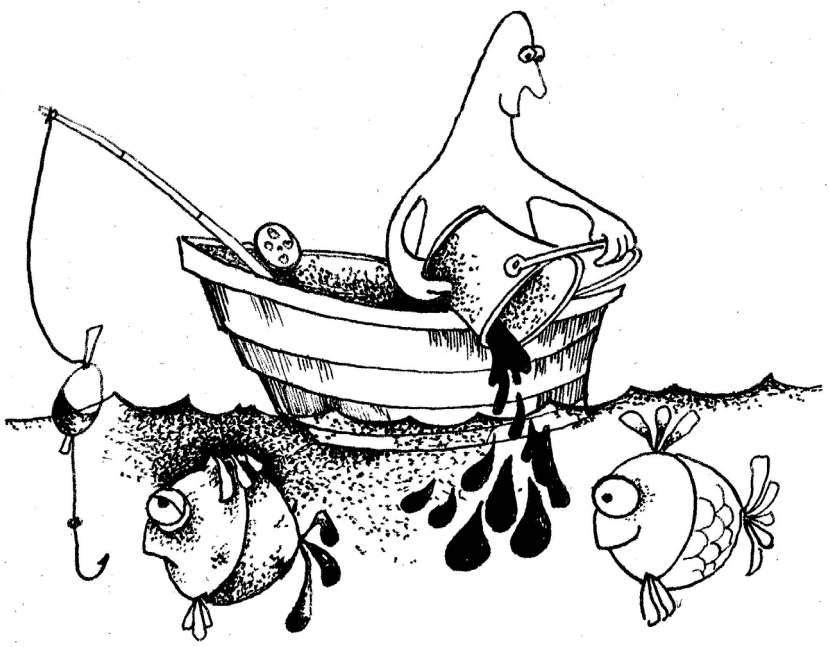
Чужеродные для живых организмов химические вещества называются **ксенобиотиками.** Ксенобиотики не обязательно токсичны, но, попадая в организм, они могут вызвать снижение иммунитета, изменение наследственности, аллергические реакции или заболевания.

Вставка 2. Дополнительная информация

Первой печально известной болезнью, связанной с отравлением вследствие загрязнения природной среды, является болезнь Минамата. О ней узнали в 1956 году, когда на юге Японии около года Минамата были отмечены первые случаи странного заболевания. У заболевших людей неожиданно началась слабая координация движений, потеря слуха и зрения, нечленораздельная речь, судороги и серьезные психические отклонения. Некоторые из жертв болезни сходили с ума и умирали в течение месяца после начала болезни. Выяснилось, что все пострадавшие употребляли в пищу рыбу, выловленную у берегов, где сбрасывались содержащие ртуть промышленные отходы компании «Чиссо Ко., Ltd». Содержание ртути в рыбе достигало 50 мг на 1 кг веса. Попадающая в организм человека ртуть действовала на нервную систему. Последовали длительные суды и попытки привлечь руководство компании к ответственности. Официально признано, что органической ртутью было отравлено 12 615 человек, 1 246 человек из которых умерли.

Таким образом «бумеранг» загрязнения грустно вернулся к человеку.

Отравления ртутью были известны задолго до болезни Миномата. Так, в Средние века была известна болезнь «сумасшедшего шляпочника», поскольку ею заболевали мастера по изготовлению фетровых шляп, использовавшие в производстве ртутные препараты, приводящие к отравлениям, вплоть до слабоумия. Видимо поэтому один из персонажей книги Л.Кэрролла «Алиса в стране чудес» звали Сумасшедшим Шляпником.



К ксенобиотикам относятся тяжелые металлы (ртуть, медь, никель, кобальт, цинк, кадмий, свинец, хром олово, мышьяк), нефть и нефтепродукты, пестициды различной химической природы, синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), полихлорированные бифенилы (ПХБ), отходы химических производств (например, диоксины). Некоторые из этих веществ (тяжелые металлы) содержаться в природе, но их содержание незначительно и измеряется тысячными долями процента. Более того, некоторые микроэлементы и необходимы для функционирования организма.

Все они становятся чрезвычайно опасными и токсичными при аккумуляции в среде в количествах, превышающих определенные значения.

Наиболее распространёнными загрязняющими веществами в атмосфере, появляющимися результатом антропогенной деятельности являются газы (*диоксид углерода, диоксид серы, оксиды азота*), взвешенные частицы (*сажа, аэрозоли кислот и соединений тяжёлых металлов*), органические соединения, в том числе формирующие фотохимический смог, пары нефтепродуктов. В гидросфере растворены соли тяжёлых металлов, органические соединения, нефтепродукты. В почвах наиболее опасно накопление тяжелых металлов, нефтепродуктов. Для всех этих соединений и элементов разработаны и утверждены в законодательном порядке санитарно–гигиенические нормативы предельно допустимых концентраций в окружающей среде (ПДК) и нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ). В основу нормативов ПДК положены экспериментальные данные токсичности. Например, в России ПДК для свинца и его соединений составляет в водоемах хозяйственно-бытового назначения 0,1мг/л, в воздухе производственных помещений – 0,01 мг/м^3, в атмосферном воздухе – 0,007 мг/м^3.

Таким образом, любое загрязнение предопределяет веер возможных последствий и, поэтому, простого и единственного способа борьбы с ним быть не может. Для каждого конкретного случая, необходимо выяснение источника загрязнения и природы загрязнителя, после чего следует разработать стратегию контроля.

Удивительно-грустные факты, над которыми следует задуматься:

- российская семья из 4-х человек в течение года выбрасывает: 1.5 кг металлических крышек, 3,5 кг старой одежды, 3.5 кг старой обуви, 1000 стеклянных бутылок, 3 кг алюминиевой фольги, 150 кг разных пластмасс, 100 кг макулатуры

- каждую минуту в мире используется один миллион пластиковых пакетов
- на производство одной тонны банок для колы или пива тратится 5 тонн бокситов и 32 барреля нефти
- на производство пластиковых бутылок тратится 1,5 миллионов баррелей нефти в год
- жители США за год заполняют 9 миллиардов бланков, на изготовление которых уходит 9 миллионов деревьев
- если бы только воскресные приложения к газетам подвергались вторичной переработке, то каждую неделю можно было бы уберечь 0,5 миллионов деревьев
- выброшенная пальчиковая батарейка загрязняет 20 кубометров мусора, поскольку содержит тяжелые металлы

Контрольные вопросы:

1. Перечислите основные виды природных ресурсов и приведите примеры.
2. Какие природные ресурсы относятся к исчерпаемым и неисчерпаемым? Возобновимым и невозобновимым?
3. Почему некоторые возобновимые ресурсы перешли в категорию неполностью возобновляемых ресурсов?
4. Какие существуют классификации загрязняющих веществ?
5. Какие особенности загрязняющих веществ необходимо учитывать при оценке загрязнения?

Полезные ссылки:

Компьютерные программы для экологов - http://www.logus.ru

Информационная поддержка охраны труда и техники безопасности - http://tehbez.ru

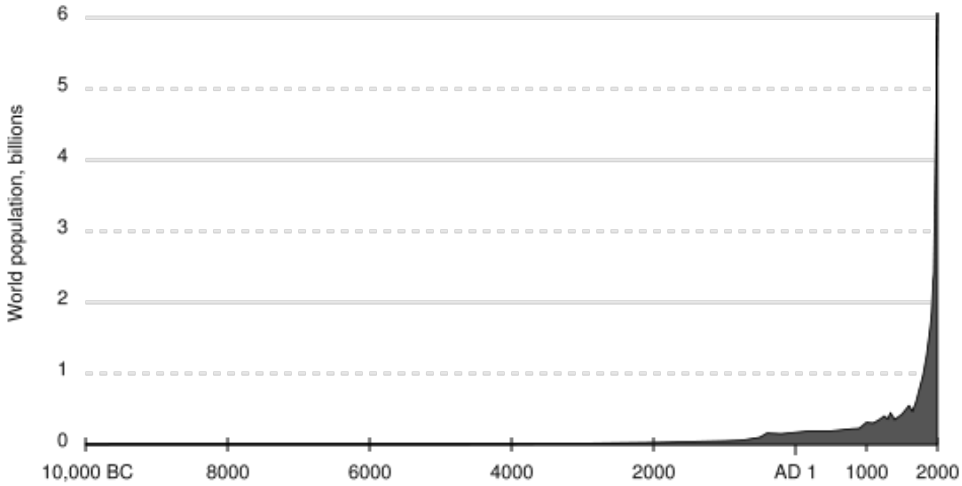
Международный социально-экологический союз - http://www.seu.ru

Глава 7. Рост населения и емкость биосферы

Если рассмотреть проблему
достаточно внимательно,
то Вы увидите себя
как часть этой проблемы.
Закон Мерфи.

Все мы живем на планете Земля и в течение всей своей жизни, желая или не желая того, потребляем природные ресурсы. Ежедневно открывая кран с водой, съедая завтрак и заводя машину перед поездкой на работу, мы уже невольно изменяем баланс ресурсов планеты. Очевидно, что многие ресурсы биосферы достаточно велики и человечество пока не испытывает их нехватки, но многие из них ограничены, и в этом случае необходимо осознавать возможность исчерпаемости невозобновимых ресурсов, особенно в условиях стремительного возрастания численности населения планеты.

Ориентировочно в начале голоцена, 12 000 лет назад на земле проживало около 4 миллионов человек, 5 000 лет назад количество землян уже насчитывало 14 миллионов человек, в начале нашей эры было уже 170 миллионов, в XIII веке – 360 миллионов человек. Отметку первого миллиарда человечество прошло приблизительно в 1820 году, а через 110 лет в 1925 году - перешагнуло отметку второго миллиарда (http://www.worldhistorysite.com/population.html). На каждый следующий миллиард жителей требовалось несколько десятков лет, а временной отрезок



от 5 до 6 миллиардов составлял уже лишь 12 лет. Таким образом, при приближении

к 21 столетию, гиперболическая кривая резко устремилась вверх (рис. 7.1.).

В 2013 году на планете проживало уже более 7 миллиардов человек и процесс увеличения жителей планеты продолжается. Существует даже счетчик населения Земли, отсчитывающий поминутно изменение количества землян. (http://www.census.gov/ipc/www/popclockworld.html). В среднем, в мире каждую минуту появляется 156 человек, а каждый день – крупный город с населением свыше 220 000 населения. Ежегодно на Земле рождается количество людей сопоставимое по численности с населением крупной страны – около 80 миллионов человек (почти соответствует численности населения Германии), а за 5 лет - сопоставимое с появлением такого крупного региона, как Западная Европа. Весь прирост населения мира происходит исключительно за счет развивающихся стран.

Согласно докладу ООН о состоянии экосистем планеты (Millennium Ecosystem Assessment), опубликованному в январе 2006 года к 2050 году население Земли вырастет до 9 млрд. человек, большинство из которых будет проживать в крупных городах (численность городского населения планеты сравнялась с численностью сельского еще в 2009 году. Предполагается, что тренд увеличения численности горожан будет продолжаться, как и укрупнение городских агломераций). Результаты доклада рисуют довольно мрачную картину недалекого будущего: в условиях роста глобальной экономики и численности населения резко увеличится спрос на продовольствие и чистую воду, потребность в отоплении приведет к исчерпанию энергоресурсов, отсутствие канализации во многих странах может спровоцировать развитие новых эпидемий и т.д.

7.1. Основные демографические показатели

Каждого человека можно «классифицировать» по множеству показателей: полу, возрасту, семейному положению, образованию, национальности и т. д. Многие из этих параметров в течение жизни каждого человека меняются, и суммарные изменения в конечном итоге приводят к

изменению характеристики населения страны. Динамику движения населения определяют с помощью текущего учета: **естественного движения** - сколько человек родилось и сколько умерло и **механического движения** - сколько прибыло на территорию страны и сколько выбыло из неё (***миграция населения***).

Вставка 1. Дополнительная информация

Учет **народонаселения (совокупности людей, проживающих в пределах определенной территории: страны или ее части, группы стран, всего мира**) существовал еще в глубокой древности, но использовался в основном для военных целей или для налогообложения. Еще в древнеиндийских законах Ману правителями предписывалось учитывать жителей, дабы узнать силы государства и определить налоги. В античном мире, в Древнем Китае, Древней Японии и во времена средневековья пытались вести учет родившихся детей и регистрировать население. На Киевской Руси и в Новгороде для определения величины податей существовал еще в IX веке учет жителей. В Англии для определения экономических ресурсов страны в 1086 была проведена всеобщая перепись населения 34 графств, результаты которой получили название «Книга страшного суда» (название возникло из-за библейского Судного дня, когда всем людям должен быть предъявлен полный список их деяний). В ряде городов Европы в XV - XVII веках были проведены учёты домохозяйств. Английский статистик **Джон Граунт**, которого считают основателем демографии, в январе 1662 года опубликовал научное исследование под названием: «Естественные и политические наблюдения, перечисленные в прилагаемом оглавлении и сделанные на основе бюллетеней о смертности, по отношению к управлению, религии, торговле, росту, воздуху, болезням и другим изменениям названного города. Сочинение Джона Граунта, гражданина Лондона».

С середины IIXX предпринимались попытки учёта населения в других странах мира. Первая полноценная перепись прошла в 1790 году в Соединенных Штатах Америки, перепись населения Российской империи была проведена в 1897. С тех времен постепенно происходило накопление знаний о численности и составе населения, динамике изменений и особенностях его размещения.

Процесс постоянного возобновления численности и структуры населения в процессе смены поколений называют воспроизводством

населения. Воспроизводство населения - это процесс непрерывной смены поколений. Для изучения воспроизводства населения используются, прежде всего, такие показатели, как **рождаемость** (число родившихся в течение года детей на 1000 жителей) и **смертность** (число смертей на 1000 жителей). Разница между ними называется естественным приростом (или естественной убылью, если смертность больше рождаемости). Естественный прирост населения (**ЕП**) обычно измеряется в промилле, т.е. увеличение населения в расчете на 1000 жителей.

- **Естественный прирост бывает положительный**, когда рождаемость превышает смертность (ЕП>0).
- **Естественный прирост бывает нулевой**, когда рождаемость равна смертности (ЕП=0).
- **Естественный прирост бывает отрицательный**, когда рождаемость ниже смертности (ЕП<0).

Другим важным демографическим показателем является **ожидаемая продолжительность жизни** - показатель средней продолжительности предстоящей жизни при рождении. Его рассчитывают как среднее число лет, которое проживет новорожденный при существующей в настоящее время смертности в различных возрастах.

7.2. Концепция демографического перехода

Переход от существовавшего в течение большей части истории человечества исходного состояния высокой смертности к современному состоянию низкой смертности и низкой рождаемости, характерному для многих развитых стран, получил название **демографического перехода.** Концепция демографического перехода, впервые была сформулирована американским демографом Фрэнком Ноутстайном в 1945 году. Согласно данной теории, связавшей процессы численности населения, экономического развития и социального прогресса, каждая страна мира должна последовательно пройти основные типы воспроизводства.

В настоящее время выделяют три основных исторических типа воспроизводства населения: **архетип, традиционный и современный.** Переход от одного типа воспроизводства к другому называется **демографической революцией или демографическим переходом.**

Архетип воспроизводства характерен для ранних этапов развития человечества - первобытного общества, основными чертами которого являются высокие коэффициенты рождаемости и смертности населения. Экономическая база такого общества опирается на присваивающее хозяйство: охота, рыболовство, собирательство. Человек первобытного общества использовал продовольственные ресурсы окружающей среды. И численность населения была строго ограничена количеством этих ресурсов: ее возрастание могло происходить лишь при условии освоения новых территорий, а естественный прирост был подвержен резким колебаниям в зависимости от состояния природной среды

Поэтому, на данном этапе коэффициенты смертности и рождаемости были равны, а продолжительность жизни чрезвычайно мала – 18-25 лет. Вероятность для девочки дожить до возраста материнства составляла 15-40%. Археологические и этнографические материалы показывают, что население на этом этапе могло существовать только при очень низкой плотности – несколько человек на 100 км^2. В настоящее время подобная демографическая ситуация сохранилась лишь у малочисленных племен охотников-собирателей в малодоступных тропических и субтропических влажных экваториальных областях Африканского континента, Карибского бассейна, Бразилии, Юго-Восточной Азии.

Первая демографическая революция, получившая название **неолитической революции,** произошла при переходе от присваивающего хозяйства к производящему (земледелие и скотоводство). Её первые очаги возникли в X-VIII тысячелетии до нашей эры. Начавшись в различных уголках земного шара, она длилась столетиями, а на планете в целом - тысячелетиями. Если на предыдущем этапе люди лишь совершенствовали

способы добывания в природе продуктов питания, то на этом этапе человек научился использовать в своих интересах природные ресурсы, создавая и развивая сельское хозяйство. Постепенный переход к оседлости и к образованию постоянных поселений способствовал улучшению условий жизни, в частности, питания. Аграрное производство снизило количество смертей от голода и уменьшило зависимость людей от экстремальных природных явлений - засух, наводнений. Так возник новый **тип воспроизводства населения – традиционный,** характеризующийся небольшим ростом численности населения: при высоких коэффициентах рождаемости, происходит небольшое снижение смертности и некоторое увеличение продолжительности жизни.

Традиционный тип воспроизводства неразрывно связан с аграрной экономикой и присущими ей традиционными общественными отношениями («как жили наши предки, так и мы будем продолжать…»). Проблемы регулирования рождаемости в подобном обществе возникнуть не могли: тяжелый крестьянский труд всегда требовал большого количества «рук» в хозяйстве и количество детей в семьях в среднем составляет 4-8 человек.

Продолжительность ожидаемой жизни при традиционном типе воспроизводства все равно оставалась, согласно современным меркам, небольшой и варьировала в пределах 25-45 лет, около 30% новорожденных не доживало и до года, меньше 50 % доживало только до 20 лет и меньше 15% - до 60 лет (http://demoscope.ru). Высокая смертность на этом этапе является следствием тяжелого труда, низкого уровня жизни, плохого питания, низкого качества воды, отсутствием профилактики болезней. Еще в начале XX столетия в России, в многодетных крестьянских семьях количество детей часто превышало 7-10 человек, что было нормой, многие из детей умирали в младенчестве, не дожив и до года.

Кроме этого, численность населения при традиционном воспроизводстве резко сокращалась во время войн, эпидемий и голода. Например, во время крестовых походов население Европы и Ближнего Востока уменьшилось на

несколько миллионов. А самыми страшными болезнями прежних эпох, о которых до сих пор напоминают «чумные колоны» во многих старых городах Европы, были холера и чума, уносившие до половины населения европейских стран. Так, эпидемия легочной «бубонной чумы» в XIV веке унесла жизни 25 миллионов человек, от холеры в течение IXX века только в России умерло около миллиона человек.

Этот тип воспроизводства оставался неизменным на протяжении многих веков и до сих пор, характерен для многих слаборазвитых стран мира – Эфиопии, Нигерии, Бангладеш и др., где средняя продолжительность жизни людей составляет немногим более 40 лет.

В конце XVIII века в развитых странах Западной Европы началась **вторая демографическая революция.** Изменения в сельском хозяйстве, развитие торговли и промышленности, индустриализация и рост городов, успехи в естественных науках, повышение роли человеческой личности в обществе - все это способствовало возникновению нового **современного типа воспроизводства.** Ключевым «революционным» моментом перехода на новый этап, явилась замена традиционного типа воспроизводства, характеризующегося отсутствием механизмов контроля над уровнем рождаемости и смертности, на новый, отличающийся регулированием числа детей в семье.

Переход на **современный тип воспроизводства** достаточно длителен: на первых этапах, как правило, происходит снижение смертности, а на втором - снижение рождаемости. Для окончания демографической революции, должны произойти оба эти снижения, но темпы и скорость каждого из них, последовательность, распространение на различные слои общества зависят от ряда конкретных экономических и исторических условий.

Среди основных причин снижения смертности, можно выделить успехи здравоохранения и распространение медицинской помощи, общее улучшение условий жизни, в том числе питания, внедрение санитарно-гигиенических

навыков, распространение образования и изменение психологии населения по отношению к болезням и условиям своей жизни.

Вставка 2. Дополнительная информация

Действительно, в прежние эпохи люди были беспомощны при столкновении с болезнью, которая воспринималась в качестве злого духа, вселяющегося в человека, и методы лечения были основаны на природных лекарственных средствах, изменении питания, заклинаниях, заговорах, молитвах и соблюдении гигиены. Например, в Древней Руси вместе с монастырской медициной, была развита «сеть» народных лекарей: костоправов, камнесеченцев, почечуйных (лечение геморроя), кильных (лечение грыжи), чепучинных (лекари венерических заболеваний), бабок-повитух и т.д.

Первый переворот произошел на рубеже XVIII - IXX веков и был связан с успехами в естественных науках. Вереница научных открытий заложила основу и для небывалых успехов в медицине: благодаря работам Луи Пастера была установлена микробная природа заразных болезней, Джозеф Листер предложил антисептический метод лечения ран, что позволило резко снизить число осложнений при хирургических вмешательствах, открытия Роберта Коха способствовали развитию асептики. Микробиологи открыли возбудителей и переносчиков инфекционных болезней: малярии, жёлтой лихорадки, сыпного тифа и возвратного тифа и т. д. К 20-м годах XX века уже были разработаны вакцины для профилактики большого количества инфекционных заболеваний: туберкулеза, дифтерии, полиомиелита, чумы, холеры, сибирской язвы и брюшного тифа. И если в средние века инфекционные и паразитарные болезни уносили миллионы жизней, то в экономически развитых странах под натиском обязательных прививок достаточно быстро были ликвидированы эпидемические очаги. Следующим революционным этапом в медицине явилось открытие антибиотиков: британский бактериолог Александр Флеминг в 1929 году впервые выделил пенициллин из плесневых грибов *Penicillium notatum*. Значение данного открытия было оценено позже, в годы Второй мировой войны (Нобелевскую премию А. Флеминг получил в 1945 году), когда благодаря массовому производству антибиотиков, смертность (от заражений) стала резко сокращаться.

Успехи в медицине и экономике обусловили резкое снижение в первую очередь детской смертности. И если в прежние века свыше 50% детей умирали, не достигнув и 20 лет, то на современном уровне развития свыше

90% населения доживает до 30 лет и свыше 60% - до 70 лет (http://demoscope.ru). Одновременно происходило и изменение продолжительности жизни населения: если в каменном веке средняя продолжительность жизни составляла 19 лет, в бронзовом веке – 21,5 лет, в конце средних веков – 27,5 лет, то на рубеже XX века средняя продолжительность в Европе составляла 40,6 лет, в России – 32,3 года, в 60-е годы XX века – 71 год в Европе и 69,5 лет в России.

Вставка 3. Дополнительная информация

Очевидно, что и в прежние века некоторые доживали до седых волос. Например, всем известный древнегреческий философ и математик **Пифагор Самосский** прожил до 80 лет. Но раньше это был своеобразный перст судьбы: большинство умирало в младенчестве и в детском возрасте, а длительность жизни зависела не только от воли случая, но и от уровня благосостояния (богатые семьи быстро покидали города при наступлении эпидемии).

Развитие промышленности постепенно привело к росту промышленных центров и городов, улучшению условий жизни. Благодаря достижениям в сельском хозяйстве в развитых европейских странах исчез голод (последняя вспышка голода произошла в Ирландии в 1846 году, во время которой погибло около 1 миллиона человек). Снижение смертности и увеличение продолжительности жизни, привело к тому, что каждое предыдущее поколение стало замещаться последующим все с большим превышением численности. В результате возникло резкое увеличение численности населения, получившее название **«демографического взрыва».**

Первая волна «демографического взрыва» прокатилась по европейским странам в IXX веке: население Западной Европы, составлявшее в 1850 году 195 миллионов человек, за последующие 100 лет возросло на 200 миллионов. Но особых проблем «демографический взрыв» в европейских государствах не вызвал, поскольку в то время активно происходило освоение Нового Света, Австралии и отток за океан «забрал» долю прироста (между 1820 и 1940 годами за океан выехало более 60 миллионов человек). И, соответственно, вместе с возрастающим населением Европы, возрастала

численность и в Северной Америке и Океании. Более того, благодаря образовавшемуся избытку молодой рабочей силы, произошел экономический подъем многих Европейский государств.

На пороге XX века годовые темпы роста населения составляли 0,5%, а общая численность землян - 1,6 млрд. человек. По численности населения и тогда уже лидировали Индия и Китай, но в те годы была велика доля населения развитых стран, которая составляла третью часть населения планеты (табл.7.1.). Все приведенные в таблице цифры можно анализировать с некоторыми оговорками, поскольку, перепись проводилась не везде, а многие страны на протяжении последних столетий меняли свои границы, присоединяя или отторгая часть владений с проживающими на них людьми.

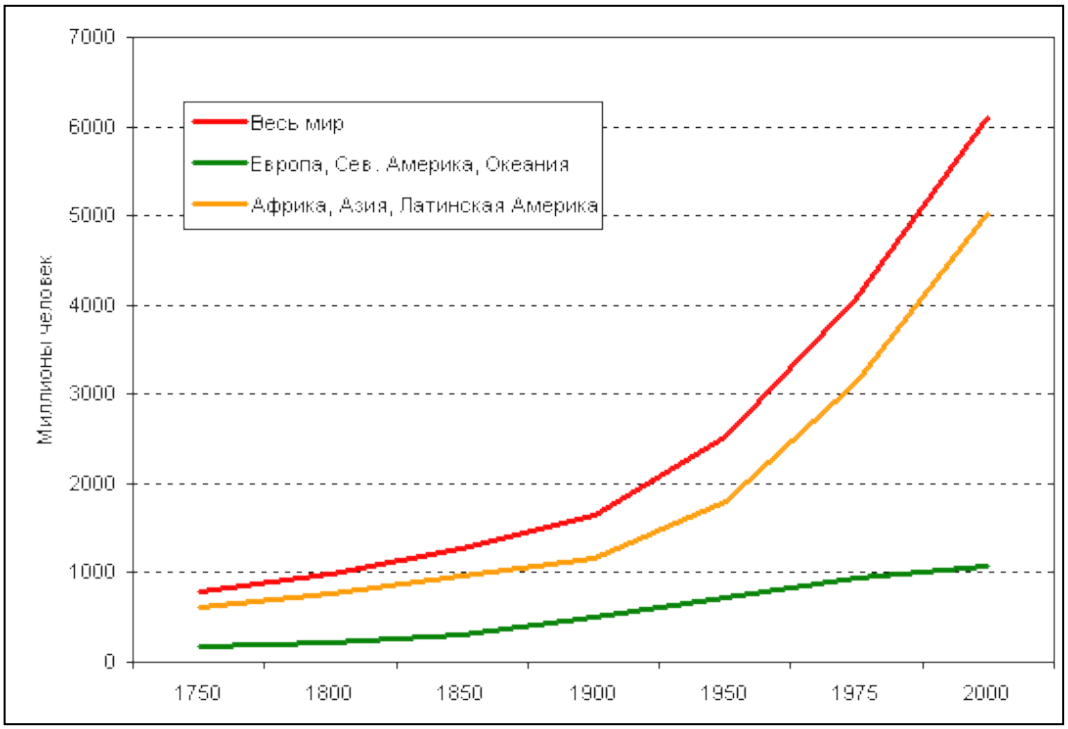
Табл. 7.1. Десять крупнейших по населению стран мира в разные столетия (в скобках численность населения в миллионах человек)

1600 год	1700 год	1800 год	1900 год	2000 год	2013 год	2030 год (прогноз)
Китай (152,6)	Индия (165,0)	Китай (295,3)	Китай (398,3)	Китай (1265,8)	Китай (1349,6)	Индия (1449,0)
Индия (133, 8)	Китай (137,3)	Индия (255,0)	Индия (284,5)	Индия (1021,1)	Индия (1220,8)	Китай (1420,3)
Османская империя (8, 6)	Япония (26,0)	Российская империя (38,4)	Российская империя (133,0)	США (287,0)	США (316,7)	США (360,9)
Япония (22,0)	Османская империя (24, 6)	Япония (30,3)	США (76,2)	Бразилия (172,0)	Индонезия (251,2)	Индонезия (270,8)
Франция (20,0)	Франция (21,4)	Франция (27,9)	Германская империя (56,4)	Индонезия (206,3)	Бразилия (201,0)	Пакистан (246,3)
Российская империя (11,3)	Нигерия (13,2)	Османская империя (24,0)	Австро-Венгрия (45,2)	Россия (146,0)	Пакистан (193,2)	Бразилия (235,5)
Индонезия (8,5)	Индонезия (13,1)	Австрийская империя (21,0)	Япония (43,8)	Пакистан (141,6)	Нигерия (174,5)	Бангладеш (205,6)
Речь Посполита (8,3)	Российская империя (13,0)	Индонезия (17,1)	Индонезия (42,7)	Бангладеш (129,2)	Бангладеш (163,7)	Нигерия (204,5)
Испания (8,0)	Бангладеш (12,3)	Бангладеш (14,8)	Франция (38,5)	Япония (126,3)	Россия (143,5)	Мексика (133,2)
Австрийская империя (8,0)	Австрийская империя (11,0)	Нигерия (13,6)	Великобритания (35, 4)	Нигерия (123,3)	Япония (127,3)	Эфиопия (129,0)

XX век полностью изменил картину народонаселения мира. Процессы урбанизации и индустриализации общества и повышения общего уровня жизни в начале века в странах Западной Европы привели к резкому и очень быстрому **падению рождаемости**. В результате, уже во второй половине XX столетия сначала в Швеции и во Франции, а далее и в других государствах Европы, был зарегистрирован нулевой прирост.

Уменьшение рождаемости имело несколько причин. Во-первых, начинается сознательное регулирование числа детей: в условиях низкой детской смертности нет необходимости иметь детей «про запас». Во-вторых, значимым становится получение образования, наличие профессии, что, соответственно, приводит к увеличению расходов на воспитание детей. Родители уже предпочитают иметь мало детей, но «довести» их до принятого в обществе уровня. В-третьих, государство берет на себя функции обеспечения престарелых и дети уже не являются единственной опорой. Кроме этого, мощным фактором становится процесс урбанизации индустриальной экономики: рост городов и городского населения приводит к новому городскому образу мышления. Город предлагает женщине новые перспективы участия в общественной жизни и в производстве и, таким образом, выступает своеобразным «контрацептивом» - женщина перестает быть «детородной машиной». В результате совокупности этих факторов, в развитых европейских странах произошла постепенная стабилизация численности населения.

И если в Европе переход на современный тип воспроизводства Рис. 7.2. Рост



населения планеты за последние 250 лет.

происходил в течение двух столетий и был обусловлен в первую очередь социально-экономическими изменениями, т.е. следовал за экономическим ростом и изменениями в социальной сфере, то ситуация в бедных и отсталых постколониальных странах была совершенно иной. При устоявшихся традициях многодетности семей и в результате значительного снижения смертности, демографическая взрывная волна в середине XX столетия привела к небывалому всплеску численности населения (рис. 7.2.). Буквально за несколько десятилетий население планеты удвоилось, а темпы годового прироста населения в развивающихся странах составляли до 3,5% в год.

В те годы казалось, что набранные темпы роста народонаселения приведут мир к неизбежной катастрофе из-за исчерпания природных ресурсов. И именно в 60-е годы появилось множество мрачных прогнозов, которые предрекали страшную скученность мира в самом ближайшем будущем и как следствие - голод, эпидемии, войны. Так, известный немецкий ученый и конструктор ракет Вернер фон Браун однажды остроумно заметил,

что при сохранении существующих темпов роста человечества на Земле со временем останутся одни лишь стоячие места.

И, действительно, перенаселенные бедные страны столкнулись с проблемой нехватки продовольствия, но изменения в сельском хозяйстве, названые **«зеленой революцией»** (внедрение новых сортов зерновых культур, поливное земледелие, механизация и химизация сельского хозяйства) привели к резкому повышению производства продуктов питания и спасли от голодной смерти миллионы жителей Азии, Африки и Латинской Америки. Естественно, что полностью проблема голода не была решена, но острота проблемы была ощутимо снижена.

Бурный рост населения во многих странах спровоцировал новую волну социальных, экономических и экологических проблем. Для предотвращения масштабного кризиса в самых населенных странах мира – Китае, Индии и Индонезии появились программы «планирования семьи».

Вставка 4. Дополнительная информация

Так, в Индии в 70-е годы XX века была проведена кампания по насильственной стерилизации жителей. Попытки в Индии не дали искомого избавления от проблемы: количество человек в 2000 году перешагнуло миллиардную отметку и современные темпы роста велики.

В 80-е годы проблема ограничения рождаемости была поставлена в качестве приоритетной задачи в Китае. Китай, в отличие от Индии, решил проблему безудержного роста населения и в настоящий момент темпы воспроизводства имеют ограниченный характер, но не до конца продуманная политика привела к новой проблеме – диспропорции мужского и женского состава населения. В Китае, как и во многих других традиционных обществах, главным событием семьи считалось рождение сына. Государственная программа Китая по ограничению рождаемости и современные возможности ультразвуковой диагностики на ранних сроках беременности, привели к тому, что аборт стал способом регулирования пола. Разница в общей численности мужчин и женщин в настоящий момент в Китае составляет около 40 миллионов человек и нехватка невест уже актуальна.

И, если некоторые страны Азии, делают попытки урегулирования проблем, возникших вследствие перенаселенности, то символом демографической

напряженности в конце XX века стала Африка. Социальные и природные проблемы на этом континенте привели к дефициту ресурсов, голоду, военным конфликтам, усилениям нелегальных миграционных потоков. На Африканском континенте самая грустная картина наблюдается в государствах, к югу от Сахары (Ботсвана, Лесото, Свазиленд, ЮАР и др.), где бушует пандемия СПИДа: только в 2005 году от этой болезни умерло 3 миллиона человек. В результате, для 31 страны (9% населения земного шара) – средняя ожидаемая продолжительность жизни при рождении составляет 46 лет, что на 32 года меньше, чем в развитых странах (http://www.undp.ru).

В 60-е годы XX столетия многим казалось, что мир стоит у края пропасти, но в начале 70-х годов произошел перелом: темпы естественного прироста стали плавно снижаться и появились основания для оптимизма. Темп прироста в начале 1990-х годов составлял менее 2%, а в конце столетия – 1,3%. Постепенное снижение темпов было связано с появлением новых мировых тенденций: практики поздних браков, более рационального отношения к сексуальной жизни, "контрацептивной революции", отмены запретов на прерывание беременности, на добрачные связи и разводы. Другой закономерностью является корреляция уровня образования и показателей рождаемости: по мере урбанизации, захватившей многие уголки планеты, во многих странах стал медленно повышаться уровень жизни.

С тех пор, относительный прирост населения уменьшается, но абсолютный - остается высоким, поскольку, даже при снижении темпов рождаемости, число людей на Земле «лавинообразно» увеличивается из-за вступления в детородный возраст поколений, родившихся при высоком коэффициенте рождаемости предыдущего этапа. Но постепенно, вместе с темпами стал медленно сокращаться и этот показатель, начиная с конца 1980-х годов, когда был достигнут абсолютный максимум - 87,4 миллиона человек. В настоящее время годовой прирост снизился до 77 миллионов человек, а середине 21 века снизится до 48 миллионов человек.

Но, несмотря на уменьшение скорости увеличения населения планеты, опасения остаются, поскольку диспропорции между обеспеченностью ресурсами в развитых и развивающихся странах обостряют социальную и политическую напряженность в мире. В отдельных странах, таких, как Китай и Индия, население превысило по своей численности все развитые страны вместе взятые.

Таким образом, из-за различий в пространстве и во времени, общественно-экономического уровня развития стран, в течение последних десятилетий

демографическая картина очень мозаична. Разнонаправленные тенденции (стабилизация численности населения в развитых странах и высокие темпы прироста в развивающихся странах) привели к изменению соотношения в численности населения между ними, и к концу XX века на одного жителя развитых стран приходилось около 5 жителей стран развивающихся (рис. 7.3.).

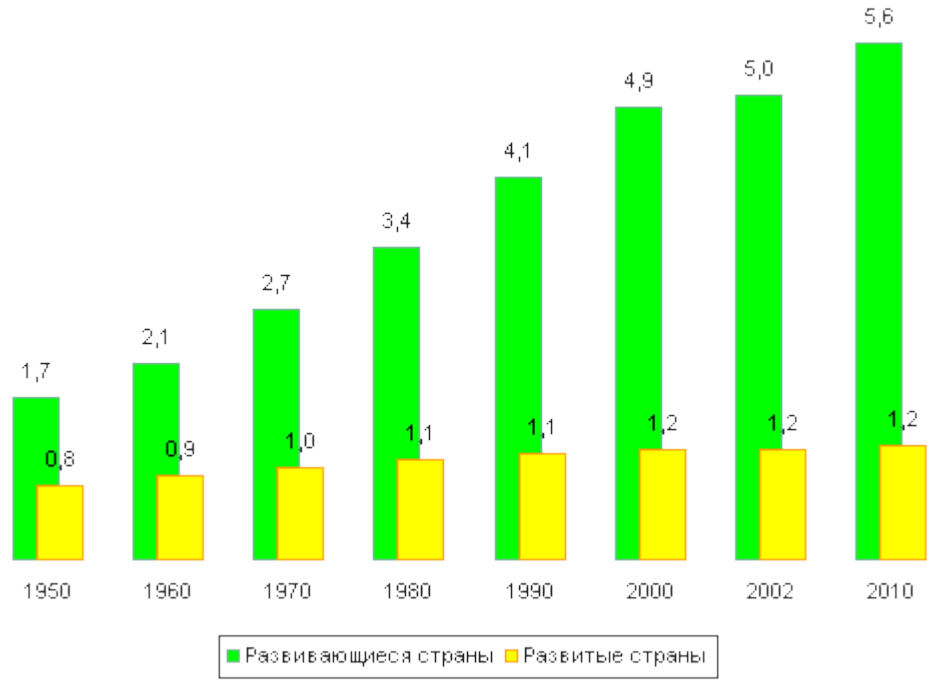


Рисунок 7.3. Изменение численности населения развитых и развивающихся стран за период 1950-2010 гг (в миллиардах человек)

Во многих развитых странах рождаемость уже сравнялась со смертностью или даже стала меньше ее, т. е. естественный прирост сменился естественной убылью. Численность населения в этих странах поддерживается за счет мигрантов. Если впервые **современный тип воспроизводства** стал характерен для развитых европейских стран, то в конце XX века низкий уровень рождаемости и низкий уровень смертности стали характерны и для других экономически развитых стран с высоким уровнем жизни, в том числе России и Китая. В процессе резкого падения рождаемости среди населения находятся и многие развивающиеся страны: Египет, Алжир, Мексика, Бразилия, Аргентина, Уругвай. В таких странах как Иран, Турция и Тунис в последние годы рождаемость снизилась до уровня простого замещения поколений.

Вместе с изменением основных параметров – смертности и рождаемости, во многих развитых странах меняется и структура населения: в 2007 году количество населения старше 60 лет превысило количество детей в возрасте до 14 лет. Увеличение продолжительности жизни явилось причиной старения населения, а спад рождаемости к

демографическому кризису. Многие развитые страны столкнулись с процессом **депопуляции** - уменьшения абсолютной численности населения страны как следствие суженного воспроизводства населения: последующие поколения численно меньше предыдущих. Процесс депопуляции приводит к веренице новых социально-экономических проблем общества: сокращению трудовых ресурсов и увеличению нагрузки на экономически активное население.

Вставка 5. Дополнительная информация

Какое место занимает Россия среди стран мира? В начале 2013 года население России составляло около 143 млн. чел, и страна находилась на 9-м месте в мире после Китая, Индии, США, Индонезии, Бразилии, Пакистана, Нигерии и Бангладеш.

Демографические проблемы России представляют сочетание как проблем развитых стран, так и развивающихся. От развитых стран Россия «переняла» низкий коэффициент рождаемости, а от развивающихся у нее остался высокий коэффициент смертности и низкая продолжительность жизни. По продолжительности жизни Россия (мужчины - 61,8 лет, женщины - 74,2) на самом последнем месте в Европе, очень далеко отстав от среднеевропейских показателей (мужчины - 71 год, женщины - 79 лет). Кроме того, Россия отличается самым большим в мире разрывом между продолжительностью жизни мужчин и женщин, главная причина которого - сверхсмертность мужчин в трудоспособном возрасте от «неестественных» причин: несчастных случаев, отравлений и травм, большая часть которых – следствие алкоголизма.

В настоящий момент в России происходит естественная убыль - процессы депопуляция. Демографическому взрыву, который теоретически должен был произойти в начале XX века, помешали социальные потрясения, приводившие к резкому снижению численности населения: первая мировая война, революция, гражданская война, эпидемии и голод в 1921-1922 и в 1933-1934 годах, массовая эмиграция, репрессии. В результате различных социальных потрясений, по демографическим оценкам, Россия «недосчиталась» 122 млн человек (почти население современной Японии).

7.3. Закономерности размещения населения

При первом же взгляде на мировую карту народонаселения, очевидно, что население Земли размещено неравномерно: из 149 млн. км^2 земной суши

около 16 млн. км^2 полностью необитаемы, поскольку заняты ледниками, пустынями, труднодоступными высокогорьями. Но и в пределах оставшихся 133 млн.км^2 **плотность населения** различна. В 2013 году **средняя плотность населения планеты** составляла около 51 человека на кв. км.

Низкая плотность населения во многих уголках земного шара обусловлена в основном экстремальными природными условиями, требующими огромных усилий для ведения хозяйства: в пустынях недостаток влаги препятствует развитию земледелия; в зоне влажных тропических лесов, наоборот, избыточное увлажнение приводит к быстрому развитию эрозионных процессов на вновь освоенных землях; в высокогорьях и северных областях планеты лимитирующим фактором освоения территорий являются низкие температуры. Так, населенные пункты с постоянным населением отсутствуют от 78^0 северной широты к в северу и от 54^0 южной широты – к югу.

Ареалы с **высокой плотностью** населения с давних времен размещались в районах с наиболее благоприятными для земледелия условиями: теплым и влажным климатом и плодородным почвенным покровом. И до сих пор плодородные долины рек Тигра и Евфрата, нижнего течения рек Нила, Янцзы и Хуанхэ, Инда и Ганга, межгорные долины являются территориями с максимальной плотностью населения.

Кроме того, в XVII - XX веках обозначились новые районы «сосредоточения» городского населения. Эти центры появлялись либо в местах пересечения основных транспортных потоков, либо в местах удачного сочетания природных ресурсов. Промышленная революция XVIII века обусловила быстрый рост городов (например, население Лондона между 15 и началом 19 века увеличилось белее, чем 20 раз: с 45 тыс. до 1 миллиона жителей).

Но наиболее стремительная урбанизация произошла в 20 веке: если в начале 19 века в городах проживало 3% населения, в начале 20 века – 13,6%, в 50-х годах – около 30%, то согласно расчетам, в 2009 году на Земле, как

уже отмечалось, произошел демографический перелом: население городов численно превысило население сельской местности.

В настоящий момент на планете можно выделить два типа наиболее заселенных территорий, где плотность населения превышает 100 человек на км^2 – это **районы интенсивного сельского хозяйства Азии**, особенно Индо-Гангской низменности, (Китай, Корея, Вьетнам, Индия, Пакистан, Бангладеш) и **урбанизированные промышленные районы** (Западная Европа, США, Канада, Япония). Кроме того, несколько меньшими по размеру, но плотно заселенными, являются земледельческие районы Нижнего Нила, Месопотамской низменности и островов Ява и Бали.

Самыми густонаселёнными странами являются карликовые государства. Так, площадь территории со специальным режимом Аомынь (Макао), в настоящий момент входящая в состав Китая, не превышает и 2 км^2, а плотность населения составляет 17 684 человек на 1 квадратный километр. Среди некарликовых государств, за 500 лет произошло смещение центров плотности в Азию (табл. 7.2.)

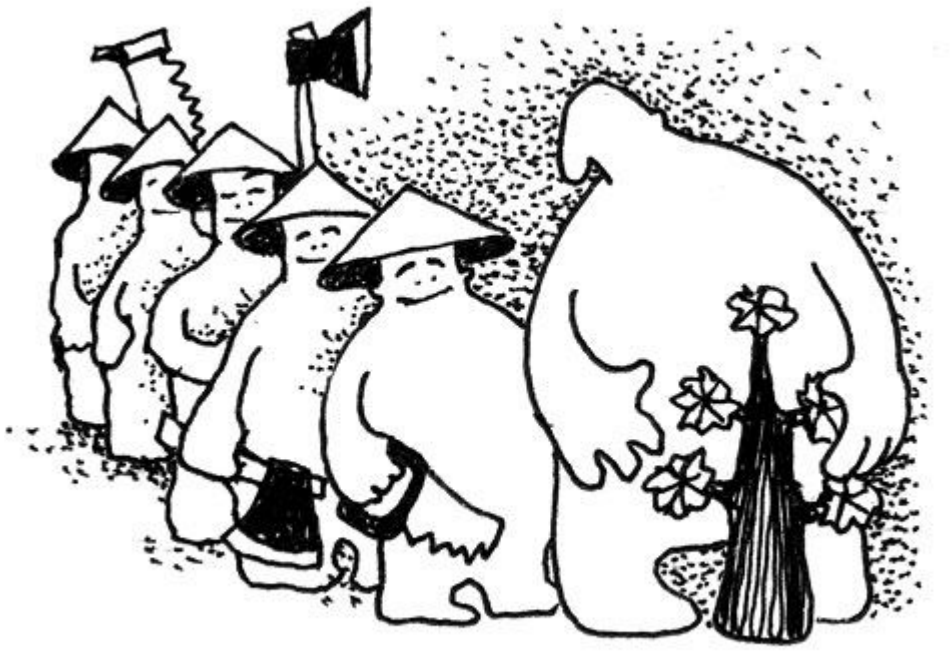
Таблица 7.2. Самые густонаселенные некарликовые страны в 1500 и в 2013 году (составлено по материалам http:// www.prb.org)

1500 год		2013 год	
Страны	Чел/км^2	Страны	Чел/км^2
Бельгия	65	Бангладеш	1002
Япония	45	Тайвань	636
Италия	37	Южная Корея	491
Франция	28	Пуэрто-Рико	430
Германия	25	Руанда	420
Чехия	25	Западный берег реки Иордан	407
Австрия	24	Нидерланды	395
Венгрия	22	Ливан	367
Швейцария	22	Индия	364
Нидерланды	21	Гаити	361

Достаточно простые подсчеты соотношения населения стран и площадей территорий, которые они занимают, показывают, что около 65% населения

проживает на 16% территории. Если учесть неравномерность распределения населения внутри государств и их сосредоточенность в определенных центрах, то можно с уверенностью констатировать – большая часть населения Земли живет на очень ограниченной территории.

Вместе с увеличением плотности населения увеличивается и спектр экологических проблем. В районах земледелия происходит истощение пахотных земель, развитие эрозионных процессов, особенно ярко проявляющееся в предгорных и горных территориях. Потребность в продуктах питания обуславливает вовлечение все новых территорий под земледелие и на территориях с гумидным климатом происходит деградация лесных массивов, в аридных экосистемах – процесс опустынивания. В некоторых перенаселенных странах, таких как Бангладеш и Индия, территорий (вне труднопроходимых гор) с уцелевшими природными экосистемами практически не осталось.



Борьба за водные и земельные ресурсы приводит к социальным и политическим конфликтам. Так, высокая плотность населения в

сельскохозяйственных районах Восточной Африки приводит к попыткам освоения под земледелие пограничных нагорий, которые издавна используются под пастбища скотоводами-кочевниками. Борьба за сток Нила, в бассейне которого находится десять африканский государств, приобрела черты межгосударственного конфликта: стремительный рост населения Египта обуславливает постоянно растущие потребности в воде. В то же время верховья Белого и Голубого Нила находятся в странах Эфиопии, Кении и Танзании, которые также претендуют на свою долю водных ресурсов. А Эфиопия и Судан постоянно испытывают серьезные трудности с водой (http://www.un.org/russian/news/fullstorynews.asp?newsID=3356).

Другие районы высокой плотности – города, создают целый спектр экологических проблем, поскольку требуют концентрации продовольствия, воды, энергетических ресурсов в одном месте. И, хотя города, занимают менее 2% суши, на них приходится 78% выбросов диоксида углерода, 60% потребления воды для бытовых нужд. Так, один город Нью-Йорк уже производит больше CO_2 , чем вся Норвегия. Разрастание вокруг городов автомобильной сети дорог, системы канализации и водоснабжения, дымящих труб фабрик и заводов, городских свалок с ежедневным пополнением тонн бытовых и промышленных отходов, - все это болевые точки промышленных центров. Появилось даже новое понятие для обозначения мегаполисов - «усталые города». Воздух городов перенасыщен углекислым газом из-за огромного парка машин, даже прошедшая через множество фильтров вода часто бывает насыщена солями металлов и хлором, городские почвы являются аккумуляторами тяжелых металлов и других загрязнителей. О степени загрязненности города можно судить по снежному покрову, особенно при весеннем снеготаянии. И очевидно, что масштабы влияния городов на природную среду во много раз превышают площади самих городов.

7.4. Прогнозы на будущее

Большинство исследователей полагает, что количество землян достигнет пика в 9 - 12 миллиардов в течение ближайших 40 лет, причем почти весь прирост будет происходить в наименее развитых странах. На восемь стран будет приходиться примерно половина прогнозируемого роста населения мира – это Индия, Нигерия, Пакистан, Демократическая Республика Конго, Эфиопия, Соединенные Штаты Америки, Бангладеш и Китай. Население 46 стран, включая Германию, Италию, Японию, Республику Корея, Россию, согласно прогнозам, в 2050 году будет меньше, чем сейчас. Соответственно, демографическая ситуация в этом веке будет иметь две противоположные тенденции: в странах Азии и Африки будет продолжаться кризис перенаселения, а для большинства стран Европы будет характерна депопуляция и «старение» населения.

Таким образом, XX1 век станет веком Юга и крупных городов (табл.7.3.).

Таблица 7.3. Численность и плотность населения в мегаполюсах мира в 2015 году

Город	Страна	Площадь (км. кв.)	Население на 2015 г. (мил. чел.)	Плотность населения в 2015 г. (чел./км^2)
Токио	Япония	13100	36,2	2763,4
Нью-Йорк	США	10768	22,8	2117,4
Сеул-Инчон	Ю.Корея	4400	24,7	5613,6
Мехико	Мексика	4600	20,6	4478,3
Сан-Паулу	Бразилия	4800	20,0	4166,7
Мумбай	Индия	4350	22,6	5195,4
Лос-Анджелес	США	14000	17,6	1257,1
Дели	Индия	1500	20,9	13933,3
Манила-Кесон-Сити	Филиппины	2200	16,8	7636,4
Калькутта	Индия	1400	16,8	12000,0
Буэнос-Айрес	Бразилия	3900	14,6	3743,6
Шанхай	Китай	1600	12,7	7937,5
Джакарта	Индонезия	1600	17,5	10937,5
Дхака	Бангладеш	1500	17,9	11933,3

Рио-де-Жанейро	Бразилия	2400	12,4	5166,7
Карачи	Пакистан	1200	16,2	13500,0
Рурская агломерация	Германия	9800	11,1	1132,7
Каир	Египет	1400	13,1	9357,1
Пекин	Китай	1400	11,1	7928,6
Лагос	Нигерия	1100	17,0	15454,5
Москва	Россия	1100	10,9	9909,1
Париж	Франция	2600	10,0	3846,2
Стамбул	Турция	2650	11,3	4264,2
Чикаго	США	8000	10,0	1250,0
Лондон	Англия	1600	7,6	4750,0
Санкт-Петербург	Россия	1431	4,4	3074,8

В результате таких неравномерных демографических тенденций, плотность населения Индии в 2050 году будет составлять 427 человек на 1 км^2, а в России – 7 человек на 1 км^2. Соответственно, в одних странах мира будут усугубляться социально-экологические проблемы региона (нехватка продовольствия, природных ресурсов, в том числе пресной воды, проблема безработицы, бедности), а в других из-за изменения возрастной структуры общества, наоборот, может ожидаться нехватка трудовых ресурсов.

И хотя население планеты каждый год увеличивается, в настоящий момент многие демографы считают, что мы живем в эпоху окончания демографического взрыва, и к концу 21 века можно ожидать стабилизации демографической ситуации во всем мире. По завершению демографического перехода всеми странами (ориентировочно к концу нынешнего столетия), население мира стабилизируется на уровне 10-12 миллиардов человек.

7.5. Емкость биосферы и численность населения

Таким образом, согласно прогнозам, через 50 лет демографический взрыв закончится, и численность населения планеты стабилизируется. Но уже сейчас на планете обитает более шести миллиардов человек и если поделить всю площадь земной суши (со всеми горами, ледниками, пустынями, болотами и другими территориями, неудобными для

проживания), то на каждого человека придется менее двух гектаров. Вместе с увеличением населения мира, увеличивается и количество автомобилей, самолетов, мотоциклов, количество потребляемых ресурсов, в том числе продовольствия и пресной воды. К сожаленью, до сих пор нет однозначного ответа на вопрос, связанный с этой глобальной мировой проблемой - сколько человек может проживать на планете в условиях сохраняющегося удовлетворения уровня потребления? Средневзвешенные оценки составляют от 1 млрд. до 20 млрд. людей.

Вставка 6. Дополнительная информация

Впервые о проблемах ограниченности природных ресурсов задумался 32-летний священник **Томас Роберт Мальтус (1766-1834),** который в 1798 году анонимно опубликовал книгу «Опыт о законе народонаселения», в котором писал: «Население, если его не контролировать, увеличивается в геометрической прогрессии. Средства пропитания возрастают всего лишь в арифметической прогрессии. Даже поверхностное знакомство с числами покажет, что первая последовательность несоизмерима со второй».

В конце 18 века Англия переживала бурный рост населения, особенно городского. Так, в конце 18 века население Лондона достигло миллиона человек, спрос на продукты питания возрастал быстрее, чем их производство, резко увеличился импорт продовольствия. Лондон этого времени был городом контрастов: с одной стороны, экономический и политический центр мира и столица крупнейшего государства в мире, а с другой - город трущоб, где практически без средств к существованию, жили миллионы бедняков.

Основываясь на текущем опыте Англии, Т. Мальтус создает теорию, согласно которой неконтролируемый рост народонаселения должен привести к голоду на Земле. Основные тезисы его теории заключались в следующих постулатах:

- из-за биологической способности человека к продолжению рода его физические способности используются для увеличения своих продовольственных ресурсов.
- народонаселение строго ограничено средствами существования.
- рост народонаселения может быть остановлен лишь встречными причинами, которые сводятся к нравственному воздержанию, или

несчастьям (войны, эпидемии, голод).

Исходя из теории, человечество, как и популяция любых других живых организмов, может увеличиваться до тех пор, пока не начнет испытывать недостаток ресурсов. Данная теория послужила источником направления под названием «**мальтузианство**». Естественно, основным недостатком теории было отсутствие поправок на научно-технический прогресс, способный сильно компенсировать ограниченность природных ресурсов.

В 70-е годы 20 столетия теория Томаса Мальтуса вновь стала активно обсуждаться, поскольку на страницах разных изданий замелькала теория "золотого миллиарда". В основу данной концепции легли расчеты, основанные на количественных показателях потребляемых ресурсов: при удовлетворении уровня жизни, соответствующего стандарту современного западного общества, энергии и ресурсов хватит на 1 миллиард человек. В случае увеличения народонаселения, возникает истощение ресурсов и необратимые экологические последствия. Поскольку в 70-е годы население мира сильно превышало эту цифру, то в научных и публицистических изданиях, разгорелись споры. Так, американский футуролог, основатель и директор Гудзоновского института Герман Кан называл цифру - 15 миллиардов, английский экономист и статистик Колин Кларк оптимистично считал, что Земля, даже при американских стандартах жизни, сможет выдержать 47 миллиардов человек, С.П. Капица считает, что планета может поддерживать в течение длительного времени до 15-25 миллиардов людей. А согласно расчетам математика Н.Н. Моисеева и биолога Н.В. Тимофеева-Ресовского, основанным на потреблении возобновляемых и невозобновляемых источников энергии, на земле при условии сохранения всех ресурсов планеты, может проживать только 500 миллионов человек.

Несмотря даже на оптимистичные прогнозы, регулирование численности населения планеты – актуальная проблема ближайших десятилетий. Необходимость регулирования связана, во-первых, с идеей о существовании емкости биосферы, а, во-вторых, с реальной трудностью обеспечения быстро растущего населения многих развивающихся стран продуктами питания, пресной водой, энергией. И проблема емкости биосферы сводится не только к ответу на вопрос: «Сколько человек может прокормить планета?». Другим, не менее важным вопросом, является проблема нейтрализации растущего антропогенного пресса на природные экосистемы. Если принять во внимание

некоторые расчеты экологов, мы уже находимся за пределами емкости, и биосфера не справляется с потоками загрязнения. В этом случае, деградация может наступить еще до того, как жизненно важные для человечества ресурсы закончатся.

В статье «Мир через полвека», опубликованной в 1974 году, А.Д. Сахаров для предотвращения экологических проблем, связанных с перенаселением планеты, предложил ограничить так называемую рабочую зону, где будут жить, работать и проводить большую часть времени подавляющее число жителей Земли. Данная рабочая зона, согласно его выводам, должна составлять 30% земной поверхности. Остальные 70% он рекомендовал объявить «заповедной зоной» с восстановленной там первозданной биосферой, где люди могли бы проводить свободное от работы время. Утопичность переселения населения со всей планеты в 30-процентную зону достаточно очевидна, но идея равновесного соотношения природных и антропогенных экосистем, давно является поводом для научных дискуссий.

Вставка 7. Дополнительная информация

Биофизик В.Г. Горшков, согласно проведенным расчетам в рамках теории биотической регуляции, считает, что биосфера Земли уже утрачивает свои компенсаторные способности. Данные выводы основаны на расчетах, что в естественных экосистемах 99% всей первичной продукции потребляют низшие организмы и лишь 1% - приходится на долю позвоночных, в том числе и человека. Именно этот постулат и взят им был за основу равновесия углеродного баланса в биосфере. Сокращение естественных экосистем привело, согласно исследованиям этого автора, в разбалансировке углеродного цикла, а вслед за ним и к снижению стабильности концентрации ряда других химических веществ. Один из результатов – парниковый эффект.

Согласно исследованиям российских экологов В.И. Данилова-Данильяна, К.С. Лосева, И.Е. Рейфа, опубликованным в 2005 году в монографии «Перед главным вызовом цивилизации», основным итогом хозяйственной деятельности человека является разрушение природных экосистем в морских акваториях и на суше. Согласно их выводам, именно вследствие изменения соотношения природных и антропогенных систем, произошло ослабление стабилизирующей и

средообразующей функции биоты. Для предотвращения надвигающейся катастрофы, авторы исследования настаивают на сохранении основных центров стабилизации окружающей среды с ненарушенными экосистемами, позволяющие биосфере противостоять растущему техногенному прессу и сохранять углеродный баланс. В Северном полушарии крупными центрами стабилизации являются: северный *Евроазиатский центр* (11 млн. км^2), куда входят северные территории Скандинавии и европейской России, Сибири и Дальнего Востока, *Североамериканский* (9 млн. км^2), включающий северную часть Канады и Аляску. В Южном полушарии выделяются *Южноамериканский центр*, включающий Амазонию с прилегающими к ней горными территориями (10 млн. км^2) и *Австралийский центр* (4 млн. км^2). Другим важным центром стабилизации окружающей среды является *Мировой океан*. Кроме этого, согласно выводам авторов, для стабилизации углеродного цикла биосферы, необходимо восстановление разрушенных экосистем: человечество должно «уйти» с половины освоенной территории (или хотя бы с 30%), высвободив их для восстановления природного равновесия.

Однако до настоящего времени никто из исследователей не смог ответить на следующие простые вопросы: Как уйти с освоенной территории? Как накормить всех родившихся и тех, кто в ближайшие годы-десятилетия родится? Как добровольно заставить изменить образ жизни людей, уже привыкших к высокому уровню потребления?

Контрольные вопросы:

1. Что такое воспроизводство населения?
2. Какие существуют исторические типы воспроизводства?
3. Что такое демографическая революция?
4. Какова современная демографическая ситуация в мире?
5. Какие прогнозы дальнейшего изменения численности населения?
6. Причины снижения смертности и рождаемости?
7. Что обозначает понятие «демографический переход»?
8. Особенности демографической ситуации в России?
9. Каковы основные закономерности размещения населения?

10. Как связан рост численности населения с емкостью биосферы?
11. Какие экологические проблемы возникают при перенаселении?

Полезные сайты:

Всемирная организация здравоохранения - http://www.who.int/research/ru/

Программа развития Организации Объединенных Наций (ПРООН) http://www.undp.ru/index.phtml?iso=RU&lid=2

Электронная версия бюллетеня Население и общество - http://demoscope.ru/weekly/2007/0307/index.php

Фонд ООН по народонаселению (UNFPA) - www.unfpa.org

Национальный институт демографических исследований (INED) - www.ined.fr

Бюро ЮНЕСКО в Москве - www.unesco.ru

Сайт «Мировая история» http://www.worldhistorysite.com/

Счетчик населения планеты - http://www.census.gov/ipc/www/popclockworld.html

Организация Объединенных Наций - http://www.un.org/russian/

Данные ЦРУ - https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2119rank.html

Глава 8. Воздушные ресурсы биосферы и глобальные экологические проблемы

Из всех неприятностей
произойдет именно та,
ущерб от которой больше.
Закон Мерфи

До XX века степень преобразования природных экосистем была небольшой и, казалось, что человечество не может повлиять на функционирование глобальных биосферных процессов. Но в XX столетии произошли настолько масштабные преобразования природы планеты, что встал вопрос о воздействии человека и на климат. Так, распашка огромных пространств земли привела к изменению альбедо и степени увлажненности территории, уничтожение тропических и экваториальных лесов обусловило изменение процессов воспроизводства кислорода, перевыпас скота в аридных районах привел к процессам дефляции – подъему масс пыли в атмосферу, сжигание большого количества органического топлива и промышленные выбросы изменили газовый состав атмосферы.

8.1. Воздушные ресурсы биосферы

Химически активный кислород составляет в атмосфере 21%, а остальные проценты почти целиком принадлежат нейтральному азоту. Вместе двухатомные молекулы O_2 и N_2 составляют 99% сухого воздуха (табл. 8.1.). **Сухой воздух** - это воздух без водяного пара (газообразная фаза воды у земной поверхности). Процентный состав сухого воздуха вследствие вертикального и горизонтального перемешивания постоянен. Содержание водяного пара у земной поверхности, напротив, сильно варьирует: от 0,2% в приполярных широтах до 2,5 – 4,0% во влажной экваториальной зоне.

Табл. 8.1. Газовый состав сухого воздуха у земной поверхности, % (по С.П. Хромову, М.А. Петросянцу, 2006)

состав	N_2	O_2	Ar	CO_2	Ne, He, CH_4, Kr, H_2, N_2O, Xe, O_3, NO_2, SO_2, NH_3, CO, I_2, Rn
По объему	78,08	20,95	0,93	0,034	0,01
По массе	75,52	23,15	1,28	0,046	0,004

Кроме газов и водяного пара в атмосфере во взвешенном состоянии находятся мельчайшие твердые и жидкие частицы, размер которых составляет 0,01-60 микрометров. К твердым аэрозолям естественного происхождения относится вулканическая пыль и тонкий пепел, частицы дыма, образующиеся при пожарах, частицы почвенного субстрата, пыльца и споры растений. К жидким аэрозолям относятся, например, капельки морской соли, попадающие в воздух при ветровом волнении над океанами.

Так, химический состав сухого воздуха на уровне моря состоит из азота - 78,084%, кислорода - 20,946%, аргона - 0,934%, углекислого газа - 0,034% . На долю неона, гелия, криптона, водорода, озона и других газов приходится менее 0,004%. Кроме газов в атмосфере присутствует водяной пар и различные примеси как естественного, так и техногенного происхождения.

8.2. Загрязнение атмосферы и экологические последствия

Наиболее распространенными компонентами газового загрязнения атмосферы являются оксид серы SO_2 (сернистый газ), оксид углерода CO (угарный газ), диоксид углерода CO_2 (углекислый газ), оксиды азота NO_X, сероводород H_2S, углеводороды выхлопных газов автомобилей, аммиак NH_3, радиоактивные отходы атомных станций. Дымящие трубы предопределили также увеличение количества и спектра индустриальных аэрозолей, к которым относятся частицы дыма, сажи и золы, попадающие в атмосферу при сжигании органического топлива и работе промышленных комбинатов.

XX век технического прогресса наиболее существенно изменил содержание в воздухе углекислого газа и озона. Так, сжигание огромных

количеств ископаемого топлива (угля, нефти и газа) привело к росту концентраций CO_2 в атмосфере. Согласно исследованиям института Мирового слежения (Worldwatch), ежегодные выбросы углерода в атмосферу при сгорании ископаемого топлива составляют более 6 млрд. тонн. В результате их сжигания концентрация углекислого газа по сравнению с 1750 годом доиндустриальной эпохи, выросла с 280 до 380 ppm (ppm – это одна миллионная часть, т.е. на один миллион литров воздуха приходится 380 литров CO_2). Увеличение содержания углекислого газа усугублялось массовым сведением тропических лесов, являющихся основными источниками преобразования газового состава атмосферы. В настоящее время на 40 станциях, расположенных в различных уголках мира, проводится мониторинг концентрации углекислого газа в атмосфере.

Помимо углекислого газа в атмосфере произошло увеличение таких газов как метан, оксид азота, тропосферный озон. В природных условиях метан (CH_4), образующийся в анаэробных условиях, поступает в атмосферу из болот и из зоны разломов земной коры. По сравнению с доиндустриальной эпохой содержание метана увеличилось вдвое и продолжает расти со скоростью около 0,8% в год. Антропогенному увеличению концентраций газа способствовало развитие сельскохозяйственного производства, в первую очередь рисовых плантаций, увеличение поголовья скота, добыча природного газа. Повышение концентрации оксида азота (N_2O) связано с резким увеличением применения азотных удобрений, а также с увеличением выбросов, получаемых при сгорании топлива у самолетов.

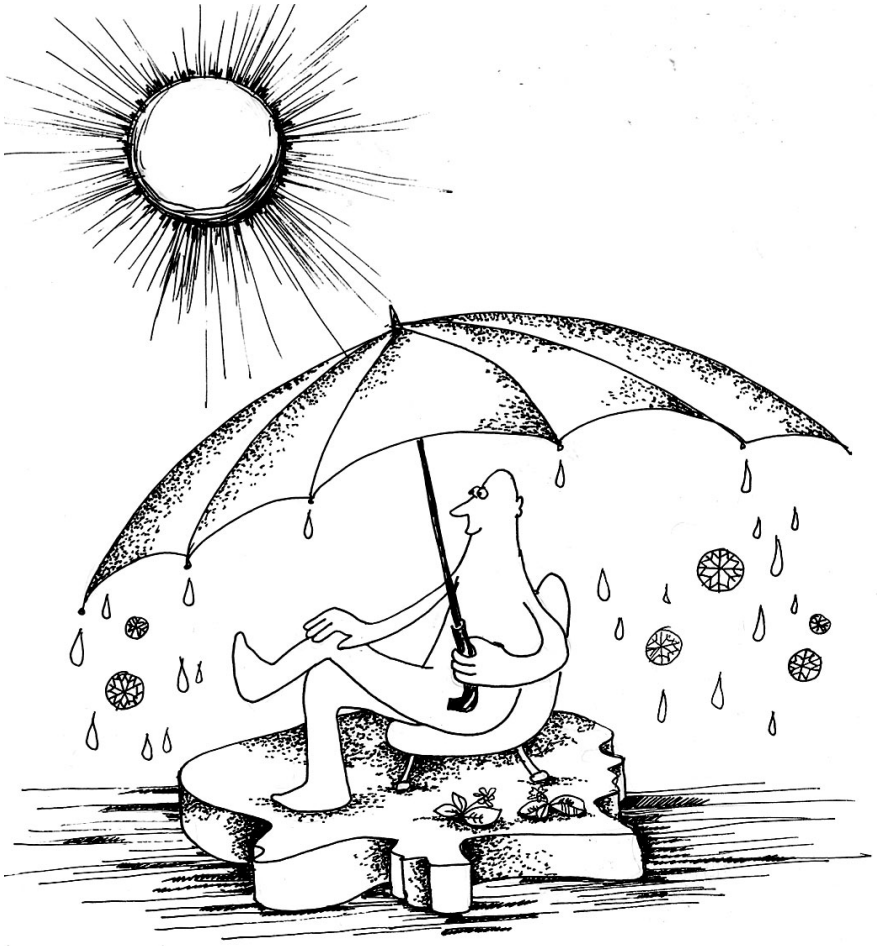
Кроме этого, в атмосфере появился целый ряд газов, не присутствующих в её составе ранее. Несмотря на то, что объемы этих газов несопоставимо малы по сравнению с углекислым газом, некоторые из них еще более опасны в качестве источника изменения процессов в атмосфере. К таким газам относятся хлорфторуглеводороды, в том числе фреоны. В конце 80-х годов именно с действием этих газов антропогенного происхождения объяснялось возникновение озоновых дыр, фиксируемых над

той или иной территорией. Фреоны, производство которых началось в конце 30-х годов 20 века, поступают в атмосферу при использовании их в холодильных установках, кондиционерах, аэрозольных баллонах, при производстве пенопластов. По различным оценкам, время их жизни в атмосфере составляет 80-170 лет. Благодаря своей устойчивости фреоны способны достигать озонового слоя, где происходит высвобождение хлора в агрессивной среде и разрушение озона. Несмотря на все исследования, причина возникновения озоновых дыр до сих пор трактуется неоднозначно. Например, в результате запуска космических ракет образуются «озоновые дыры» диаметром до нескольких сотен километров, которые сохраняются в стратосфере еще несколько недель после запуска. Поскольку озоновый слой защищает все живое на планете, поглощая жесткую ультрафиолетовую солнечную радиацию, то наблюдения за его состоянием стали приоритетным направлением исследований в области мониторинга атмосферы.

Парниковый эффект и глобальное потепление климата. Парниковый эффект, обусловленный разогреванием нижних слоев атмосферы у земной поверхности, был характерен для атмосферы с момента её появления. Главной причиной этого процесса является наличие в атмосфере водяного пара, углекислого газа и некоторых других газов, к которым, в первую очередь, относится диоксид азота и метана. Эти газы, названные парниковыми, создают в атмосфере экран, обуславливающий нагревание поверхности планеты и нижних слоев атмосферы. Таким образом, атмосфера всегда являлась своеобразным одеялом, удерживающим тепло: в случае её отсутствия температура земной поверхности составляла бы -18^0C, а

благодаря ей равна $+15^0$C.

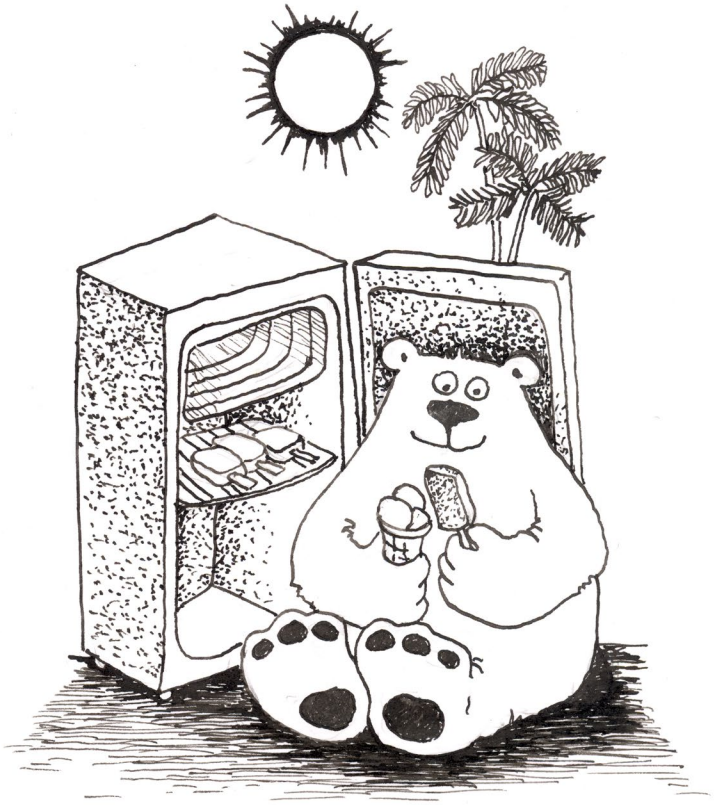
Исходя из этого факта, увеличение парниковых газов может привести к усилению парникового эффекта и, как следствие, к увеличению средних температур как суши, так и Мирового океана. В конце 20 века о процессе парникового эффекта и связанного с ним глобального потепления климата заговорил весь мир. Согласно выводам Межгосударственной группы экспертов по изменению климата ООН, парниковый эффект привел к повышению средней температуры Земли на $0{,}74^0$ С по сравнению с началом промышленной революции. Увеличение температуры происходило неравномерно: в экваториальной зоне она практически не изменилась, а при приближении к полюсам, признаки потепления проявились более резко.



Вследствие увеличения средних температур началось таяние льда в районе Северного и Южного полюсов, уменьшение площади ледников в горах и подтаивание вечной мерзлоты. И если в конце прошлого столетия льды Северного Ледовитого океана занимали территорию 7,7 млн. кв. км, то в 2007 году их площадь составляла 5,8 млн. кв. км. А льды Арктики, как известно, играют одну из главных ролей в поддержании стабильного климата в северном полушарии планеты. Таяние льдов привело к подъему уровня моря на 10-20 см в течение последних 100 лет. Особенно резко этот процесс проявляется в последние годы и в настоящее время скорость подъема уровня моря составляет около 2 - 3 мм в год.

В Восточной и Западной Сибири, на севере Аляске зафиксировано увеличение температур многолетней мерзлоты на $1\text{-}3^0$, что привело к увеличению выбросов болотного газа – метана. Дальнейшее увеличение концентраций метана, также являющегося парниковым газом, может спровоцировать усиление парникового эффекта и, как следствие, дальнейшего «запуска» механизма потепления.

Разработанные климатическим модели свидетельствуют, что в XXI веке ожидается продолжение тренда увеличения средних температур на 1,1 – $6,4^0$C, но в отдельных регионах она может понизиться. Так, в Европе из-за замедления теплого течения Гольфстрим, температура может понизиться на 1^0 до 2010 года, но затем она будет стремительно расти. Вследствие большой теплоемкости Мирового океана, ожидается подъем его уровня даже в случае стабилизации концентраций парниковых газов в атмосфере. По различным оценкам повышение уровня океана произойдет на 0,5 метров. Кроме этого, повышение средних температур приведет к изменениям количества осадков и их географического распределения. Наиболее уязвимыми территориями для ожидаемых изменений климата будет Сахара, Арктика, небольшие острова и дельтовые районы Азии. В результате этих процессов предполагается усиление природных катастрофических явлений, таких, как наводнения, ураганы, засухи и т.д. Подъем уровня океана и таяние ледников особенно сильно может отразиться на жизни многих гидробионтов и некоторых животных. Например, пингвины, белые медведи и тюлени вынуждены будут сменить места своего обитания.



Главной причиной потепления подавляющее большинство климатологов считают антропогенный фактор, а именно – увеличение количества

парниковых газов в атмосфере. Но, кроме этой гипотезы существуют и другие. Так, некоторые исследователи указывают на возможность естественных климатических флуктуаций природного характера: причиной потепления может быть естественная изменчивость климата. Например, около 6000 лет назад, был климатический оптимум голоцена, характеризовавшийся более высокими температурами по сравнению с современными, а также высокой степенью увлажнения. Кроме этого, некоторые ученые указывают на недостаточное время фиксирования метеорологических данных (около 150 лет) и, соответственно, считают выводы о глобальном изменении климата предварительными. В действительности, вопросов больше, чем ответов. Дискуссии вызывает и вопрос, касающийся взаимных связей климата и растительности. Так, увеличение значений углекислого газа приводит также и к интенсификации процесса фотосинтеза, ослабляющего рост концентрации этого газа в атмосфере.

Тем не менее, вне зависимости от правомерности тех или иных гипотез, уменьшение антропогенного прессинга на атмосферу, приведет исключительно к положительным результатам и, поэтому, вне зависимости от причин глобального потепления климата, принятие действенных мер необходимо. На сегодняшний день основным соглашением, противодействующим процессам глобального потепления, является **Киотский договор**, вступивший в силу в 2005 году. Согласно протоколу, тридцать восемь индустриально развитых стран, должны сократить выбросы CO_2 в атмосферу на 5% до 2008-2012 года. Протокол предусматривает систему квот: каждая из стран, получивших квоту на выброс конкретного количества углекислого газа, в случае невыполнения условий протокола может купить себе право на дополнительные квоты у государств или компаний, выбросы которых составляют меньше выделенной квоты. Протокол был ратифицирован 181 страной мира (совокупно ответственными

за 61% общемировых выбросов). Заметным исключением из этого списка являются Соединенные Штаты Америки.

Кислотные осадки. Под **кислотными осадками** понимается процесс поступления на поверхность земли вместе с атмосферными осадками кислотообразующих веществ. Кислыми считаются осадки со значениями pH < 5. Основными атмосферными кислотообразующими веществами являются диоксид серы и оксиды азота. Так, при взаимодействии выбрасываемого диоксида серы в насыщенном влагой воздухе образуется сернистая кислота, которая затем окисляется до серной кислоты, а при взаимодействии диоксида азота с водяным паром образуются азотная и азотистая кислота. Время образования кислот варьирует от нескольких часов до нескольких суток. За столь длительный период воздушные массы переносят кислотообразующие вещества на большие расстояния, и кислотные осадки часто выпадают вдали от источников выбросов.

Природными источниками поступления диоксида серы в атмосферу являются лесные пожары и вулканические выбросы, а природные поступления диоксида азота обусловлены электрическими разрядами, при которых образуется оксид азота, впоследствии превращающийся в диоксид. Источниками антропогенного поступления диоксида серы является обжиг сульфидных руд при производстве цветных металлов, сжигание обогащенного серой ископаемого топлива. К концу 20 века объем антропогенных выбросов диоксида серы в мире составлял 100 млн. тонн в год и в 5 раз превышал природные объемы (20 млн.тонн в год). Оксиды азота техногенного происхождения образуются при сгорании топлива. В настоящий момент, согласно оценкам, антропогенный поток оксидов азота варьирует в пределах 40-90 млн. тонн в год.

Всктавка 2. Дополнительная информация

Первые кислотные дожди были описаны Р. Смитом, открывшим серную кислоту в промышленных районах Манчестера и Лондона. Сейчас проблема кислых дождей

характерна и для Северной Америки, Европы, Японии, Кореи, Китая. Кислотные дожди ведут к «стерилизации» водных экосистем, вызывая гибель гидробионтов. Масштабное закисление водоемов впервые было обнаруженах Скандинавии: только в одной Швеции остались без рыбных ресурсов 4500 озер, а 1800 стали полностью безжизненными.

Повышение кислотности почв наземных экосистем приводит к процессам растворения питательных веществ, необходимых для растений, к увеличению концентрации алюминия. В результате подкисления почв широко развиты процессы усыхания лесов, охватывающие огромные пощади. Так, из-за кислотных дождей повреждены около 35% лесов Германии, а территории вблизи металлургических комбинатов и крупных индустриальных центров повреждены в радиусе нескольких десятков километров. Такие зоны поражения растительности отмечены в радиусе 80 километров в районе Норильска и вблизи Мончегорского металлургического комбината.

После подписания «Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния» в 1979 году особое внимание стало уделяться переносу кислотообразующих выбросов через государственные границы. Многие страны являются одновременно как экспортерами, так и импортерами кислотных осадков. Так, до 70% кислотных дождей в Норвегии, Швеции, Финляндии являются результатом «экспорта» из Германии и Великобритании. Наибольший вклад в подкисление экосистем России вносит Украина, Польша, Германия.

Таким образом, можно сформулировать следующие первоочередные меры по защите воздушных ресурсов биосферы:

- сокращение выбросов вредных веществ в атмосферу за счет внедрения эффективных установок для улавливания и обеззараживания вредных веществ
- снижение выпуска озоноразрушающих веществ
- перевод тепловых электростанций на бессернистое и малосернистое топливо

- перевод автотранспорта на менее токсичное топливо
- развитие сети станций наблюдения за уровнем загрязнения воздушного бассейна.

Контрольные вопросы:

1. Каков состав атмосферы?
2. Какие основные компоненты загрязнения атмосферы?
3. Какие газы называются парниковыми?
4. В чем сущность парникового эффекта?
5. Какие процессы возникают в результате потепления климата?
6. Какие газы вызывают кислотные осадки?
7. Каковы основные последствия кислотных осадков для различных компонентов экосистемы?
8. Каковы возможные механизмы защиты воздушных ресурсов биосферы?

Полезные сайты:

Сайт с фотографиями последствий глобального потепления - http://www.worldviewofglobalwarming.org/

Сайт, посвященный изменению климата- http://www.climatechangeeducation.org

GreenWord (Зелёное Слово): интернет-журнал о природе и человеке - http://greenword.ru

Институт Worldwatch - http://www.worldwatch.org/

Сайт об изменении климата в Арктике - http://www.acia.uaf.edu/

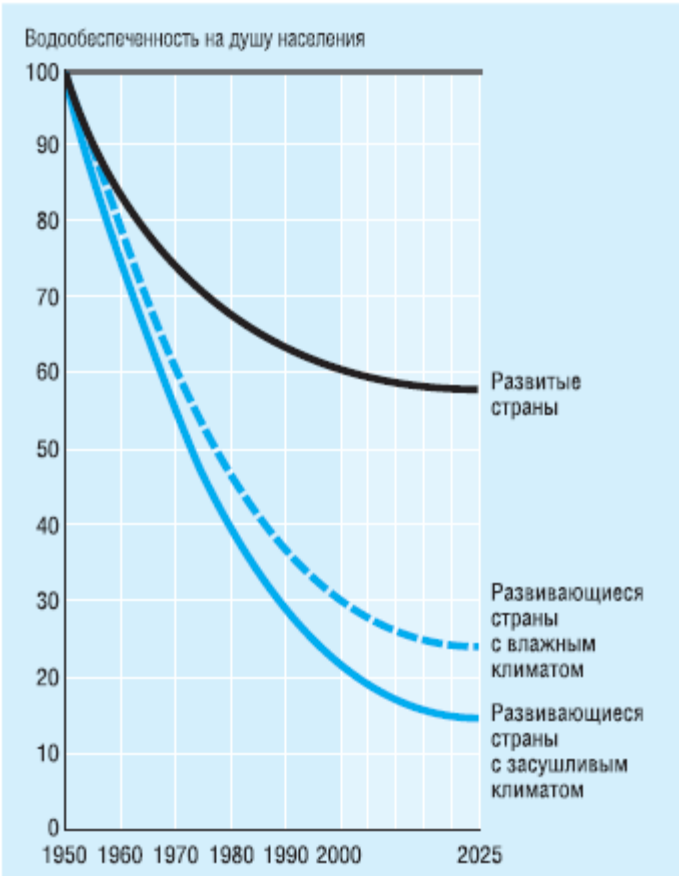
Межправительственная группа по изменению климата - http://www.ipcc.ch/languages/russian.htm

Официальный сайт рамочной конвенции ООН об изменении климата - http://unfccc.int/2860.php

Глава 9. Водные ресурсы биосферы и глобальные экологические проблемы

Время улучшения ситуации
обратно пропорционально
времени ее ухудшения.
Закон Мерфи

Американская пословица гласит: «Лягушка не выпьет всю воду из пруда, в котором живет». А человек? Он может испортить свой источник жизни? Футурологи-пессимисты предупреждают – человечеству грозит убийственная жажда. В России, обладающей 20% пресной воды в мире, сложно представить всю тревожность ситуации, но, по данным ООН, проблему пресной воды испытывает население уже 80 стран мира. Наиболее страдает от неустойчивого водного снабжения Средний Восток, Китай, северо-восток Мексики, большая часть Африки, многие западные районы США, часть Чили и Аргентины, а также почти вся Австралия. И, по разным оценкам, около 1,2 миллиарда человек, главным образом жители Африки и Азии, живут в условиях острой нехватки чистой воды. Это означает, что они не имеют доступа к 50 литрам чистой питьевой воды в день, которые международные организации установили как минимальный уровень потребления на душу населения. Так, среднестатистический житель США потребляет около 600 литров в день, средний европеец – около 350 литров, а жители стран Африки, прилегающих к пустыне



Сахара – около 10 литров в день на человека (рис. 9.1.). Кроме этого, существенна разница и в качестве воды. По данным ООН, ежегодно от болезней, связанных с плохим качеством воды, умирает около 5 миллионов человек.

В десятках стран дефицит пресной воды привел к её жесткому нормированию в засушливые годы, а некоторые страны ввозят пресную воду вместе с прочими импортными товарами. Так, например, Голландия и ФРГ импортируют воду из Норвегии и Новой Зеландии, на привозной воде живет население Алжира, Сингапура и Гонконга. И если без отдельных минеральных ресурсов человеческая цивилизация выживет, то без пресной воды это будет сделать сложно.

9.1. Водные ресурсы биосферы

И это, несмотря на то, что водная поверхность планеты составляет 71%, а с учетом ледников и снежного покрова - 86% от общей поверхности планеты. Согласно современным оценкам, объем воды на планете составляет около 1390 млн. км^3. Но 96,4% всей воды гидросферы приходится на минерализованные воды морей и океанов, а пресная вода составляет только 2,65%. Хотя, и эта цифра не отображает реальное количество доступной для потребления пресной воды. Если принять всю пресную воду за 100%, то становится очевидным, что большая её часть – 70,2% «заперта» в виде льда и постоянного снежного покрова, главным образом, в ледниковых щитах Антарктиды и Гренландии. Другая значительная часть - 28,7% находится в литосфере. И только 0,27% от общего количества пресной воды, легкодоступной для использования, течет по поверхности планеты в виде рек, скапливается в озерах и водохранилищах. Но и этих небольших процентов пресной воды хватило бы, если бы она была равномерно распределена по планете, и ее расходование предполагалось исключительно в бытовых целях (табл. 9).

Табл. 9.1. Запасы воды на земном шаре (по В.Н. Михайлову, А.Д. Добровольскому, С.А. Добролюбову, 2008).

Виды природных вод	Объем, тыс. км^3	Доля в мировых запасах, %		Средний уровень условного возобновления запасов воды
		От общих запасов воды	От запасов пресных вод	
Вода на поверхности литосферы				
Мировой океан	1 338 000	96,4	-	2650 лет
Ледники и постоянный снежный покров	25 780	1,86	70,2	9700 лет
Озера в том числе пресные	176 91	0,013 0,007	 0,25	17 лет
Водохранилища	6	0,0004	0,016	52 дня
Вода в реках	2	0,0002	0,005	19 дней
Вода в болотах	11	0,0008	0,03	5 лет
Вода в верхней части литосферы				
Подземные воды в том числе пресные	23 400 10 530	1,68 0,76	 28,7	1400 лет
Подземные льды	300	0,022	0,82	10 000 лет
Вода в атмосфере и в организмах				
Вода в атмосфере	13	0,001	0,04	8 дней
Вода в организмах	1	0,0001	0,003	Несколько часов
Общие запасы воды				
Общие запасы воды в том числе пресной	1 388 000 36 730	100 2,65	 100	

В отличие от минеральных ресурсов, вода является возобновляемым природным ресурсом. Находясь в природном круговороте, вода выпадает на землю в виде дождей, твердых осадков, с речными потоками возвращается в моря, затем с поверхности морской глади испаряется в атмосферу и вновь превращается в облака, чтобы затем опять выпасть на землю в качестве живительной влаги.… В атмосфере обновление воды происходит за 8 дней, в реках – за 19 суток, в океанах – за 2650 лет, в ледниках – за 9700 лет. Гидрологическая система планеты в течение года прокачивает и переносит на сушу около 47 тысяч км^3 воды, из которых на каждого жителя приходится 6900 м^3. А минимальный пороговый показатель, установленный гидрологами в качестве минимального объема на каждого человека, необходимого для выращивания продовольствия, промышленных нужд и сохранения окружающей среды составляет 1700 м^3. И, тем не менее, количество пресной воды в некоторых регионах планеты ограничено. Связано с это в первую очередь, неравномерностью обеспеченности планеты водными ресурсами и интенсивным их перерасходом.

Даже в пределах одной страны, обеспеченность водными ресурсами сильно варьирует: в северных районах Китая на душу населения приходится менее четверти объема воды, по сравнению с южными провинциями. Бразилия является лидирующей страной в мире по обеспеченности водой, но миллионы её жителей, проживающих на северо-востоке страны в зоне полупустыни, регулярно испытывают хронический дефицит пресной воды. Искаженные представления о реальной обеспеченности водными ресурсами территории также связаны с сезонностью выпадения осадков. Так, некоторые азиатские страны с муссонным климатом и коротким периодом дождей, получающие почти 90% своего годового объема осадков менее чем за 100 часов, в это время страдают от наводнений, но остальное – от длительной засухи. Поэтому, фактическая обеспеченность пресной водой зависит также и от запасов воды в водохранилищах, объемов речного стока и пополнения запасов грунтовых вод.

9.2. Использование водных ресурсов

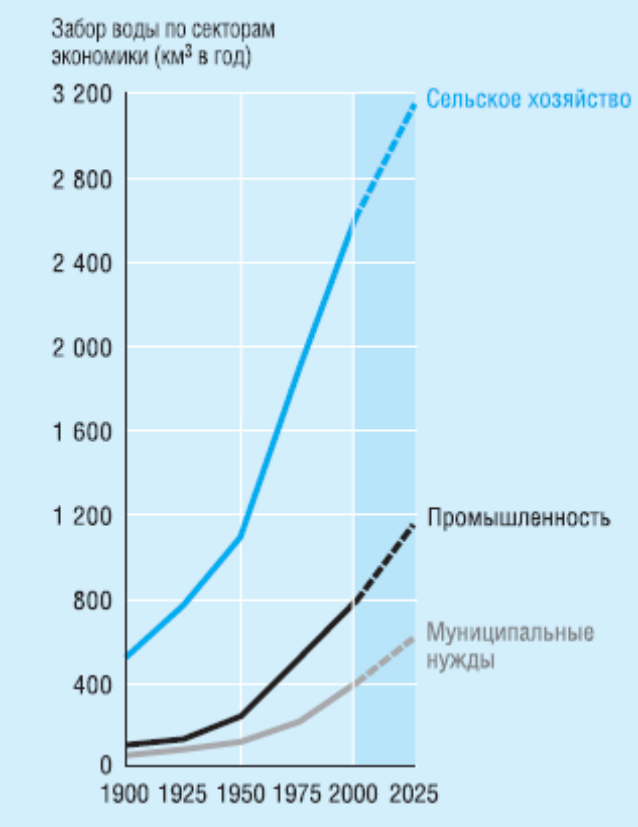
Исторически люди всегда селились около воды. Она обеспечивала их пресной водой, давала воду для полива и развития производства. В середине XX века, у человечества появились новые возможности в устойчивом обеспечении водными ресурсами: стали строиться водохранилища и каналы, бурились артезианские скважины. Параллельно с увеличением возможностей и появлением все больших потребностей в пресной воде, росла и способность тратить воду впустую, без оглядки. При пересчете на каждого жителя планеты величина водозабора увеличилась с 140 до 780 л/сутки. И во всех расчетах водопотребления, учитывающих сельское хозяйство, промышленность и бытовые нужды, никогда не принимался в учет другой важный потребитель воды – окружающая среда.

В результате неразумного потребления, расходование воды стало превышать темпы её возобновления. Реки, больше не достигающие морей, высыхающие озера, истощающиеся водоносные слои, деградирующие экосистемы, - все это связано с перерасходом воды и недооценкой стоимости этого ресурса в условиях непродуманной политики потребления.

Вот уже век, как потребление воды растет быстрее, чем население: за последнее 100 лет население планеты увеличилось в четыре раза, а потребление воды возросло в семь раз. Наиболее высокий расход пресной воды проявляется в регионах орошаемого земледелия, а также в городских агломерациях и промышленных центрах.

Сейчас в мире на сельскохозяйственное, промышленное и бытовое водоснабжение расходуется более 4000 км^3 в год, что составляет около 4,5% пресной воды, сконцентрированной в озерах, водохранилищах и реках (рис.9.2.). За один день тратится около 10 млрд.тонн воды, что сопоставимо с годовой добычей всех видов полезных ископаемых.

Наибольшая величина расхода пресной воды приходится на Азию (60% от общемирового), где располагаются основные орошаемые площади планеты, около 15% – на Северную Америку, в пределах 13% – на Европу, оставшиеся 12% распределяются примерно поровну между Южной Америкой и Африкой.



И, несмотря на доли воды, используемой в промышленном производстве и для муниципальных нужд, львиная доля потребления воды как в начале XX века, так и сейчас - это сельское хозяйство, на которое в развивающихся странах приходится до 80% совокупного водопотребления.

Динамика использования воды в мире в различных секторах экономики (по данным www.unesco.org/water/ihp/db/index.shtm)

Так, чтобы вырастить 1 тонну пшеницы требуется 1500 тонн воды, риса – 7000 тонн, хлопка – 10000 тонн, на производство тонны курятины расходуется 3500–5700 тонн, а говядины – от 15000 до 70000 тонн. Можно произвести простые расчеты. Человеку для ежедневных нужд требуется 20-50 литров воды в день. Но для производства продуктов питания с энергетической ценностью 3000 килокалорий в день, расходуется около 3,5 тысяч литров пресной воды. Таким образом, чтобы накормить и напоить семью из четырех человек, ежедневно требуется вода, по объемам сопоставимая с плавательным бассейном.

Основные потери воды связаны с небольшими фермерскими хозяйствами в развивающихся странах, использующими устаревшие методы орошения. По различным оценкам, в мире насчитывается около 525 млн. таких мелких ферм, где живут и трудятся около 2,5 миллиардов человек (http://www.expert.ru/printissues/kazakhstan/2006/12/zhazhda_mira). И многие исследования в области селекции сейчас направлены на выведение новых засухоустойчивых культур растений и разработку капельной системы орошения, позволяющей сэкономить до 70% пресной воды.

В результате орошения возникли кризисы целых речных систем, характеризующихся чрезмерным водопотреблением и сниженным водостоком, к которым в первую очередь относятся реки: Колорадо, Ганг, Инд, Иордан, Нил, Тигр, Евфрат и другие. Усугубляет складывающую ситуацию загрязнение поверхностных вод и активная разработка грунтовых вод.

Вставка 1. Дополнительная информация

Например, начиная с 1990-х года, ежегодно в своем нижнем течении пересыхает река Хуанхэ (Желтая река), бассейн которой считается колыбелью формирования и становления китайской цивилизации. В результате рекордного обмеления реки в 1997 году, потери от снижения урожая достигли 1,7 миллиардов долларов. И, начиная с 2000 года, была создана специальная комиссия по реке Хуанхэ, ограничившая забор воды в верхнем течении для увеличения водного потока в низовьях реки.

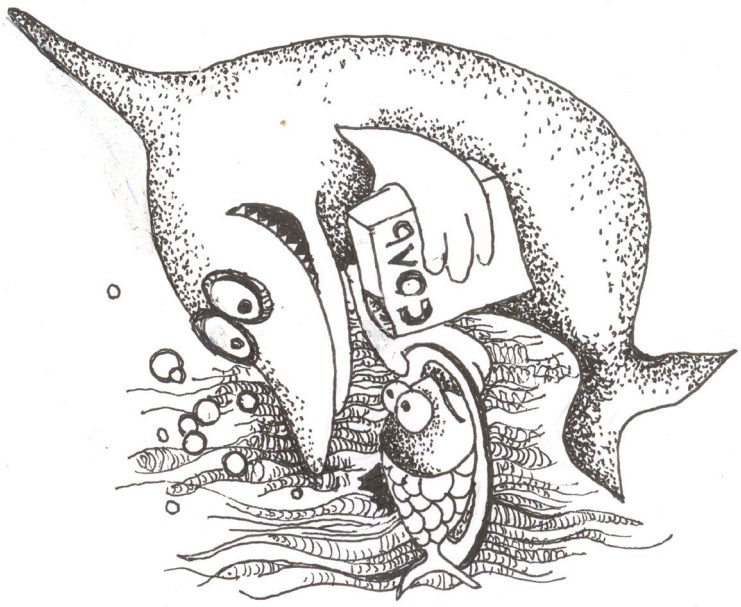
В Австралии для орошения пахотных земель забирается до 80% стока речной системы Муррей-Дарлинг, что приводит к катастрофичному разрушению экосистем, включая процессы засоления почв и загрязнения их нитратами. Для спасения речной системы в 1988 году была создана специальная комиссия, устанавливающая максимальные пределы водопользования.

Чрезмерное водопользование приводит к резкому понижению уровня грунтовых вод. Так, фермеры Йемена, живущие вблизи р. Сана, за последние годы были вынуждены углубить свои колодцы в среднем на 50 метров, а количество извлекаемой воды из них сократилось на две трети. В некоторых районах Индии уровень грунтовых вод падает более чем на 1 метр в год, обуславливая кризисную ситуацию для сельскохозяйственного производства.

Но самым ярким примером экологической катастрофы, возникшей в результате непродуманного орошения, является Аральское море. В результате забора воды из рек Сырдарья и Амударья, были получены рекордные урожаи хлопка, но практически потеряно навсегда море с уникальным биоразнообразием. Предпринятые в последние годы действия приостановили катастрофу, но прежних очертаний моря и сочетания флоры и фауны, добиться уже не удастся.

Для защиты от наводнений и сохранения запасов воды на засушливый период года издавна сооружали плотины и водохранилища. Сейчас в мире существует не менее 30 тыс. водохранилищ с общей площадью более 500 млн. $м^3$, что, например, превосходит площадь Черного моря. Водохранилища предназначаются, в первую очередь, для выравнивания стока, а также для гидроэнергетики и орошения. Однако зарегулирование стока рек имеет и отрицательные последствия для экосистем: сокращается водообмен, транзитный в природе тип круговорота становится все более замкнутым.

Кроме уменьшения стока рек, на функционирование водных и прибрежных экосистем оказывает свое действие строительство гидротехнических сооружений. Так, сейчас лишь 21 из 177 крупнейших рек мира имеют свободный доступ к морю, а большая часть рек перекрыта плотинами, системами водозабора. И если в середине XX столетия крупных дамб было около 5000, то сейчас их количество возросло до 45000. Соответственно, все виды,



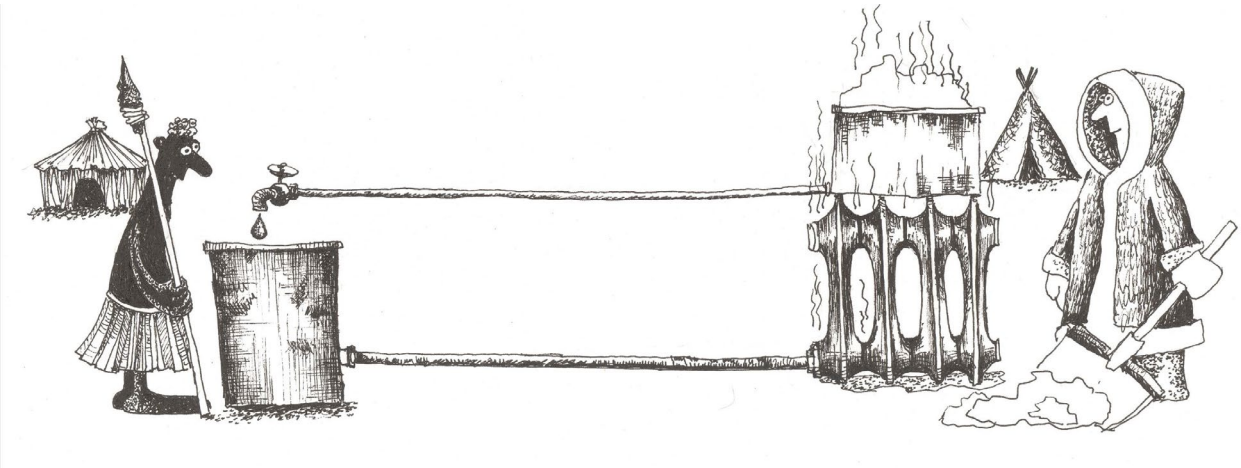
обитающие в этих реках, живут по режиму, существенно отличающемуся от привычной среды обитания (http://www.panda.org/about_wwf/what_we_do/freshwater/about_freshwater/rivers/index.cfm). В результате, европейский Дунай потерял большую часть заболоченных уникальных прибрежных ландшафтов, в североамериканскую реку Рио-Гранде из-за её обмеления стали попадать морские воды и океанические виды организмов. По данным Фонда дикой природы, из 10000 разновидностей пресноводных видов около 20% уже либо вымерли, либо, либо находятся на грани вымирания.

Очевидно, что в условиях роста населения и увеличивающихся потребностей в продуктах питания, процессов урбанизации и промышленного роста, конкуренция за воду в ближайшие десятилетия увеличится. Поскольку вода является ресурсом - беглецом, пересекающим государственные границы, во многих уголках планеты уже «тлеют искры» возможных будущих войн за водные ресурсы. Недостаток воды, особенно на Ближнем Востоке, уже неоднократно приводил к политической напряженности между государствами. Например, шестидневная война 1967 года между Израилем и Сирией началась, когда сирийские инженеры начали работы по частичному забору воды из реки Иордан, одной из главных водных артерий Израиля. А в 1979 году, при подписании мирного договора с Израилем, египетский президент Анвар Садат сказал, что его страна никогда не будет воевать с Израилем, если только не придется защищать свои водные ресурсы.

Согласно данным Международного комитета по изменению климата, в ближайшем будущем климатические контрасты будут усиливаться: изменение распределения количества осадков приведет к увеличению засух в одних уголках планеты и наводнениям в других. Это обострит еще более снабжение пресной водой в зонах пустынного климата, характеризующихся малым количеством осадков и понижающимся уровнем залегания грунтовых вод. По прогнозам к 2015 г. в странах с хронической нехваткой воды будет

проживать более половины населения планеты, а к 2025 г. две трети человечества уже будут испытывать недостаток воды. Недостаток пресной воды, в свою очередь, может спровоцировать нехватку продовольственных ресурсов. Проблема обостряется тем фактом, что в настоящий момент не существует ни влиятельной международной организации, ни норм международного права, которые регулировали бы распределение воды.

И некоторые страны Персидского залива, столкнувшиеся с острой нехваткой пресной воды, уже приступили к опреснению морской воды. В течение последних лет серьезно обсуждаются проекты по транспортировке антарктических айсбергов. Но многие считают, что основная проблема заключается не столько в недостатке пресной воды, сколько в нерациональном ее использовании. Многие западные страны уже разработали целый комплекс водосберегающих технологий.



Таким образом, основными проблемами водоснабжения является недостаток ресурсов в районах с высокой плотностью населения с развитой промышленностью или сельским хозяйством, повышенный водозабор для орошения, осушение болот, приводящее в смене водного баланса территории и микроклимата, загрязнение поверхностных и подземных вод.

9.3. Загрязнение водных ресурсов и экологические последствия

Существует поговорка: «Спасение от загрязнения есть разведение». И действительно, многие вещества становятся безвредными, разбавленные в

большом объеме воды и разложенные на составляющие при помощи кислорода и гидробионтов. Но природная способность самоочищения имеет свои пределы. Впервые проблемы загрязнения рек возникли во время промышленной революции вместе с ростом городов и становлением машинно-фабричного производства. Промышленные и бытовые стоки сливались в водоемы, а затем неочищенные загрязненные воды поступали в водопровод, вызывая вспышки инфекционных заболеваний.

Прошло двести лет, в течение которых росло количество землян, происходила интенсификации сельского хозяйства, развивалась промышленность, росли города. По мере увеличения всех этих составляющих объем загрязняющих веществ и число их видов увеличивалось в геометрической прогрессии, приводя источники природных вод к удручающим показателям загрязненности. Многие реки, «поглощающие» отходы, стали похожи на сточные безжизненные канавы, по которым течет уже не вода, а «химический коктейль». Согласно статистике,

количество условно чистых водных объектов в России составляет только 12%, умеренно загрязненных – 32%, а остальные 56% охарактеризованы как загрязненные водные объекты.

Загрязнением водной среды уже охвачена не только суша, но и мировой океан. У океана незавидное положение: занимая самые низкие гипсометрические позиции рельефа на планете, он волей-неволей аккумулирует загрязнение всех воздушных и речных потоков, являясь конечным пунктом разгрузки. По мере увеличения степени загрязнения, возрастает опасность не только снижения разнообразия живых организмов в природных водах, но и критическая загрязненность может привести к тому, что выловленную рыбу скоро будет есть небезопасно. В океане загрязняющие вещества приурочены к зонам набольшего сосредоточения организмов: прибрежным и шельфовым зонам, внутренним морям, эстуариям, приповерхностным слоям воды. Особенности вертикального океанического перемешивания водных слоев и течений обуславливают перенос веществ на большие расстояния и в глубокие океанические слои.

Для оценки качества вод используются показатели **предельно-допустимых концентраций (ПДК)**, разработанные для более 200 веществ. Так, ПДК мышьяка в воде составляют 0,05 мг/л, оксида меди – 1,0 мг/л, нефти – 0,1 мг/л, нитратов 10 мг/л и т.д.

Кроме определения степени загрязнения химическими реагентами, в практической экологии используются бактериологические и органолептические показатели. К первым относится оценка количества бактерий, ко вторым – запах, цветность, мутность и привкус природных вод. Другим важным показателем качества вод является наличие в ней кислорода, поскольку многие органические соединения достаточно быстро разлагаются аэробными микроорганизмами при необходимом количестве кислорода. Кислородообеспеченность природных вод обычно выражается через показатель **биологического потребления кислорода (БПК)**. Наибольшие проблемы разложения возникают при уменьшении содержания аэробных

микроорганизмов в воде, а также при попадании в водоемы трудноразрушаемых органических соединений, к которым относятся компоненты нефти и нефтепродукты.

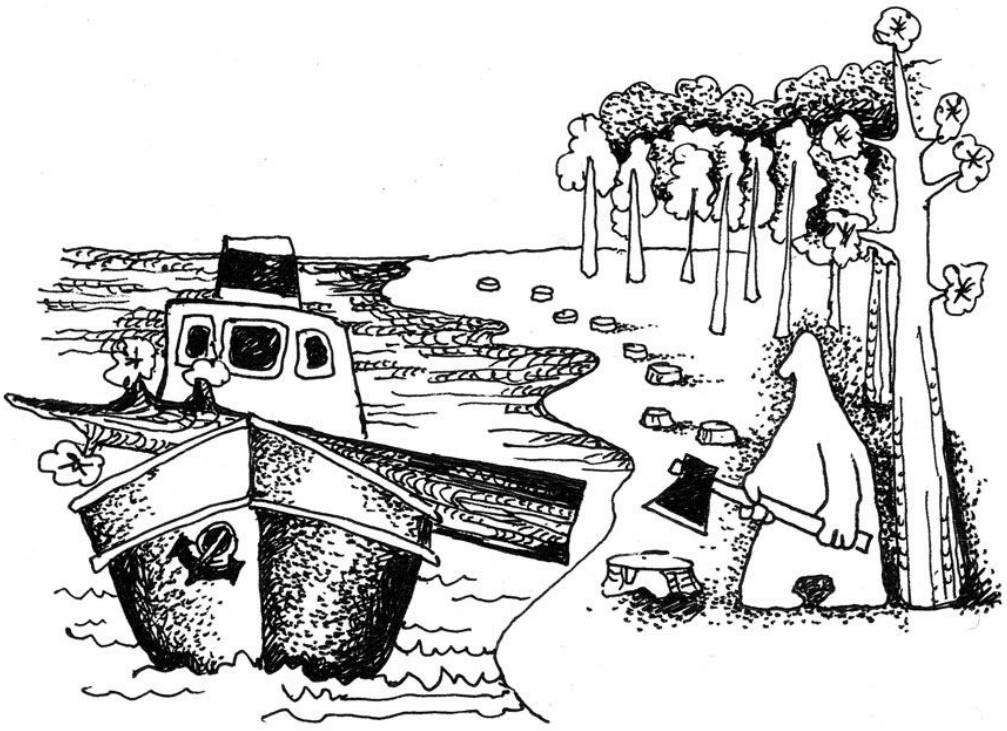
Сточные воды. По источнику загрязнений сточные воды разделяют на **промышленные, сельскохозяйственные, бытовые и атмосферные**. Попадающие в природные воды загрязняющие вещества сточных вод ведут себя по-разному в зависимости от их состава. Часто загрязнение вод даже визуально достаточно трудно определить, поскольку загрязняющие вещества растворены в воде. Среди исключений - пенящиеся моющие средства и плавающие на поверхности воды нефтяные пленки и неочищенные стоки. Эти соединения трудно ассимилируются водной средой, поскольку требуют повышенного количества кислорода для окисления.

Среди промышленных сточных вод и наиболее ёмких отраслей хозяйства «лидируют» крупные потребители воды, к которым относится энергетика, черная и цветная металлургия, машиностроение, химическая, нефтехимическая, лесохимическая, нефтеперерабатывающая промышленность, а также жилищно-коммунальное и сельское хозяйство. При этом, сливные трубы часто достаточно тяжело обнаружить, поскольку они погружены в водоем и находятся, как правило, вне черты поселения. Промышленные сточные воды в зависимости от специфики отраслей промышленности содержат нефтепродукты, синтетические поверхностно активные вещества (СПАВ), фенолы, фториды, тяжелые металлы и т.д.

Газо-дымовые выбросы. Газо-дымовые выбросы попадают в водные объекты с атмосферными осадками и в процессе механического оседания. Они содержат как грубодисперсные загрязнители, к которым можно отнести золу, сажу, пыль, так и газы, в первую очередь, сернистый газ и закись азота, которые при соединении с водой образуют серную и азотную кислоту.

Пестициды, минеральные и органические удобрения. Минеральные удобрения и пестициды появились в качестве загрязнителя вместе с зеленой революцией. Только 30-50% удобрений и инсектицидов, вносимых на поля

для повышения урожайности и избавления посевов от вредителей, поглощаются растениями, а остальная часть накапливается в почве и вместе с талыми и дождевыми водами выносится в водоемы. В тех местах, где вода слабопроточна и хорошо прогрета, добавление азота и фосфора в водную среду, является идеальной «подкормкой» для водорослей и цианобактерий. Начинается их бурное размножение, которое приводит к «цветению» и помутнению воды. Соответственно, глубина проникновения солнечных лучей уменьшается, что приводит к гибели донных растений. Дефицит кислорода впоследствии приводит к массовой гибели рыб. Этот процесс получил название **эвтрофикации водоемов.** Проблема эвтрофикации усугубляется вырубкой лесов в водоохранных зонах, нарушающих природные фильтры и водный режим территории. В результате происходит нарушение режима питания рек: пересыхает родниковое питание, дождевые осадки превращаются в грязевые потоки, попадающие беспрепятственно в



реки.

Нефть и нефтепродукты. Именно нефть и нефтепродукты вышли на первое место среди загрязнителей Мирового океана и морей. Основной причиной загрязнения этими веществами морей и океанов является крушение танкеров и выбросов нефти на буровых скважинах, расположенных в открытом море. Известно, что одна тонна нефти, растекаясь по поверхности океана, занимает площадь 12 км^2. Ежегодно в океан, по разным оценкам, попадает около 10 млн. тонн нефти. Нефть, создавая пленку на поверхности воды, препятствует газообмену, в том числе поглощению водой кислорода. Отсутствие аэрации и дефицит кислорода приводят к гибели многих водных организмы. Так, в 1989 году, в результате аварии танкера «Эксон Вальдес», севшего на мель вблизи берегов Аляски, нефтяное пятно разлива нефти растянулось на 1600 км вдоль побережья. Перепачканные мазутом чайки, мертвые рыбы и морские котики…. В результате разлива нефти погибли тысячи морских млекопитающих и 250 тысяч морских птиц.

На водных экосистемах отражается также влияние кислотных осадков. Наиболее сильно это проявляется во внутренних морях, например, в Балтийском море. Развитие атомной энергетики обусловило распространение радионуклидов, источниками которых являются отходы атомных электростанций и судов с атомными двигателями.

Так, медленно, шаг за шагом, мир расточает один из важных природных ресурсов, наращивая экологический долг, который достанется в наследство будущим поколениям. Для охраны и рационального использования водных ресурсов биосферы необходимы следующие первоочередные мероприятия:

- **защита и сохранение водных ресурсов (**рационализация системы водопользования, внедрение систем оборотного и замкнутого водоснабжения, сокращение удельных расходов воды на единицу продукции в орошаемом земледелии и промышленности, контроль и наблюдение за водными ресурсами биосферы);

- **предупреждение загрязнения воды и меры по борьбе с загрязнением** (строительство очистных сооружений, применение принципа «загрязнитель платит», установление норм сброса, экологическая экспертиза всех крупных водохозяйственных проектов, рациональное использование удобрений и химикатов в сельском хозяйств и др.);
- **разработка и применение экологически чистых технологий** (контроль за сбросом промышленных отходов, очистка и безопасное повторное использование коммунально-бытовых сточных вод в сельском хозяйстве, разработка биотехнологий и др.)
- **защита подземных вод** (разработка сельскохозяйственных методов, которые не приводят к деградации подземных вод, предотвращение загрязнения водоносных слоев, создание водоохранных зон в районах подпитывания и забора подземных вод, проведение мониторинга качества подземных вод и др.);
- **защита водных экосистем от загрязнения и деградации** (сохранение водно-болотных угодий, восстановление загрязненных водоемов и др.);
- **разработка национальных и международных правовых документов** (для мониторинга и контроля за загрязнением национальных и трансграничных вод, для контроля за переносом загрязнителей на большие расстояния через атмосферу и др.)

Контрольные вопросы:

1. С какими видами хозяйственной деятельности связано основное потребление природных вод человеком?
2. Какое соотношение морских и пресных вод в биосфере?
3. Какие объемы пресных вод человечество потребляло в прошлом и в настоящее время?

4. Какова скорость обновления природных вод?
5. Каковы основные источники загрязнения природных вод?
6. Перечислите основные виды природные ресурсов.
7. Что такое эвтрофикация водоемов и с чем она связана?
8. Каковы мероприятия по охране и рациональному использованию водных ресурсов?

Полезные ссылки:

Всемирный фонд дикой природы (WWF International) - www.panda.org

Greenpeace - www.greenpeace.org

Greenpeace России - www.greenpeace.ru

Conservation International - www.conservation.org

Международный союз охраны природы (IUCN) - www.iucn.org

Международный союз охраны природы (IUCN) - представительство для стран СНГ - http://www.iucn.ru

Международный центр мониторинга (WCMC) - www.wcmc.org.uk

ТРАФФИК (TRAFFIC) - www.traffic.org

Объединенный веб-сайт организаций ООН - www.unsystem.org

Международный социально-экологический союз- http://www.seu.ru

Движение студенческих дружин по охране природы - http://dop.environment.ru

Московское общество испытателей природы - http://www.moipros.ru

Wetlands International, Международная организация по сохранению водно-болотных угодий - http://www.wetlands.org

Русская версия - http://www.wetlands.org/Russia/Ru

Международный фонд защиты животных (IFAW) - http://www.ifaw.org/ifaw

Сайт ЮНЕСКО - http://www.unesco.org/water/

Глава 10. Земельные ресурсы биосферы и глобальные экологические проблемы

Предоставленные самим себе события
имеют тенденцию развиваться
от плохого к худшему.
Закон Мерфи

Существование человечества полностью зависит от хрупкого и тонкого плодородного слоя почвы – живой кожи планеты. Одной из причин современного экологического кризиса является деградация почв, которая из локальной проблемы в середине XX века превратилась в глобальную. Рост населения и одновременное увеличение потребностей человека привели к потребностям в продуктах питания и повсеместной распашке или использования в качестве пастбищ всех пригодных для сельскохозяйственного оборота земель. Но большая часть почв использовалась нерационально, что привело к деградации пастбищных и пахотных угодий, к истощению почв, к процессам водной и ветровой эрозии, нарушению биологических циклов в экосистемах. В результате чрезмерной эксплуатации земельные ресурсы в пределах некоторых территорий перешли в категорию невозобновимого ресурса.

10.1. Земельные ресурсы биосферы

На долю суши планеты приходится лишь 149 млн. км² - 29,2% всей площади планеты. Если из площади суши вычесть ледовые панцири Антарктиды и Гренландии, то окажется, что земельные ресурсы составляют около 134 млн. км² или 26% поверхности планеты. Но и эти цифры нуждаются в корректировке, поскольку большая часть суши практически

непригодна для хозяйственного использования. Это обширные районы тундр и лесотундр, болот, безжизненных пустынь, труднодоступных гор.

Леса и кустарники занимают несколько более 30% в общей площади земельного фонда планеты, но их роль в функционировании биосферы огромна: они не только являются средой обитания для большого количества живых организмов планеты, но формируют и поддерживают газовый состав атмосферы, определяют водный режим территории, создают запас фитомассы и сохраняют генофонд дикой природы.

Сельскохозяйственные угодья, к которым относятся обрабатываемые земли (пашни), многолетние насаждения (сады и плантации) и естественные луга и пастбища составляют 37,4% от общей площади суши. Из них пахотные земли занимают 10,2%, но именно благодаря им люди получают почти 90% продуктов питания (табл. 10.1.).

Табл.10.1. Общая структура земельного фонда планеты на конец XX века (по И.М. Кузиной, А.С. Наумову, 2004).

Категория земель	Площадь, млн.га	Доля в площади суши,%	Доля в площади земельного фонда,%
Общая площадь суши	14 915	100,0	-
Земельный фонд	13 392	90,0	100
Продуктивные земли	8 725	58,8	65,2
Сельскохозяйственные земли, в том числе:	4 635	33,6	34,6
пашня	1 372	9,3	10,2
Сады и плантации	101	0,9	0,8
Луга и пастбища	3 162	23,4	23,6
Леса и кустарники	4 090	25,2	30,6
Малопродуктивные и непродуктивные земли, в том числе:	4 667	31,2	34,8
Селитьба, промышленные и транспортные объекты	442	3,0	3,3
Озера, реки, водохранилища	317	2,1	2,4
Тундра и лесотундра	733	4,9	5,4
болота	350	2,3	2,6

пустыни	930	6,2	6,9
Земли, нарушенные человеком	448	3,0	3,3
Пески и овраги	269	1,8	2,0
Ледники и снежники	1 178	7,9	8,8

Как видно из таблицы, общие площади сельскохозяйственных угодий и малопродуктивных и непродуктивных земель сопоставимы и составляют чуть более 4,6 млрд. га. Но развитие промышленности, рост городов и процессы деградации почв обуславливают все большее увеличение количества малопродуктивных земель, тогда как резервы вовлечения новых площадей под сельское хозяйство небольшие.

Учитывая количество проживающего на определенной территории населения, можно вывести **показатель обеспеченности земельными ресурсами**. В настоящий момент, при учете всех категорий земельных ресурсов, он составляет около 2 га на душу населения. Однако более важным является **показатель обеспеченности сельскохозяйственными землями**, который в целом по миру составляет менее 0,7 га, а пахотных земель приходится около 0,2 га на каждого жителя планеты. Этот показатель стремительно уменьшается по мере увеличения численности населения планеты: еще в 70-х годах прошлого века он составлял 0,45 га на каждого жителя Земли, а в конце 20-начале 21 века – 0,28 га.

Но эти усредненные цифры любопытны лишь при рассмотрении динамики общемировых процессов, а реальную картину обеспеченности пахотными угодьями представляют показатели по отдельным странам. Так, в различных районах мира показатель обеспеченности пахотными угодьями варьирует от 2,6 га в Австралии до 0,04 га в Японии и Нидерландах. Кроме Австралии, высокими показателями удельной площади пашни характеризуются Канада и Казахстан. В России этот показатель составляет 0,86 га, в США, Аргентине и Украине он варьирует в пределах 0,6-0,7 га, во Франции – 0,3 га. Население быстрорастущих крупнейших государств Азии –

Китая и Индии, обеспечено пахотными угодьями несопоставимо меньше: 0,10 и 0,16 на душу населения соответственно (Кузина, Наумов, 2004).

Кроме этого, весьма существенны различия в структуре земельного фонда между странами и крупными регионами мира. При среднем показателе по миру 10,4% от земельного фонда планеты, максимальные площади пашни характерны для Азии (15,7%) и Европы (12,8%), минимальная доля распаханных земель в Южной Америке (5,5%), Африке (6,1%), Австралии и Океании (6,2%) (табл.10.2).

Табл. 10.2. Структура земельного фонда по регионам мира на конец XX века, % (по Кузиной, Наумову, 2004).

Регион	Пашня*	Многолетние насаждения*	Пастбища*	Сельскохозяйственные угодья в целом	Леса	Прочие земли	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8
Европа (включая Россию)	12,8/59,3	0,7/3,5	8,0/37,2	21,6	41,9	36,5	100
Азия	15,7/29,4	1,9/3,6	35,8/67,0	53,4	18,0	28,6	100
Африка	6,1/16,3	0,9/2,3	30,2/81,4	37,2	23,7	39,1	100
Северная и Центральная Америка	12,1/40,8	0,4/1,3	17,2/57,9	29,7	38,6	31,7	100
Южная Америка	5,5/15,6	1,1/3,2	28,7/81,2	35,3	52,8	11,9	100
Австралия и Океания	6,2/11,0	0,4/0,7	49,3/88,3	55,9	23,6	20,5	100
Мир в целом	**10,4/27,4**	**1,0/2,7**	**26,6/69,9**	**38,1**	**31,8**	**30,1**	**100**
*В столбцах 2-4: в числителе доля в общей площади земельного фонда, %, в знаменателе - доля в общей площади сельскохозяйственных угодий, %							

Наибольшие площади сельскохозяйственных угодий в целом в общей структуре земельного фонда характерны для стран Азии, а также Австралии и Океании. Но если в Азии около 30% сельскохозяйственных угодий заняты под пашни, то в Австралии и Океании доля пахотных земель существенно меньше – 11%, в то время как сельскохозяйственные земли преимущественно представлены пастбищами. Высокая доля пастбищ характерна также для Африки и Южной Америки. Наиболее высокими показателями доли пашни характеризуются Европейские государства – 59,3% и Северная Америка – 40,8%. Например, на равнинах Венгрии, Румынии,

ФРГ и Франции доля пахотных земель составляет около 70%. В России сельскохозяйственные угодья составляют около 13% от земельного фонда страны, в том числе пашни – 7,5%. Но, Россия, обладающая самым большим фондом земель в мире, является исключением из общемировых тенденций.

10.2. Использование земельных ресурсов

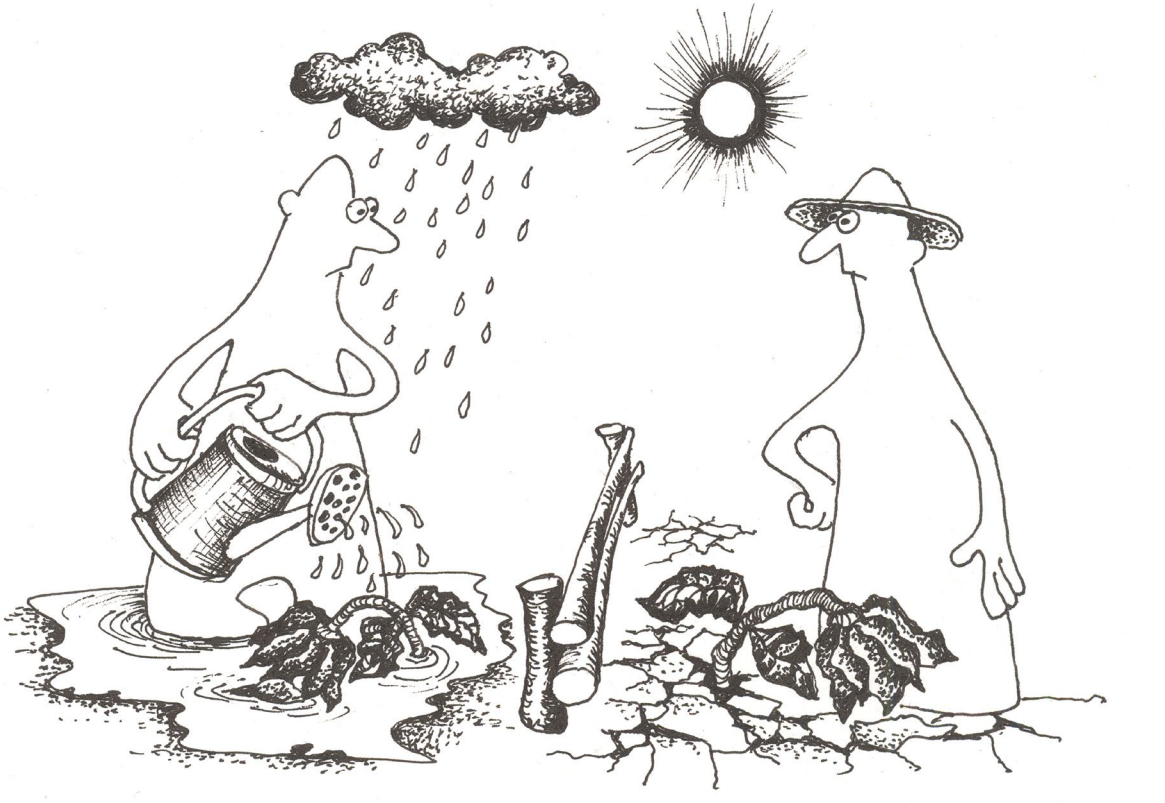
По разным оценкам, до начала неолитической революции около 70% суши занимали леса (7-10 тысяч лет назад). Первые шаги в освоении почвенного покрова для выращивания сельскохозяйственных культур были предприняты в древних приречных цивилизациях. Так, древние египтяне имели опыт возделывания плодородных аллювиальных почв долины Нила, а жители Двуречья заложили основы ирригационного земледелия, осушая долинные болотистые почвы и сооружая каналы и запруды-водохранилища для орошения аридных территорий.

Рост населения на всех этапах развития цивилизаций обуславливал необходимость в увеличении площади обрабатываемых земель. Около 300 лет назад начали интенсивно распахиваться степи, прерии и саваны, для использования почв горных территорий во многих странах Азии широко начал использоваться опыт террасирования склонов. 150 лет назад стали применяться минеральные удобрения, к которым 50 лет назад прибавились гербициды и пестициды для борьбы с сорняками и вредителями полевых культур.

Резкий рост численности населения в XX веке привел к росту потребности в продуктах питания и, соответственно, к увеличению пахотных площадей. К середине XX века площади неосвоенных земель, пригодных для сельского хозяйства, заметно сократились. За вторую половину прошлого века были «расчищены» оставшиеся пригодные территории, распаханы последние площади целинных степей, количество пахотных земель увеличилось почти вдвое. Рост площади пашни явно не поспевал за стремительным ростом населения в развивающихся странах и в

наиболее плотно заселенных регионах третьего мира стал проявляться дефицит земельных ресурсов, возникла проблема голода. Высокие показатели урожайности на орошаемых полях частично решили проблему голода, но дефицит земельных ресурсов привел к многочисленным этническим и социально-политическим конфликтам.

Одним из факторов, затрудняющих сельскохозяйственное использование почв и лимитирующих развитие земледелия, является недостаток влаги. Так, около 28% площади суши расположены в зоне недостаточного увлажнения. Сельскохозяйственное освоение затруднено также в районах с уплотненными почвами (23%), маломощными почвами (22%), избыточно увлажненными (10%), многолетне-мерзлыми почвами (6%). И только почвы 11% площади суши не имеют явных ограничений для сельского хозяйства.



Таким образом, возможности **экстенсивного земледелия**, т.е. вовлечение новых площадей под пахотные угодья, достаточно ограничены из-за малого резерва земель, пригодных для сельского хозяйства. В развитых странах существующий уровень освоенности можно считать предельным, а

введение в оборот новых земель в развивающихся странах возможно либо за счет сведения лесов, либо за счет распашки пастбищ или территорий, малопригодных для сельского хозяйства. Но для получения устойчивых урожаев на новых освоенных территориях требуются большие финансовые вложения, наличие водных и энергетических ресурсов. Кроме того, уничтожение естественных экосистем приведет к еще более серьезным экологическим последствиям.

10.3. Земельные ресурсы и продукты питания

Таким образом, на каждого жителя планеты сейчас приходится 0,20 га пахотных земель. Много это или мало? С одной стороны, это в два раза меньше, чем в середине прошлого века. С другой стороны, интенсивность землепользования в процессе производства продуктов питания ежегодно увеличивается. И за последние 20 лет урожайность зерновых культур возросла в среднем на 25% в Азиатском и Тихоокеанском регионах, на 37% в Западной Азии, на 40% в Латинской Америке и странах Карибского бассейна. Средний мировой показатель количества пищевых продуктов, получаемых с гектара земли, увеличился с 1,8 тонн в 1980-х годах до 2,5 тонн сегодня (www.un.org/russian/ga/unep). И, несмотря на высокие темпы роста урожайности культур, определенный предел всё-таки существует. Он связан не только с ограниченностью размеров планеты, но и с количеством солнечной радиации, с эффективностью использования солнечного света растениями.

В основе большинства прогнозных оценок соотношения ресурсов и народонаселения в будущем, лежат модели, базирующиеся на параметрах плотности населения, на учете потенциальной продуктивности сельскохозяйственных земель, доступности водных и энергетических ресурсов. И естественно, большинство прогнозов обращено к быстрорастущим развивающимся странам, имеющим высокую плотность населения. По прогнозам ФАО, к 2030 году будет распахано еще 57

миллионов гектар на Африканском континенте и 41 млн.га в Латинской Америке. А к 2050 году на каждого жителя двух наиболее населенных стран мира – Индии и Китая будет приходиться менее 0,10 га пахотных земель.

Если допустить, что биотехнологии позволят в течение ближайшего времени обеспечить продовольственными ресурсами большую часть населения планеты, все равно проблема голода во многих развивающихся странах останется, поскольку ежегодный прирост в 80 миллионов человек требует постоянного «наращивания оборотов» производства продуктов питания. В последние десятилетия в научный и практический обиход вошло понятие о **продовольственной безопасности**, как одной из глобальных проблем человечества. Так, начиная с 70-х годов прошлого столетия продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) разрабатывает международную стратегию продовольственной безопасности для обеспечения потребностей в пищевых продуктах и питьевой воде каждого жителя планеты.

В настоящее время в мире существует два полюса в потреблении продовольствия - хроническое переедание в развитых странах и хронический голод во многих странах третьего мира. При этом цифры, свидетельствующие как о количество переедающих, так и недоедающих, сопоставимы - 850 млн. человек. Более 3/4 мирового продовольствия

потребляют развитые страны, имеющие 15% населения Земли, в то время как другие 15%, находящиеся в нижней части лестницы благосостояния мира, хронически недоедают. По причине голода, недоедания и сопутствующих им болезней в этих странах ежегодно умирают около 40 млн. человек, включая 13 млн. детей.

Таблица 10.3. Наиболее «страдающие» от голода и недоедания страны (http://www.fao.org/faostat/foodsecurity/index_en.htm).

Страна	Количество голодающих (млн. чел.)	Доля от общей численности населения страны
Индия	209,5	20%
Китай	153,7	12%
Бангладеш	44,0	30%
ДР Конго	39,0	74%
Эфиопия	32,7	46%
Пакистан	37,5	24%
Филиппины	14,6	18%
Бразилия	13,1	7%
Танзания	16,4	44%
Вьетнам	13,0	16%
Индонезия	13,8	6%
Таиланд	13,8	22%
Нигерия	11,4	9%
Кения	9,9	31%
Мозамбик	8,3	44%
Судан	8,7	26%
Северная Корея	7,6	33%
Йемен	7,6	38%
Мадагаскар	6,6	38%
Колумбия	5,9	13%
Зимбабве	6,0	47%
Мексика	5,3	5%
Замбия	5,0	46%
Всего в мире	**850**	**13%**

Географически, широкий пояс голода и недоедания, протягивается по обе стороны экватора в Южной Америке, большей части Африки и в Азии. В Азиатском регионе, отличающемся высокой плотностью населения и самыми высокими показателями численности, проживает около 70% недоедающего населения мира. Другим беднейшим регионом мира с высоким процентом голодающих людей (40% от общей численности населения) является Тропическая Африка (табл. 10.3.).

Эти цифры могли быть несоизмеримо большими, если бы не ряд научно-технических достижений во второй половине 20 столетия, получивших название **«зеленой революции».** Данный термин вошел в употребление в 60-х годах прошлого столетия и означал резкое повышение продуктивности сельскохозяйственных земель за счет механизации сельского хозяйства, ирригационных мероприятий, выведения более эффективных сортов

растений и пород домашнего скота методами селекции и генной инженерии. Часто вторую половину 20 века называют эрой химизации из-за массового применения на полях пестицидов и минеральных удобрений.

Первая сельскохозяйственная программа, считающаяся началом зелёной революции, была проведена в 1943 году в Мексике. В результате выведения множества высокоэффективных сортов пшеницы за 15 лет урожайность зерновых в стране выросла в 3 раза. В результате, страна полностью обеспечила себя зерном и даже начала его экспорт.

Другим эффективным агротехническим приемом оказалось орошение. Сегодня на 17% орошаемых полей производится около 40% продовольствия. И проблема голода в двух самых населенных странах мира – Индии и Китая, была решена с развитием ирригационного земледелия. Площади орошаемых земель в этих странах занимают более 40% пахотных угодий.

Благодаря революционным прорывам в сельском хозяйстве многим развивающимся странам удалось не только преодолеть угрозу голода, но и полностью обеспечить себя продовольствием. Результатом этих усилий стал опережающий рост производства продовольствия в сравнении с ростом населения Земли. Действительно, за последние 50 лет продукция сельского хозяйства во всех регионах мира возросла: мировое производство зерна увеличилось почти в три раза, мяса и рыбы - в 5 раз, соевых бобов - более чем в 9 раз. Если судить по усредненным показателям, то в целом по миру, питание жителей планеты к концу 20 столетия, несомненно, улучшилось. Прирост производства продуктов питания в основном был обусловлен ростом урожайности. В развитых странах с высоким уровнем земледелия стал даже наблюдаться кризис перепроизводства продовольствия.

За успехами в увеличении урожайности зерновых культур последовали успехи в животноводстве, поскольку более трети зерна используется для откорма скота и птицы, дающих мясо, молоко и яйца. В результате, во второй половине 20 века мировое производство мяса выросло в 5 раз, а в пересчете на душу населения – более чем в два раза. Но, необходимо учитывать, что

среднедушевое потребление мяса очень неравномерно: например, житель США потребляет 115 кг, а житель Индии только 3 кг в год. Для достижения сбалансированного рациона для всего населения планеты, необходимо увеличение белковой продукции, то есть увеличение продуктов животноводства, которое возможно лишь при увеличении их кормовой базы, то есть при достаточном количестве зерна.

Другим важнейшим источником продуктов питания являются естественные ресурсы Мирового океана. Недавние надежды на то, что моря и океаны обеспечат человечество пропитанием, не оправдались, поскольку продуктивность Мирового океана оказалась намного ниже предполагаемой: количество добываемых биологических ресурсов Мирового океана близко к предельному. Рост населения в сочетании с ростом потребления морских продуктов в развитых странах привел к стремительному увеличению улова океанической рыбы. Сейчас мировой улов рыбы составляет около 104 миллионов тонн. По данным ФАО, уже сейчас 11 из 15 главных промысловых регионов мира истощены, а вылов 70% важнейших видов рыбы близок к биологическому пределу. И, согласно исследованиям ФАО, среднедушевое потребление в 2050 году останется таким же, как и 2005 - 16,6 кг в год (http://www.fao.org/docrep/009/A0699e/A0699E04.htm). Некоторый прирост может быть также достигнут за счет быстро развивающейся отрасли рыборазведения (в 2007 году около 30% рыбной продукции составляла продукция аквакультуры), но расширение рыбоводства имеет уже известные нам ограничения, связанные с расширением животноводства: на 1 кг рыбной продукции расходуется около 2 кг зерна, а посевные площади ограничены. Кроме этого, ограничением для искусственного разведения рыбы является высокий спрос на пресную воду.

10.4. Деградация земельных ресурсов и экологические последствия

Успех зеленой революции имел и оборотную сторону: масштабное сельскохозяйственное освоение земель, широкая химизация и

интенсификация сельского хозяйства вызвала усиление процессов эрозии, загрязнение поверхностных и грунтовых вод. Масштабное применение орошения без строгого соблюдения норм полива на бездренажных мелиоративных системах, привело к процессам ирригационной эрозии, вторичного засоления и заболачивания почв, загрязнения поверхностных и подземных вод, к обмелению рек. Применение больших доз минеральных удобрений и пестицидов привело к загрязнение воды, воздуха, земли, и, соответственно, самого продовольствия. Это все цена технических достижений XX века.

Современные темпы прироста населения и связанные с ними темпы производства продуктов питания «диктуют» необходимость увеличения пахотных площадей. В действительности, происходит ежегодная потеря около 10 млн. га в виде истощенных, загрязненных, практически полностью утративших свои экологические функции ранее плодородных почв. Часть плодородных почв исчезает в связи с ростом городов, строительством водохранилищ, развитием промышленности. Однако самое стремительное сокращение пахотных земель обусловлено низким уровнем земледелия, поскольку большая их часть в мире используется до полного истощения. По различным оценкам около 2 млрд. га почв находятся в стадии деградации, что составляет около 15% поверхности суши. Чтобы лучше представить

масштабы этого бедствия, можно сравнить площадь деградированных почв с территорией России, которую она даже немного превосходит. Под **деградацией земель (почв)** понимают постепенное ухудшение, снижение или утрату их плодородия. В результате деградации почв нарушаются их экологические функции: способность служить буфером и фильтром для загрязнителей, поддерживать биоразнообразие и участвовать в круговоротах воды и питательных элементов, являться средой обитания для большого количества живых организмов биосферы.

Если принять за 100% все деградированные земли, то наибольший «вклад» в изменение почвенного покрова вносит **водная и ветровая эрозия** (56 % и 28 % процентов, соответственно), **химическая деградация** (12 %) и **физическая** (4 %) деградация. Основными причинами деградации почв является перевыпас (35 %), сведение лесов (30 %), сельскохозяйственная деятельность (27%), чрезмерная эксплуатация растительного покрова (7 %) и промышленное производство (1 %). От деградации почв страдают преимущественно бедные слои населения, не имеющие возможность вести высокотехнологичное сельское хозяйство.

Водная и ветровая эрозия почв. Эрозия – это природный процесс, обусловленный смывом верхних горизонтов почвы преимущественно ливневыми осадками. Но при освоении территории масштабы эрозии резко возрастают и она становится крупнейшим «пожирателем» пахотных и пастбищных угодий. Сильно эродированные почвы превращаются в обезображенную сморщенную «лунную землю», на которой растут только сорные виды растений или уже ничего не растет.

Причинами эрозии является перевыпас или низкий уровень земледелия. Распашка или вытаптывание скотом сомкнутой дернины, «оголяет» почву и делает верхний почвенный слой уязвимым как для ветра, так и воды. В результате действия воды и ветра, происходит механическое уничтожение верхнего плодородного приповерхностного гумусово-аккумулятивного

горизонта, восстановление которого длится десятками и сотнями лет. Вместе с гумусовым субстратом выносятся и питательные элементы, приводя к общему истощению и обеднению почвенного покрова.

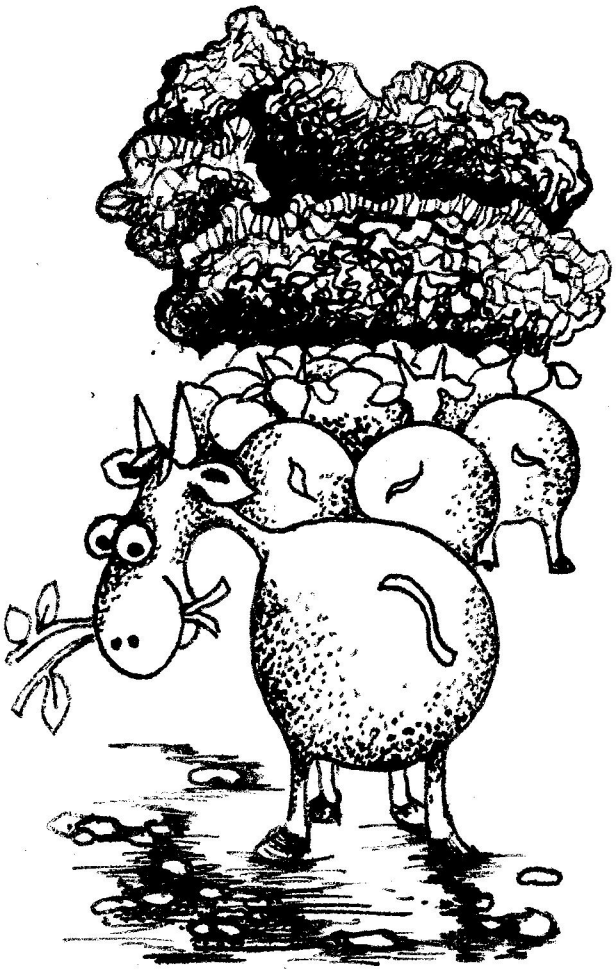
Эрозия была бедой земледельцев издавна. Еще древнегреческий философ Платон в IV веке до нашей эры писал о природе Эллады с грустью: «Там, где сейчас скалистые горы, раньше виднелись красивые, покрытые землей холмы; так называемые каменистые плато были когда-то плодородными пашнями, и горы были покрыты густыми лесами, от которых к нашему времени сохранились лишь отдельные следы…»

Наиболее подвержен водой эрозии почвенный покров тропических районов мира, ввиду ливневого характера дождей. Атмосферные осадки обуславливают плоскостной смыв верхних горизонтов почвенного субстрата, а ливневые дожди, разрушая всю почвенную толщу, приводят к образованию промоин, рытвин, оврагов. И даже в высокоразвитых странах эрозия до сих пор остается в списке главных экологических угроз. Так, в США за последние 150-170 лет было потеряно около 100 млн. га пашни и вплоть до последнего времени ежегодные потери от эрозии составляли до 200 тысяч га земель. Но поистине ошеломляющими являются масштабы эрозии в развивающихся странах: если в среднем с одного гектара пашни в США смывается около 9,6 тонн плодородного субстрата, то в Индии – 75 тонн (с 1 га), в Китае – до 251 т, а в горных районах Эквадора – до 564 т (Розанов А.Б., Розанов Б.Г., 1990). Особенно сильно развивается эрозия в горах, где с крутых склонов буквально на глазах смывается живительный мелкозем, превращая их в голые скалы.

Вставка 1. Дополнительная информация

Разведение человеком домашних коз привело к исчезновению лесов в Северной Африке, Сирии, Ливане и во многих других странах. Козы с необыкновенной быстротой истребили всю древесную и травяную растительность и буквально «выбили» копытами весь приповерхностный почвенный слой, превратив живописные ландшафты в пустынные. На склонах гор и холмов, оставшихся без дернового «сдерживающего» почвенного горизонта, начались процессы эрозии, увеличивающие изменение экосистем.

В некоторых странах, например, в Новой Зеландии и на Кипре появились даже «антикозьи» законы, гласящие «Даже единственная коза, оставшаяся на свободе, представляет национальную опасность!».



На аридных территориях с недостаточным атмосферным увлажнением, более развита ветровая эрозия. Количество выдуваемого почвенного субстрата в отдельных случаях может достигать 100 и более тонн с гектара. Степень проявления ветровой эрозии зависит от скорости ветра, гранулометрического состава почвенного субстрата, проективного покрытия растительных сообществ и других факторов. Так, на породах легкого гранулометрического состава уже при слабом ветре начинается «выдувание» почвенного субстрата и перенос его с пыльными бурями на огромные расстояния.

Опустынивание (дезертификация). Одним из главных последствий эрозионных процессов в аридных регионах мира стало опустынивание. Конвенция ООН по борьбе с опустыниванием определяет опустынивание как «деградацию земель в аридных, семиаридных и сухих субгумидных районах», среди причин которой, прежде всего, являются изменение климата и деятельность человека.

Многие пустыни и полупустыни Центральной и Передней Азии, Северной Африки обязаны своим происхождением кочевникам-скотоводам, населявшим некогда эти территории. Так, вытаптывание дернины бесчисленными стадами овец и коз привело к эрозии и к резкому снижению водоудерживающей способности у почв. Необратимая деградация почв усугублялась вырубкой лесов и кустарников, что обуславливало еще большую аридизацию территории.

В результате этих процессов большие массивы тропических и кустарниковых саванн, травяных и кустарниковых сообществ Средиземноморья, Южной Африки, южной Калифорнии, Чили, некогда пригодные для сельского хозяйства, деградировали до состояния искусственных пустынь. Так, увеличилась площадь пустыни Атакамы, Тар, Намиб и др. Наиболее ярким и грустным примером опустынивания является южная часть Сахары – Сахель, где население в 2,5 раза превышает уровень, допустимый для землепользования без дальнейшей интенсификации сельского хозяйства. По разным оценкам, процесс опустынивания превратил практически в безжизненные пространства со времен неолитической революции около 9 миллионов км^2 аридных земель, что превосходит площадь Бразилии.

Вставка 2. Дополнительная информация

В национальном музее Нигера, в городе Ниамей есть металлический памятник, воздвигнутый в честь самого одинокого дерева на планете – акации Тенере. Это дерево, растущее в пустыне Тенере, на северо-востоке Нигера получило известность еще в 30-х

годах прошлого века. Трехсотлетняя акация росла в полном одиночестве: в радиусе 400 км от неё не было ни одного дерева и многие считали, что дерево являлось остатком некогда существовавшего леса. После гибели акации в 1973 году ее решили увековечить в металле.

При сохранении существующих темпов разрушения земель, прогнозы неутешительны: процессы опустынивания могут затронуть уклад жизни более миллиарда человек, проживающих в Северной Африке, Средней и Юго-Восточной Азии, Австралии.

Засоление почв. В аридных зонах урожайность сельскохозяйственных культур напрямую зависит от количества поступающей в почву влаги, и на этих территориях издавна применялось искусственное орошение. В условиях низкого уровня земледелия неконтролируемая подача воды и отсутствие дренажа, приводят к поднятию уровня минерализованных грунтовых вод. В результате, когда уровень вод достигает критической глубины, начинается интенсивное накопление в почве солей за счет процессов испарения. В результате, сельскохозяйственные почвы превращается в солончаки. Другой причиной засоления является орошение почв минерализованными водами. Кроме этого, несоблюдение норм полива и резкого избытка влаги на полях, могут возникать процессы заболачивания, выводящие продуктивные почвы из сельскохозяйственного оборота.

В настоящее время из 260 млн.га. орошаемых в мире земель из-за низкого уровня ирригационных мероприятий подвержены вторичному засолению или заболачиванию около 105-110 млн га. В результате неправильного орошения ежегодно забрасывается около 10 млн га орошаемых полей. Ярким примером возможных вариантов экологических последствий орошения является Месопотамская равнина, бывшая одним из очагов древнейшего орошения, где некогда плодородные земли теперь превращены в пустыню.

Загрязнение почв. Бесконтрольное возрастание количества промышленных и бытовых отходов во второй половине прошлого века привело к загрязнению всех компонентов биосферы. Почвы принимают на себя большую часть загрязнителей, частично закрепляя их в почвенном субстрате, частично изменяя и включая в круговороты и миграционные потоки. Наиболее распространенными загрязнителями почв являются минеральные удобрения, пестициды и гербициды, применяемые для получения высоких урожаев, тяжелые металлы, осаждающиеся на поверхность почвы даже в отдаленных от промышленных центров территориях, нефть и нефтепродукты, попадающие в экосистему при добыче, переработке и транспортировке углеводородов и т.д. Вблизи крупных промышленных центров (особенно центров цветной металлургии), карьеров по добыче минеральных ископаемых, хранилищ отходов горнорудного производства возник новый тип почв, названный хемозёмами из-за появления в почвенном профиле новых горизонтов в результате загрязнения.

Так, избыточные количества удобрений, вносимых в почву, приводят к процессу эвтрофикации водоемов, а применение ядохимикатов на полях, направленное против вредителей и сорняков, способствует гибели многих других живых организмов. Вследствие того, что процесс разложения многих из этих веществ длительный и составляет десятки лет, в результате они накапливаются в почве в количествах, превышающих **предельно допустимые концентрации**. Мигрируя с внутрипочвенными и природными водами, стойкие ядохимикаты способны распространяться на большие расстояния. Так, широко известны последствия воздействия инсектицида ДДТ (ДихлорДифенилТрихлорметилметан), применяемого против комаров, саранчи, вредителей хлопка, соевых бобов, арахиса, за создание которого швейцарский химик Поль Мюллер в 1948 году получил Нобелевскую премию. После того, как наличие этого стойкого органического загрязнителя стали фиксировать даже в материнском молоке и в крови пингвинов Антарктиды, его производство запретили.

Другими распространенными загрязнителями почв являются тяжелые металлы и другие токсичные микроэлементы, образующиеся в аномальных концентрациях около промышленных центров, городов и вдоль крупных транспортных магистралей. Техногенные аномалии, в зависимости от мощности производства, имеют радиус от нескольких километров до нескольких десятков километров. Как и многие другие загрязнители, тяжелые металлы обладают способностью накапливаться, формируя техногенные геохимические аномалии. Опасность возникших аномалий заключается в том, что в результате загрязнения почв и растительности, происходит загрязнение продуктов питания, питьевой воды.

Несмотря на то, что площадь городов составляет только 1 % от общей площади поверхности Земли, рост городов является одной из существенных причин деградации земельных ресурсов. По данным ФАО урбанизация и индустриализация является причиной деградации около 2 миллионов га.

Наиболее опасным загрязнителем почв являются радионуклиды. Радиоактивное загрязнение почв происходит в результате ядерных взрывов, аварийных выбросов на предприятиях атомной промышленности, захоронения ядерных отходов.

В настоящее время в России, по разным оценкам, подвержены эрозии и дефляции около 70 млн. га земель, около 40 млн.га – засолены, около 26 млн.га – переувлажнены и заболочены, 5 млн.га – загрязнены радионуклидами, более 1 млн.га подвержены процессам опустынивания, 2 млн. га нарушено в результате добычи полезных ископаемых и торфа, 6,8 млн. га плодородных почв речных долин затоплено водами водохранилищ и т.д. Частично земельные ресурсы могут быть восстановлены на основе различных методов **рекультивации.**

Таким образом, можно сформулировать следующие первоочередные меры по защите земельных ресурсов биосферы:

- Оптимизация размещения сельскохозяйственного производства, внедрение новых технологий, улучшение использования удобрений и пестицидов;
- защита почв от процессов разрушения: водной и ветровой эрозии, заболачивания, вторичного засоления, загрязнения продуктами техногенеза;
- рекультивация нарушенных земель, повышение их плодородия
- мониторинг почв;
- установление особых режимов пользования для земельных участков, имеющих природоохранное значение.

Контрольные вопросы:

1. Какова структура земельного фонда планеты?
2. Каковы основные типы использования земель?
3. Каковы основные тенденции производства продуктов питания в 20 веке?
4. Что такое деградация почв?
5. Каковы основные причины развития водной и ветровой эрозии?
6. К каким процессам приводит несоблюдение норм и низкий уровень культивирования орошаемых земель?
7. Каковы основные причины загрязнения почв?
8. Каковы первоочередные мероприятия по защите земельных ресурсов биосферы?

Полезные ссылки:

Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (ФАО) – http://www.fao.org

Департамент сельского хозяйства США – http://www.usda.gov

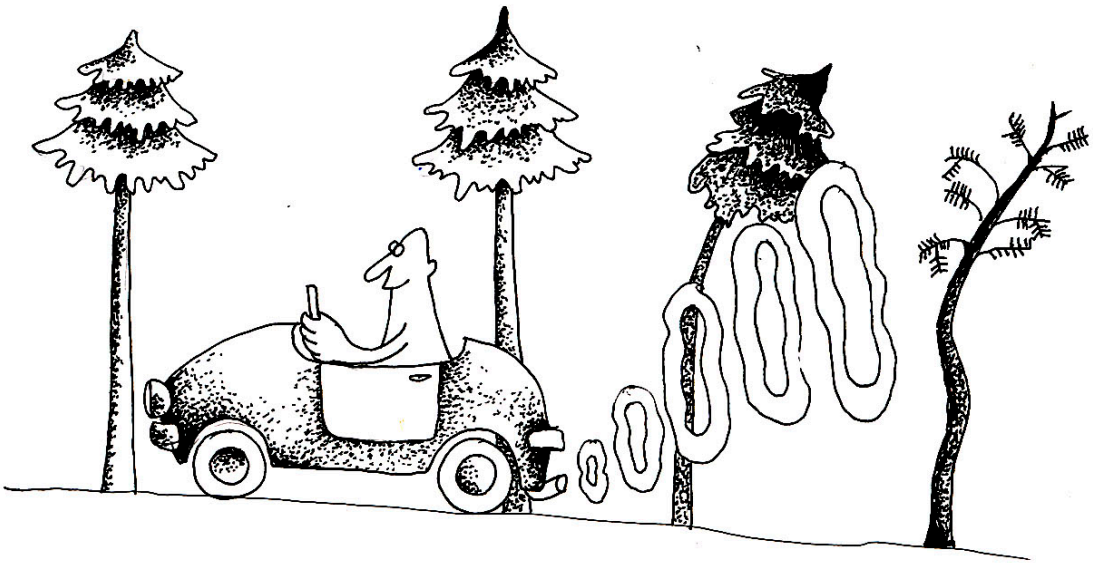
Национальное сельскохозяйственное статистическое агентство США - http://www.nass.usda.gov

Институт мировых ресурсов - http://www.wri.org

Глава 11. Энергетические ресурсы биосферы и глобальные экологические проблемы

Ситуация становится необратимой,
когда уже нельзя сказать:
«Давайте все забудем!».
Закон Мерфи

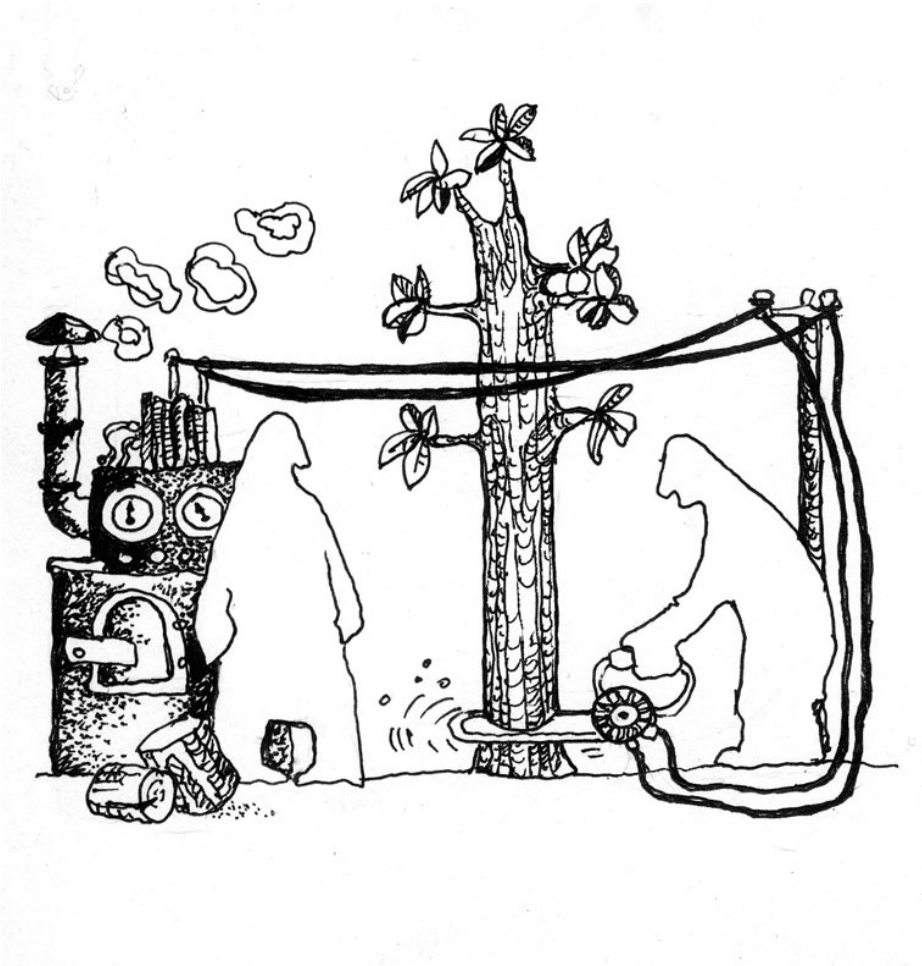
В ближайшие десятилетия мировая экономика будет вынуждена решить проблему альтернативной энергетики вследствие исчерпания дешевых энергетических ресурсов биосферы, - нефти и газа. Что произойдет, если длительное время казавшиеся бесконечными «топливные» кладовые Земли опустеют, и экономика вдруг лишится «индустриальной крови»? И если это случится до того, как найдут альтернативный источник энергии? На Ближнем Востоке есть шутливая поговорка, отображающая возможный вариант будущих событий: «Мой отец ездил на верблюде, я вожу автомобиль, мой сын летает на реактивном самолете, а мои внуки будут ездить на верблюде».



Экологические глобальные проблемы человечества прямо или косвенно связаны с энергетическими ресурсами биосферы. Так, изменение климата по мнению многих исследователей обусловлено сжиганием огромных масс органического топлива, радиоактивное загрязнение связано со строительством ядерных станций, тепловые электростанции вносят максимальный негативный вклад в усиление парникового эффекта и в проблемы кислотных дождей.

11.1. Использование топливно-энергетических ресурсов биосферы

Еще в середине 18 века более 75% мирового потребления топлива покрывалось дровами и растительными суррогатами, почти четверть - углем. В конце 19 века вместе с ростом городов и многоквартирных домов, доля угля, вследствие появления парового отопления, стала увеличиваться, и в начале 20 века топливно-энергетический баланс мира складывался из угля - 57%, нефти – 2,3% и газа – 0,9%. Остальная доля принадлежала дровам.



Поскольку, как известно, нефть и нефтепродукты обладают высокой теплотворной способностью (при сжигании 1 кг нефти выделяется тепло, сопоставимое со сжиганием 3,1 кг бурого угля), они достаточно быстро становились стратегическим сырьем. Так, комиссар по снабжению французской армии нефтью во время первой мировой войны Анри Беранже писал: «Кто владеет нефтью, будет владеть миром, потому что благодаря мазуту он будет господствовать на море, благодаря авиационному бензину - в воздухе, благодаря автомобильному бензину и осветительному керосину - на суше…».

Тем не менее, вплоть до середины 20 века – 1950 года, более половины баланса топливно-энергетических ресурсов мира составлял уголь - 54%, но нарастающие темпы нефтедобычи свидетельствовали, что на смену эре угля приходит эра нефти. Так, если в 1920 году в мире добывалось около 95 млн. тонн нефти, в 1950 году – 523 млн. тонн, в 1960 году – 1052 млн. тонн, то в 1970 году уже 2336 млн. тонн. И к 1980- году произошел окончательный перелом в структуре топливно-энергетических ресурсов мира: нефть вышла на первое место и составила чуть менее половины 46,2%, доля газа выросла до 18,8%, а доля угля стала заметно меньше - 28,4%. Впоследствии доля нефти стала снижаться на фоне возрастания доли газа.

В современном обществе почти 85% потребляемой энергии получают за счет ископаемого топлива: около 40% за счет нефти, 22% - за счет угля, 23% - в виде природного газа. Атомные электростанции и гидроэлектростанции занимает по 7% в общей структуре энергопотребления и лишь 1 % приходится на геотермальные, солнечные, ветровые и другие источники энергии (Рифкин, 2006). Около трети всей потребляемой в мире нефти расходуется в виде горючего для транспортных средств.

Сегодня мир ежедневно потребляет около 85 миллионов баррелей в сутки. Из этого дневного потребления 50 миллионов баррелей приходится на 15% населения (развитые страны ОЭСР), а 35 миллионов баррелей – на оставшиеся 85% населения.

Вставка 1. Дополнительная информация

Для объема нефти во многих аналитических источниках используется единица измерения – баррель, равная 42 галлонам или 158, 988 литрам. При переводе баррелей в тонны, необходимо учитывать удельную плотность нефти, которая варьирует: для российской марки Urals коэффициент перевода составляет около 7,28 баррелей в тонне, для марки Brent – 7,59 баррелей в тонне. В среднем, 1 баррель равен 0,1364 тоннам нефти.

Подсчитано, что до настоящего времени из земли было извлечено около 875 млрд баррелей нефти. Предметом разногласий остается то, сколько можно еще добыть.

Доказанные запасы нефти по состоянию на 2007 год составляют 168,6 миллиардов тонн (табл. 11.1.) В списке стран, обладающих максимальными запасами нефти, лидирует Саудовская Аравия, доля нефтяных запасов которой составляет 21,3% от общемировых запасов (на её долю приходится чуть более трети всех запасов Аравийского полуострова). Далее следуют Иран - 11,2%, Ирак- 9,3%, Кувейт – 8,2%, Объединенные Арабские Эмираты – 7,9%, Венесуэла – 7,0 %, Россия – 6,4%, Ливия – 3,3%, Казахстан – 3,2%, Нигерия – 2,9%, США – 2,4%, Катар 2,2%, Канада – 2,2%.

Табл. 11. 1. Доказанные запасы нефти на конец 2007 года

Регион	Доказанные запасы, млрд.т	Доля в мировых запасах, %	Доля в мировой добыче, %	Доля в мировом потреблении, %	На сколько лет хватит доказанных запасов при современном уровне потребления
Северная Америка	9,5	5,6	16,5	28,7	13,9
Южная и Центральная Америка	15,9	9,0	8,5	6,4%	45,9
Европа и Евразия	19,4	11,6	22,0	24	22,1
В том числе	*10,9*	*6,4*	*12,6*	*3,2*	*21,8*

Россия					
Ближний Восток	102,9	61,0	30,8	7,4	82,2
Африка	15,6	9,5	12,5	3,5	31,2
Азиатско-Тихоокеанский регион	5,4	3,3	9,7	30%	14,2
Мир в целом	168,6	100	100	100	41,6

Доказанные запасы газа составляют 177,36 триллионов м^3. По запасам газа стран лидирует Россия, имеющая около 25,2% от общемировых ресурсов. Далее, в порядке убывания следует Иран – 15,7%, Катар - 14,4%, Саудовская Аравия – 4,0%, США – 3,4%, Объединенные Арабские эмираты – 3,4%, Нигерия – 3,0%, Алжир – 2,5%, Венесуэла – 2,9%.

Табл. 11. 2. Доказанные запасы газа на конец 2007 года

Регион	Доказанные запасы, трлн. м^3	Доля в мировых запасах, %	Доля в мировой добыче, %	Доля в мировом потреблении, %	На сколько лет хватит доказанных запасов при современном уровне потребления
Северная Америка	7,98	4,5	26,6	27,6	10,3
Южная и Центральная Америка	7,73	4,3	5,1	4,6	51,2
Европа и Евразия *В том числе Россия*	59,41 *44,65*	33,5 *25,2*	36,5 *20,6*	39,4% *15,0*	55,2 *73,5*
Ближний восток	73,21	41,3	12,1	10,2	Более 100 лет
Африка	14,58	8,2	6,5	2,8	76,6

Азиатско-Тихоокеанский регион	14,46	8,2	13,3	15,3%	36,9
Мир в целом	**177,36**	**100**	**2921,9**	**100**	**60,3**

Запасы угля на конец 2007 года составляли 847 488 миллионов тонн. Наиболее крупные запасы угля сосредоточены в США (28,6%), России – 18,5%, Китае – 13,5%, Австралии – 9,0%.

И, несмотря на то, что до полного исчерпания нефти осталось, согласно выводам British Petroleum, чуть более 40 лет, а газовых ресурсов хватит на 60 лет, многие аналитики предсказывают наступление в ближайшие годы энергетического кризиса, связанного с закатом эры нефти. Дело в том, что кризис в экономике может случиться еще до того, как нефтегазовые ресурсы закончатся полностью. Достаточно, чтобы просто добыча «перевалила» через пик, который наступит, когда будет добыта половина всех существующих запасов. После этого добыча начнет сокращаться, что произойдет неизбежно, поскольку запасы нефти и газа в мире ограничены. Для нефти и газа, как для любого невозобновимого природного ресурса действует правило исчерпаемости:

1.Добыча начинается с нуля;

2.Добыча повышается к пику, который никогда не может быть превзойден;

3. Как только пик пройден, наступает падение добычи до того момента, пока ресурс не будет исчерпан.

Впервые эти простые правила иссякания ресурсов применил для анализа запасов углеводородного сырья геолог компании «Шелл» Кинг Хубберт, предсказав ещё в 1956 году, когда Америка добывала рекордное количество нефти, наступление пика её добычи в материковой части США в 1969 году. Тогда большинство специалистов ему не поверили, но прогноз оправдался, и с 1970 года добыча в США стала неуклонно снижаться. В настоящий момент пик добычи нефти пройден большинством стран мира, а для многих других он ожидается в ближайшем будущем.

Механизм грядущего энергетического кризиса достаточно прост: как только добыча начнет снижаться - начнется нехватка углеводородов, возникнет дефицит, и цена за баррель резко взлетит вверх. Высокие цены на нефть приведут к сокращению потребления нефтепродуктов сначала в бедных, а затем и в богатых странах, сделают нерентабельной продукцию одной отрасли за другой. Экономика в этот момент может сложиться как карточный домик. Масштаб экономического кризиса будет тем серьезнее, чем позже человечество начнет подготовку к нему. В некоторых странах даже возникли общественные организации, пытающиеся привлечь внимание к исследованиям в области теории нефтяного пика. Например, в США, возникло движение «пикников» - людей, озабоченных негативными последствиями иссякания нефтяных ресурсов.

Возникший экономический кризис может спровоцировать разрушение и всей структуры общества. Так, сокращение добычи нефти в Советском Союзе в условиях резкого падения цен на нефть в 1985-1986 годах, привело государство к новому этапу развития страны - «перестройке». Именно колебания цен на углеводородное сырье послужило причиной политической либерализации в Мексике, военного переворота в Нигерии, гражданской войны в Алжире, кризиса демократии в Венесуэле, продолжающейся войны в Ираке (Гайдар, 2006).

И, соответственно, в связи с этим возникают главные вопросы: «Найдется ли новое топливо до наступления судного дня для мировой экономики?» и «Сколько лет нам отпущено для принятия решения?» Ассоциация по исследованию пика нефти и газа (ASPO), основанная геологом Колином Кемпбеллом, основываясь на данных об известных залежах нефти, примерной величине будущих источников, растущем спросе на нефть и доступных технологиях, предсказывает, что мировая добыча нефти достигнет пика около 2025г . Пик добычи природного газа ожидается между 2020 и 2030 годами (http://www.peakoil.net).

Сложность прогнозирования реальной даты пика добычи углеводородов обусловлена невозможностью достоверной оценки оставшихся мировых запасов из-за политических, экономических, геологических причин и тренда увеличения потребления в ближайшем будущем. Так, экономический рост и высокие темпы прироста населения в Китае и Индии, обусловили скачок в потреблении углеводородов: потребление нефти в Китае увеличилось за последние 10 лет практически на 100%, а в Индии - на 50%. Дальнейший рост населения мира до 9 миллиардов человек к середине XXI века увеличит скорость потребления углеводородов.

С другой стороны, возможной причиной отодвигания пика добычи «черного золота» является, во-первых, плохая геологическая изученность некоторых регионов мира. Так, еще в начале XX века для извлечения нефти вырывались колодцы, из которых вычерпывали нефть. "Бурение земли в поисках нефти? Вы имеете в виду, что надо сверлить землю для того, чтобы найти нефть? Вы сошли с ума", - ответили Эдвину Дрейку на его предложение пробурить первую нефтяную скважину в Пенсильвании. Глубина, на которой была обнаружена нефть, составляла 21 метр! Сейчас нефть добывают не только на больших глубинах суши, но и на шельфе Северного моря, Северного Ледовитого океана, в Мексиканском и Персидском заливах, в Каспийском море. Во вторых, каждый год приносит новые технические возможности для более эффективной добычи углеводородов и доказанное количество ресурсов углеводородов растет. Так, доказанные запасы нефти в 1987 году составляли около 124,5 млрд. тонн, в 1997 году - 145,9 млрд. тонн, в 2007 году - 168,6 млрд. тонн. Изменение запасов газа также прослеживается в сторону увеличения: в 1987 году – 106, 86 трлн. $м^3$, в 1997 году – 146,46 трлн. $м^3$, в 2007 году – 177, 36 трлн. $м^3$. Доказанных запасов угля по миру хватит на 133 года.

В то же время следует учитывать, что пик геологической изученности пришелся на 60-е годы прошлого века, и из 1500 крупных месторождений только несколько десятков было открыто в последние десятилетия.

Большинство новых открытых месторождений расположено либо в труднодоступных районах, либо на значительной глубине.

Другой причиной пересмотра кривой добычи углеводородов является наличие нестандартных источников нефти, и некоторые аналитические компании к цифрам запасов углеводородов добавляют прогнозируемые объемы «пограничных» ископаемых ресурсов, например, битумных сланцев и тяжелой нефти.

Вставка 2. Дополнительная информация

Так, в мае 2003 года информационно-аналитическое управление министерства энергетики США, опубликовало изменение в данных об извлекаемых нефтяных резервах в Канаде. Причиной повышения в 3,5 раза запасов Канады явилось включение в них залежей нефтяных (битумных, смоляных) песков в северной части провинции Альберта. Нефтяной песок – это, по сути, сверхтяжелая нефть, представляющая собой смесь песка, глины, воды и смолистого субстрата. Летом он похож на загустевший сироп, а в зимнее время он твердый. Открытые месторождения, общая площадь которых примерно равна площади озера Онтарио, расположены как на поверхности, так и на значительных глубинах. Месторождения нефтяного песка, известные еще индейцам, использующим его для герметизации каноэ, длительное время не разрабатывались из-за нерентабельности. При высоких ценах на нефть началась их разработка. Подобные разведанные месторождения существуют в Венесуэле, в республике Татарстан.

Кроме этого, существует еще другой потенциальный источник топлива, способный в будущем заменить газ. Это – природные газовые гидраты, представляющие собой твердые соединения молекул газа и воды. Скопления кристаллов природных гидратов, в кубометре которых содержится около 180 $м^3$ газа и 0,78 $м^3$ воды, напоминают рыхлый лед и образуются при низких температурах и высоком давлении. Основным газом в природных гидратах является метан. Исследования выявили, что условия для скопления газогидратов метана в Мировом океане существуют практически везде, начиная с глубины 250-600 метров. По предварительным оценкам, количество метана в этих месторождениях в несколько десятков раз превышает существующие запасы газа. Сейчас ведутся исследования по вопросам географии их распространения, технологических вариантов добычи

и транспортировки. В настоящее время достоверно выявлено два крупных газогидратных месторождения: месторождение Малик, в дельте реки Макензи на северо-западе Канады и месторождение Нанкай, расположенное на шельфе Японского моря, промышленная добыча газа из которых начнется через 10-15 лет.

Проблема надвигающегося энергетического кризиса усугубляется еще тем, что большая часть доказанных запасов нефти (более 60%) расположена в государствах Ближнего Востока, жители которых называют нефтяные залежи под ногами «льготным кредитом Аллаха». И если углеводородные запасы помогли западным странам добиться огромного экономического и политического влияния в мире в XX веке, то в 21 веке тенденции развития глобальной экономики западных стран во многом будут зависеть от поставок углеводородов с Ближнего Востока.

Все эти факторы вынуждают многие государства искать новые дешевые источники энергии, внедрять энергосберегающие технологии, реализовывать программы альтернативной энергетики, начиная от строительства небольших ветровых электростанций и заканчивая проектами перехода на биотопливо. Кроме этого, не следует забывать о проблеме утилизации вредных побочных продуктов, возникающих при сжигании углеводородного топлива и ведущих к глобальным экологическим последствиям: усилению парникового эффекта и потеплению климата.

11.2. Альтернативные виды топлива

Если дефицит электрической энергии с помощью развития

ядерной энергетики, ветряной, строительства гидроэлектростанций, может быть частично решен, то наиболее ощутим будет транспортный топливный кризис, поскольку более 99 % горючего сейчас производится из нефти. Стремительный рост автотранспорта в мире, особенно в странах с быстроразвивающимися экономиками и большой плотностью населения делает эту проблему еще более актуальной. Альтернативные виды топлива для транспорта должны отвечать следующим необходимым требованиям: они должны быть компактными, достаточно дешевыми для массового потребления, взрывобезопасными, нетоксичными.

Вставка 3. Дополнительная информация

Известно, что первый автомобиль Генри Форда был разработан для езды на этаноле, а дизельный автомобиль Рудольфа Дизеля использовал топливо, произведенное из арахисового масла. Во время Второй мировой войны, когда были перебои с поставками нефти, США, Бразилия и многие страны Европы использовали этанол или газ, полученные путем газификации древесины или угля. Но поскольку нефть в течение длительного времени была достаточно дешевой, то и интерес к альтернативным вариантам топлива попал.

Оптимальным вариантом альтернативного топлива было бы топливо, полученное из возобновляемых источников энергии. Но часто под альтернативными вариантами подразумеваются и другие виды ископаемых ресурсов, как, например, битумные пески, нефтеносные сланцы, а также сжижение и газификация угля.

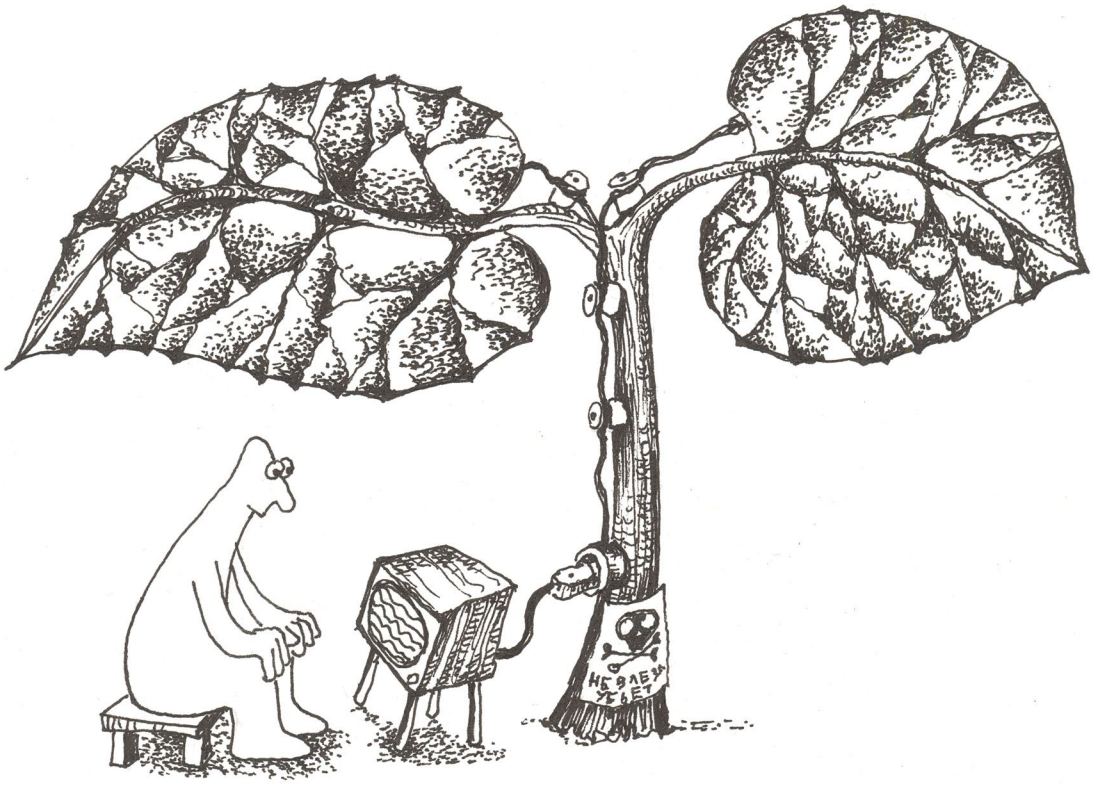
В современном мире существует несколько видов топлив, которые могут быть альтернативой для нефти и газа:

- синтетическое топливо (жидкое горючее, получаемое из угля или биомассы);
- биодизельное топливо (горючее на основе растительных или животных масел);
- спирт (этанол или метанол, извлекаемые из зерна, древесины или биомассы);
- электричество (накопленное в аккумуляторах или батареях);

- водород.

Синтетическое топливо. Жидким горючим, получаемым из каменного угля или биомассы еще во время Второй Мировой войны Германия и Япония заправляли свои танки и автомобили. Горючее производилось посредством сжижения или газификации угля. Поскольку в мире имеется достаточное количество угля, то применение синтетического топлива в будущем достаточно вероятно.

Биодизельное топливо. Этот вид топлива, производимый на основе масла, может использоваться как альтернатива обычному дизельному топливу. Его применение началось еще в начале 20 века, но в промышленных объемах биодизель стал использоваться только в середине 90-х годов прошлого века. В Европе в качестве основного источника используется рапсовое масло, в США – соевое, в Юго-Восточной Азии – пальмовое и т.д. Очевидными преимуществами этого вида топлива является его экологичность и невысокая себестоимость. В результате, в ближайшие годы во многих странах, лидером среди которых в настоящее время является Малайзия, разработаны государственные программы перехода на биодизель. Так, в Евросоюзе к 2010 году предполагается довести использование биотоплива (этанол и биодизель) до 5,75% общего объема. Но очевидным ограничителем массового внедрения биодизеля является дефицит посевных площадей: дальнейшее увеличение пахотных угодий под названные культуры может привести к снижению производства продуктов питания и, соответственно, к росту цен на них.



Спирт. Если биодизельное топливо является альтернативой дизтопливу, то различные виды спирта (этанол, метанол и др.) может служить заменой бензину. В настоящий момент программы по увеличению доли этанола в энергетическом балансе страны действуют в Евросоюзе, США, Бразилии и других странах. Но только Бразилии удалось добиться существенных результатов: потребление этанола автопарком составляет 20-25% от потребления бензина, что обусловлено жарким климатом страны и наличию водных ресурсов, обуславливающих получение трех урожаев сахарного тростника в год. Но несколько урожаев в год характерно для небольших уголков планеты, а для большей части посевных площадей возможно получение урожая лишь раз в год. Так, для обеспечения нынешних потребностей США в бензине за счет этанола, пришлось бы засеять кукурузой 97% территории США.

Электричество. Электромобили, работающие на энергии, получаемой от батарей или аккумуляторов, появились значительно раньше автомобилей с двигателем внутреннего сгорания. До начала XX века их выпуск превышал

выпуск обычных автомобилей, и первым транспортным средством, превысившим скорость 100 км/ч, был именно электромобиль. Современный электромобиль развивает скорость до 100 км/ч, имеет запас хода 50-150 км, и время зарядки аккумуляторов 4-8 часов. Явным минусом массового внедрения электромобилей является их непригодность для передвижения на большие расстояния, для перевозки крупных грузов, для работы в сельском хозяйстве и т. д. В настоящее время электромобили покупают крупные корпорации для передвижения сотрудников по территории промышленных предприятий, или отдельные граждане, озабоченные охраной окружающей среды.

Водородное топливо. Некоторые оптимисты считают, что нефть перестанет быть необходимой обществу еще до того, как закончится. Так, в последние годы крупные компании, в том числе российский «Норильский никель», инвестируют деньги в разработку водородной энергетики. Если на смену эпохе углеводородов придет водородная эра, то сбудется предсказание Ж. Верна, сделанное в 1874 году в романе «Таинственный остров»: «…воду когда-нибудь будут использовать вместо топлива. Вода и кислород, которые входят в ее состав, будут использоваться вместе или по отдельности и будут служить неисчерпаемым источником света и тепла…». Водородная топливо и водородное экономика – одно из перспективных направлений, поскольку водород неиссякаем, и может стать вечным топливом, если человек научится эффективно использовать его энергию. Но на данный отрезок времени водородная энергоустановка, использующая в качестве топлива воду, разложенную на водород и кислород, а в качестве выхлопа выбрасывающую в атмосферу водяной пар, является лишь мечтой будущего. В реальности, еще не разработана дешевая и безопасная технология как получения, так и хранения водорода на транспортном средстве, поскольку при реакции с воздухом образуется гремучий газ.

Таким образом, сейчас человечество находится на пути к поиску путей выхода из энергетического кризиса. Ближайшие перспективы выхода из

проблемы структурной нехватки нефти возлагаются на природный газ, пик добычи которого, в отличие от нефти, несколько более отодвинут во времени. Но при активном замещении нефти газом, его нехватка тоже может проявиться в ближайшие десятилетия.

11.3. Загрязнение экосистем при нефтедобыче

Нефтепромыслы занимают десятки, а иногда и сотни квадратных километров во всех природных зонах – от тундр до пустынь и субтропиков. В некоторых районах нефтедобычи воздействия на экосистемы носят не локальный, а региональный характер. Кроме непосредственного загрязнения природной среды нефтью и нефтепродуктами, химическими реагентами, еще более значительно по масштабам косвенное воздействие процесса нефтедобычи на окружающую среду, приводящее к изменению всех компонентов экосистемы.

Выявление степени загрязнения экосистем нефтью и нефтепродуктами являясь злободневной проблемой, особенно для некоторых северных регионов России, до сих пор не находит своего оптимального решения. Причина такого состояния заключается в сложности самих объектов, объединяемых понятием «нефть и нефтепродукты», а также в неоднозначности ответных реакций экосистем на это воздействие. Данная неоднозначность обусловлена многими причинами. Во-первых, несмотря на то, что все нефти близки по элементному составу и состоят на 95-99% из углерода (83-87%) и водорода (12-14%), каждое месторождение отличается по составу прочих компонентов: менее 5% (чаще 1-2%) составляют азот, сера и кислород, десятые и сотые доли процента приходится на многочисленные микроэлементы. Во-вторых, химическая токсичность нефти по отношению к биологическим объектам различна. Так, с одной стороны, некоторые нефти обладают даже лечебными свойствами и небольшое ее содержание в почвах иногда может даже стимулировать рост растений, поскольку нефть является питательной средой для некоторых микроорганизмов и при их помощи разлагаясь, поставляет в почву дополнительные порции органических

соединений. С другой стороны, некоторые нефти обладают канцерогенным действием и в загрязненных ими ландшафтах гибнут растения, почвы теряют плодородие, вода делается непригодной для использования, происходит гибель многих животных организмов. В-третьих, степень изменения экосистем зависит количества нефти и нефтепродуктов, высокое содержание которых резко ухудшает водно-физические свойства почв, приводит к гибели растительного покрова, загрязнению подземных и поверхностных вод. В-четвертых, при нефтедобыче происходит интенсивное загрязнение природной среды и спутниками нефти: минерализованными (вплоть до рассолов) пластовыми водами, токсичными газами и летучими соединениями (сероводородом, ртутью и др.), тяжелыми металлами, радионуклидами, полициклическими ароматическими углеводородами, обладающими канцерогенными и мутагенными свойствами. Кроме этого, необходимо учитывать, что в разных природных зонах скорость разложения нефти и нефтепродуктов различна и зависит, в первую очередь, от климатических характеристик. Так, в северных ландшафтах, основные проблемы связаны с наличием мерзлоты и в результате нефтедобычи происходит, соответственно, изменение криогенных процессов, а в южных ландшафтах основные проблемы связаны с процессами засоления природных вод и, соответственно, с качеством пресной воды. Поэтому, при нефтяном загрязнении взаимодействуют три группы экологических факторов, которые приходится учитывать при оценке последствий загрязнения природной среды нефтью и нефтепродуктами:

1) сложность, многокомпонентность состава нефти и наличие в ее составе токсичных спутников;
2) состав и структура экосистемы
3) многообразие и изменчивость внешних факторов: температура, влажность, состояние атмосферы, количество осадков и т.п.

Таким образом, идеальное решение проблемы разработки реперов и индикаторов загрязнения природной среды в условиях нефтедобычи состоит

не только в выявлении площадей нарушенных земель, количестве аварийных разливов и выбросов, но и в учете потенциала самоочищения ландшафтов, разработке региональных нормативов остаточного содержания разных типов нефтепродуктов в почвах, выработке рекомендаций по рекультивации земель, загрязненность которых превышает допустимые нормативы.

Контрольные вопросы:

1. Каковы ресурсы нефти и газа биосферы?
2. Когда ожидается пик добычи нефти?
3. К каким последствиям может он привести?
4. Какие альтернативные виды топлива существуют и каковы трудности их использования?

Полезные ссылки:

Ассоциация по исследованию пика нефти и газа - http://www.peakoil.net

Нефтяной кризис - http://www.oilcrisis.com/

Жизнь после исчерпания нефти - http://www.lifeaftertheoilcrash.net/

Пик нефтедобычи http://www.energybulletin.net/4789.html

Международное энергетическое агентство - http://www.iea.org

О нефти и газе доступным языком - http://www.ngfr.ru/ngd.html

Глава 12. Концепция устойчивого развития

Ты не можешь выиграть,
ты не можешь сыграть вничью,
ты не можешь даже выйти из игры.
Закон Мерфи.

В течение многих тысячелетий природа человеку казалась бесконечной кладовой. Все изменил XX век. Сейчас мы вплотную подошли к порогу исчерпаемости запасов нефти и газа, благодаря доступности которых и был совершен технологический рывок последнего столетия. Конечно, эпоха возобновляемых источников энергии придет, и сейчас активно разрабатываются несколько видов альтернативных вариантов топлива, но ни один из них по объемам и доступности не способен в настоящий момент полностью заменить ископаемое топливо. Например, для того, чтобы взлетел один реактивный самолет, нужна суммарная энергия, которую производят все солнечные батареи в мире.

Накопление ядерных отходов и радиоактивное загрязнение окружающей среды, предельные концентрации загрязнения окружающей среды, снижение биоразнообразия, стремительный рост населения, нехватка ресурсов, социальные диспропорции в обществе – эти и многие другие проблемы были названы **глобальными проблемами современного существования и развития человечества.** Все глобальные проблемы связаны между собой, все они затрагивают интересы не только отдельных людей, но и судьбу всего человечества. Соответственно, они не могут решиться сами собой, а требуют целенаправленных усилий всего мирового сообщества.

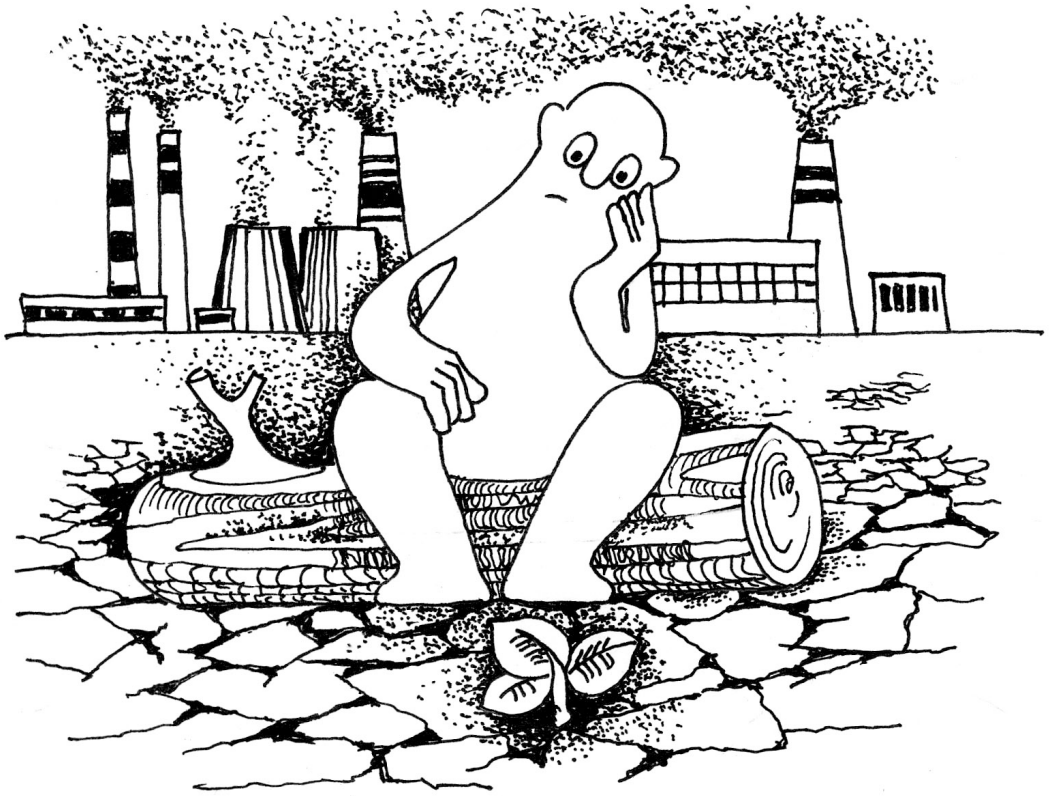
Многие полагают, что корни глобальных проблем человечества связаны не столько с перенаселением на Юге, сколько с чрезмерным потреблением и растратой ресурсов на Севере. Согласно исследованиям института Мирового слежения (Worldwatch), около 1,7 миллиардов человек планеты принадлежит к так называемому «классу потребления» и ведут образ жизни, который ранее был достоянием исключительно богатых людей. Например, по дорогам США ездит больше автомобилей, чем проживает людей, имеющих права на вождение автомобиля. На 8 млн. га декоративных лужаек в США уходит от 30 до 60 % общего потребления воды в городах. А в другой части света не имеют доступа к чистой питьевой воде около 1,1 млрд. человек, а 2,6 миллиардов человек не имеют доступа к канализации.

Расслоение мира легко осознается при сопоставлении социально-экономических показателей: ВВП на душу населения в 2006 году, рассчитанный по паритету покупательной способности в одной из беднейших стран мира, небольшом государстве Центральной Африки – Бурунди, составлял 677 долларов, а в Люксембурге – 86510 долларов. При этом динамика процесса поляризации мира неутешительна: со временем разрыв не уменьшается, а только увеличивается. В начале XXI века среднестатистический житель Европы практически не имеет препятствий для получения высшего образования, а в таких странах, как Малави, Руанда и

Чад, только 40% детей, поступивших в школу, имеют возможность получить начальное образование в полном объеме.

Если в развитых странах Европы средняя продолжительность жизни составляет около 80 лет, то в странах к югу от Сахары - не доходит и до 50 лет. Статистика неумолима: по данным ООН, 18 тысяч детей на земном шаре каждый день умирают от голода и недоедания, и 850 миллионов людей ведут полуголодное существование. Из 850 миллионов полуголодных людей половину составляют дети. Учитывая тенденции роста населения, проблема нищеты и голода в перенаселенных регионах мира будет еще более острой в ближайшие десятилетия и для ее решения необходимы принципиально новые решения.

Всё эти реперы кризисного состояния планеты происходят на фоне общемирового роста ВВП, используемого в качестве универсального показателя благосостояния общества последние семьдесят лет. Но роста этого показателя, не учитывающего экологических последствий, добиться достаточно легко: необходимо только выкачать все имеющиеся топливные и минеральные ресурсы, истощить природные воды, загрязнить все компоненты биосферы. И почти во всех странах мира главенствующей идеей стал рост экономики, построенный по принципу grow now, clean later (расти сейчас, очищать позже). В условиях конкуренции и при отсутствии сдерживающих механизмов государственного или мирового регулирования, возникает соблазн быстрого потребления ресурсов - «прибыль превыше всего», «пока другие не пришли», «после нас хоть потоп». И мало кто задается простым вопросом: «А сколько стоит сама природа?» и «Имеем ли мы право так расточительно с ней обращаться?»



Таким образом, на рубеже третьего тысячелетия человечество столкнулось с целым рядом глобальных проблем, требующих принятия действенных решений. Каждая из этих проблем действительно актуальна, но еще более важным является осознание обществом, что эти проблемы действительно существуют, а не являются декларативными лозунгами алармистов. Изменение и решение возникших негативных тенденций потребует привлечение колоссальных финансовых, технологических и научных ресурсов, времени для их претворения в реальную жизнь, а также совместных усилий в создании модели устойчивого развития всего мирового сообщества.

12.1. История становления концепции устойчивого развития

Предположение, что тенденция несоответствия ограниченных природных ресурсов Земли, потребительской экономики и роста численности населения будет увеличиваться и далее, впервые стала активно обсуждаться в обществе в 60-х годах прошлого столетия. Прогнозы тех лет предвещали

грядущий глобальный экологический кризис и последующий за ним апокалипсис всей цивилизации.

Одним из наиболее видных ученых-гуманистов, поднявших волну общественных настроений, был **Аурелио Печчеи**. Именно он был инициатором создания и первым президентом **Римского клуба**, получившего свое название из-за места проведения первого заседания - в Национальной академии деи Линчеи в Риме.

Вставка 1. Дополнительная информация

А. Печчеи родился в семье итальянского социалиста в 1908 году. В 1930 году защитил докторскую диссертацию по новой экономической политике Советской России, во время Второй мировой войны активно участвовал в движении Сопротивления, был вице-президентом компании «Olivetti», членом административного совета компании «Фиат». Этот общественный деятель и предприниматель был действительно одним из великих гуманистов 20 века: будучи не бедным человеком и много путешествую по миру, он осознавал степень социальной несправедливости мира.

В состав Римского клуба, численность которого составляет 100 человек, входят известные ученые различных специальностей, видные финансисты и политики. Согласно уставу Римского клуба эта международная организация должна иметь собственный бюджет, быть транскультурной, неформальной и вне политики. А. Печчеи так сформулировал идею создания сообщества единомышленников: «Мои мысли о нашем смешанном сообществе хорошо выражает следующее объявление, которое я случайно увидел однажды в Испании над входом в сумасшедший дом: не всякий здесь принадлежит к ним, не все, принадлежащие к ним, здесь» (Печчеи, 1985).

Основной задачей клуба было обсуждение и разработка перспектив мирового развития на глобальном уровне, выявление жизненно важных проблем, стоящих перед человечеством, выработка стратегии их решения и широкая пропаганда кризисной ситуации, с которой может столкнуться человечество в будущем. В качестве главных целей Римского клуба была объявлена разработка научной методики анализа «затруднений человечества» (так А. Печчеи называл глобальные проблемы) и стимулирование возникновения новых отношений, институтов, способствующих исправлению ситуации. В сущности, члены клуба ставили

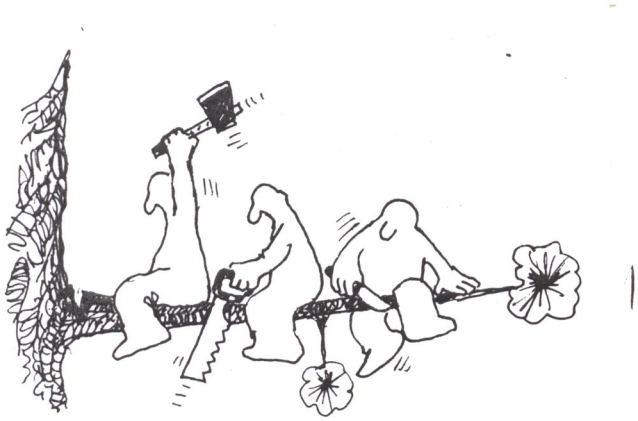
для себя ровно одну задачу – вовремя предупредить людей о близости к краю пропасти, к которому человечество так стремительно продвигается.

За время своей деятельности Римский клуб опубликовал 20 докладов, в каждом из которых был сделан анализ конкретной проблемы и предложены возможные пути её решения. Исследовательские проекты выполнялись учеными из разных стран и оплачивались крупными финансовыми корпорациями. В различное время членами клуба были академики Д.М. Гвишиани, Е.К.Федоров, Е.М.Примаков, С.П. Капица и писатель Чингиз Айтматов, почетными членами клуба являются М.С. Горбачев, Б.Е. Патон.

Буквально с момента основания Римского клуба к его деятельности подключился Джей Форрестер - профессор прикладной математики и кибернетики Массачусетского технологического института, один из основоположников компьютерного моделирования. Методика Д. Форрестера, названная «мировой динамикой», могла применяться для изучения долгосрочных тенденций мирового развития. Первые имитационные экономико-математические модели ("Мир-1" и "Мир-2") были основаны на всего лишь пяти зависимых друг от друга переменных: росте численности населения, объеме капиталовложений, использовании невозобновимых природных ресурсов, производстве продовольствия и загрязнении окружающей среды.

Римский клуб предложил группе ученых под руководством Денниса Медоуза, ассистента Д. Форрестера, провести подобное моделирование тенденций мирового развития. Горизонт анализа и прогноза охватывал два столетия - с 1900 по 2100 гг. Группа Д. Медоуза создала модель "Мир-3" и 12 марта 1972 года в Вашингтоне состоялось представление первого доклада Римскому клубу с символичным названием **«Пределы роста»** («The Limits to Growth»). Результаты исследования были весьма неутешительными: через 75 лет (т.е. около 2050 года), если экономическое развитие не будет сведено к простому воспроизводству и прирост населения Земли не остановится, то

сырьевые ресурсы планеты будут исчерпаны, а нехватка продовольствия станет
катастрофической.



Авторами доклада было разработано несколько моделей, построенных на экстраполяции наблюдающихся тенденций роста населения и истощения известных запасов природных ресурсов. Согласно стандартной модели, если не произойдет никаких качественных и количественных изменений, т.е. показатели запасов ресурсов планеты останутся прежними, а темпы роста населения сохранятся, - в начале XXI в. начнется резкий спад среднедушевого промышленного производства, который приведет к сокращению численности населения планеты. Авторы заложили в модель вариант возможного увеличения разведанных ресурсов вдвое, благодаря развитию науки и технологий. В этом случае, согласно их выводам, глобальный кризис «механически» отодвинется на середину XXI в., после чего неминуемо сокращение сырьевых и пищевых ресурсов, объема промышленного производства. И единственным выходом преодоления глобального апокалипсиса, предложенный авторами, была сознательная консервация промышленного производства и численности населения.

Данный доклад из-за основного вывода - резкого ограничения численности населения и уровня потребления, получил название **«концепции нулевого роста».** Результаты исследований были встречены с негодованием. Противники «Пределов роста» обвинили клуб в неомальтузианских идеях, технологическом пессимизме, переоценке загрязнения окружающей среды, занижении запасов сырья, фетишизации ЭВМ. Критическому научному анализу «Пределы роста» подверглись и со

стороны группы экспертов ООН во главе с экономистом В. Леонтьевым. В их проекте «Будущее мировой экономики» отмечалось, что рост населения нашей планеты носит вовсе не экспоненциальный характер: в развитых странах темпы роста численности населения будут падать до конца XX века и стабильный уровень будет достигнут около 2025 года. В развивающихся странах стабилизация произойдет к 2075 году, и причина будет связана не с нехваткой продовольствия, а с повышением уровня экономического развития.

Но доклад достиг своей цели - поднялась мощная волна обсуждений и дискуссий, многие специалисты, в попытке опровергнуть данные расчеты, начали делать свои вычисления. Шоковая терапия результатов привела к дебатам на конференциях, в парламентах, телевизионных передачах. И главным итогом доклада можно считать именно алармистскую волну общественных настроений. Общество задумалось и признало: пределы роста материального благосостояния существуют, и идея модных в то время футурологических предсказаний светлого постиндустриального и информационного общества стала восприниматься с осторожностью.

Так, в атмосфере этих настроений, в июне 1972 года в Стокгольме состоялась **межправительственная конференция ООН по окружающей среде,** в работе которой приняли участие делегаты 113 стран и 40 международных организаций. Специально к Конференции была выпущена книга под символическим названием «Только одна Земля», в которой поднимались вопросы расточительного отношения общества к окружающей среде, увеличения разрыва между богатыми и бедными, а также возможности принятия совместных общемировых усилий в становлении нового типа взаимодействия природы и общества.

Впервые на международном уровне была принята программа действий для решения проблем деградации окружающей природной среды: **«Стокгольмская декларация»** и «**План действий**». «Стокгольмская декларация» содержит 26 основных принципов, первый из которых

определяет право человека «на свободу, равенство и благоприятные условия жизни в окружающей среде, качество которой позволяет вести достойную и процветающую жизнь…». Для этой цели предлагалось предотвращение выбросов загрязняющих токсических веществ, оказание финансовой и технической помощи развивающимся странам, осуществление планирования темпов урбанизации, проведение демографической политики и т.д. Кроме этого, в декларации поднимались вопросы международного экологического сотрудничества, усиление роли международных организаций в области охраны окружающей среды и международного права, ответственности государств за ущерб окружающей среде перед другими государствами. Последний принцип декларации касался ликвидации оружия массового поражения. «План действий», адресованный национальным правительствам и международным организациям, состоял из 109 пунктов-рекомендаций.

Для осуществления решений Конференции в 1972 году была создана новая межправительственная организация системы ООН - Программа ООН по Окружающей Среде, штаб-квартира которой находится в Найроби (Кения). Результатом конференции было создание министерств и департаментов по охране окружающей среды в различных странах мира, развитие экологической политики и дипломатии, экологического права.

Через два года после Стокгольмской конференции, в 1974 году директором Механического института в Ганновере Э. Пестелем и профессором прикладной математики из Кливленда М. Мессаровичем был подготовлен второй доклад Римскому клубу - **«Человечество на перепутье»** («Mankind at the Turning Point»). Стремясь ликвидировать недостатки предыдущего доклада, исследователи применили дифференцированный подход к исследованию различных регионов мира, где модель развития рассматривалась как многоуровневая иерархическая система с учетом геофизических, экологических, технологических, демографических и экономических факторов, по-разному проявляющихся и взаимодействующих в различных регионах мира. Мир в этой модели был разделен на 10

региональных подсистем (Северная Америка, Западная Европа, Япония, другие развитые капиталистические страны, социалистические и развивающиеся страны). Авторами модели, содержащей уже более двухсот тысяч уравнений, был сделан вывод о том, что катастрофические кризисы проявятся в различное время и в разных регионах, но будут переплетаться между собой и, подобно цепной реакции, захватят весь мир. Новая концепция предусматривала опережающий экономический рост отсталых стран при одновременном сдерживании увеличения численности их населения, финансовую помощь развивающимся странам и т.п. Таким образом, «концепция нулевого роста» была замещена «**концепцией органического роста**», рассматривающей мир как живой организм, где каждый регион играет свою особенную роль во взаимозависимом мировом сообществе.

Разразившийся в конце 1973 года нефтяной кризис вскрыл истинные масштабы зависимости экономики стран от колебаний цен на энергетические ресурсы. Цены на нефть буквально за 2 месяца увеличились более чем в 4 раза. Это стимулировало поиски выхода для стран-импортеров: в развитых странах началось массовое внедрение энергосберегающих технологий, производство теплоизоляционных материалов, разработки альтернативных способов получения энергии, внедрение более экономичных двигателей для автомобилей и т.д. Кризис послужил спусковым крючком для новой волны обсуждений будущего человечества.

В эти годы произошел перелом: активно проводятся конференции, создаются рабочие группы по проблемам окружающей среды, совершенствуются законодательства, принимается ряд важных международных конвенций, касающихся охраны природы, природного и культурного наследия, загрязнения воздуха и т.д. Под эгидой ЮНЕСКО осуществляется «Международная биологическая программа», созданная для анализа структуры и особенностей функционирования экосистем, международная программа «Человек и биосфера», исследующая проблемы

устойчивости биосферы и степень преобразования экосистем в результате антропогенных воздействий. В эти же годы появились первые идеи о взаимозависимости как экологических, так экономических и социальных проблемах общества.

12.2. Становление концепции устойчивого развития

По инициативе Генерального секретаря ООН в декабре 1983 г. была создана Международная Комиссия по окружающей среде и развитию, которую обычно называют по имени ее председателя, премьер-министра Норвегии, - **комиссией Брундтланд**. Основной задачей комиссии была разработка концепции и стратегии решения глобальных проблем человечества. В результате четырехлетней работы комиссия в 1987 году опубликовала доклад **«Наше общее будущее»,** в котором позвучало предупреждение о неизбежности катастрофы, если люди не внесут коррективы в свой образ жизни. В качестве альтернативы неограниченному

экономическому росту, приведшему к деградации биосферы, комиссия предложила **концепцию устойчивого развития.**

Так что же такое устойчивое развитие? Известны различные переводы английского оригинала «Sustainable Development» на русский язык – поддерживающее, самоподдерживающее, равновесное, жизнеспособное, сбалансированное, гармоничное развитие. В научной литературе и официальных документах закрепился термин «устойчивое развитие». В докладе Комиссии Гру Брундтланд устойчивое развитие определялось как «**развитие, которое отвечает потребностям текущего поколения, но при этом не лишает последующие поколения возможности удовлетворять свои потребности**».

Основной рекомендацией данного документа было нахождение баланса экономического развития и экологической устойчивости биосферы. Также в докладе отмечалось, что устойчивое развитие должно быть направлено на справедливое распределение ресурсов как между текущим и будущим поколениями, так и внутри поколений.

Концепция теории устойчивого развития базируется на четырех основных принципах:

- удовлетворение основных потребностей всех ныне живущих людей,
- равные стандарты этого удовлетворения для всего населения планеты,
- бережное использование природных ресурсов,
- сохранение возможностей для будущих поколений реализовать основные запросы.

Все перечисленные принципы равноценны, но центральным считается третий, в основе которого лежит идея ограниченной способности природных систем к хозяйственным нагрузкам. Данная идея, основанная на теории биосферного равновесия (см. главы 2, 3), предусматривает предел нарушения человеком целостности системы. Переход через пределы емкости биосферы приведет к уменьшению возможностей природной среды компенсировать понесенные потери и, соответственно, к

кризису. Часто в литературе приводится и пятый принцип устойчивого развития - принцип предосторожности, действующий при принятии решений. Вследствие того, что современные научные и практические знания в области исследования экосистем недостаточны, то при принятии любого экономического решения, необходимо оставлять резерв экологической надежности.

Устойчивое развитие необходимо рассматривать как состоящее из 3 предметных компонентов: экологической целостности, эко-эффективности экономической деятельности, социальной справедливости и трех институциональных компонентов - государства, бизнеса и общества. ***Экономическая составляющая*** концепции устойчивого развития подразумевает оптимальное использование невозобновимых ресурсов и использование «экологичных» технологий во всех сферах хозяйственной деятельности, включая добычу и переработку сырья, переработку и уничтожение отходов. ***Социальная составляющая*** направлена на сохранение культурного многообразия в глобальных масштабах, на сокращение числа разрушительных конфликтов, справедливое разделение благ как внутри стран, так и между странами, в том числе перераспределение между Севером и Югом. ***Экологическая составляющая*** концепции предполагает обеспечение целостности природных экосистем путем определения для каждого отдельного компонента предельно допустимой нагрузки хозяйственной деятельности: темпы потребления возобновляемых природных ресурсов не должны превышать темпы их воспроизводства, загрязнение окружающей среды не должно превышать ассимиляционных возможностей окружающей среды.

Сразу после официального определения устойчивого развития, появились споры о его сути. Поводов для дискуссий было предостаточно. Даже слово справедливость (equity) вызвало неоднозначное толкование, вследствие субъективности понятия свободы и справедливости. Кроме этого, доклад вызвал ряд вопросов: «Что должно быть сохранено?», «Что может

развиваться?», «Могут ли природные ресурсы быть заменяемыми?», «Если да, то в какой степени?», «Как сохранить емкость биосферы, не ущемляя фундаментальных прав человека и одновременно улучшая качество его жизни?». Действительно, резкое повышение уровня удовлетворения потребностей населения африканских или азиатских государств до уровня наиболее развитых государств Европы невозможно. Если развивающиеся страны включатся в гонку интенсивной эксплуатации ресурсов и увеличения уровня потребления, то едва сохраняющийся сегодня баланс биосферы будет полностью подорван. А мысль, что развитые страны в одночасье откажутся от большинства благ цивилизации, достаточно утопична. Соответственно, реализация концепции устойчивого развития при сохраняющихся правилах игры и командах игроков, неизбежно сопряжена с ущемлением прав какой-либо группы населения.

Другие трудности восприятия концепции устойчивого развития заключаются в том, что теоретическая база концепции находится в глубоком противоречии со сложившейся практикой хозяйствования, традиционной природоёмкой экономикой, а, главное, со сложившимися международными отношениями, в которых преобладает не кооперация, а конкуренция. И даже наметившиеся признаки экологической революции еще более усугубляют поляризацию мира: внедрение новых ресурсосберегающих технологий, развитие экологически-чистых отраслей производства, расширение рекреационных зон в развитых странах, сопровождается перемещением «грязных» отраслей промышленности и неутилизированных отходов в менее развитые страны.

В зависимости от степени жесткости в принятии программы действий теоретиков и практиков устойчивого развития можно разделить на два лагеря: одни пропагандируют **слабую устойчивость**, другие - **сильную устойчивость**. **Очень сильная устойчивость** не допускает никакого истощения природных ресурсов, вплоть до отказа от добычи нефти; **умеренная сильная устойчивость** допускает истощение природных

ресурсов в случае их компенсации (нефтяная рента вкладывается в разработку альтернативных источников энергии); **крайне слабая устойчивость** предполагает ресурсную заменяемость, **умеренная слабая устойчивость** предполагает консервацию лишь «критического природного капитала». Теоретическая программа «зеленых партий» базируется на очень сильной устойчивости и получили название **концепции экотопии,** которая подразумевает даже не нулевой, а скорее минусовой экономический рост: сторонники концепции призывают к возврату к природе, применению простых технологий, отказу от научно-технического прогресса, сохранению биологического и культурного разнообразия и т.д.

Работа комиссии Брундтланд дала толчок для подготовки крупного международного форума - Конференции ООН по окружающей среде и развитию (КОСР), проведенной в 1992 году в г. Рио-де-Жанейро (Бразилия). В работе конференции приняли участие 17 тыс. человек из 178 государств. Кроме государственных делегаций на форум впервые были приглашены представители неправительственных организаций. На конференции была принята «**Декларация по окружающей среде и развитию»**, состоящая из 27 принципов. Другим важным документом была **«Повестка дня на XXI век»**, представляющая поэтапный план действий для достижения устойчивого развития: борьба с нищетой, охрана здоровья человека, защита различных компонентов биосферы от загрязнения, финансирование экологических программ, в том числе за счет отчислений экономически развитых стран развивающимся и т.д.

Кроме того, во время проведения конференции были подписаны глобальные экологические конвенции: **«Рамочная конвенция по изменению климата», «Конвенция по биологическому разнообразию», а также «Заявление о принципах лесоводства».** После окончания конференции при ООН была создана **Комиссия по Устойчивому Развитию**.

В 2002 г. в Йоханнесбурге состоялось самое масштабное событие в истории устойчивого развития – **Всемирный Саммит по Устойчивому**

Развитию, в котором приняли участие около 22 тыс. человек из 191 страны, представляющие правительства, межправительственные и неправительственные организации, частный сектор, гражданское общество, научные круги.

На саммите было определено 5 ключевых сфер, нуждающихся в скорейшем изменении положения дел в этих сферах: чистая вода и канализация, энергетика, здравоохранение, производительность в сельском хозяйстве, биологическое разнообразие и управление экосистемами. Предлагаемые проблемы объединили под аббревиатурой WEHAB (Water, Energy, Health, Agriculture, Biodiversity — соответственно вода, энергетика, здравоохранение, сельское хозяйство, биологическое разнообразие).

После долгих и бурных дискуссий главы государств и правительств договорились о серии конкретных обязательств, и был принят «**План по внедрению результатов Всемирного Саммита по Устойчивому Развитию**», предусматривающий неотложные меры и конкретные сроки их осуществления.

Вставка 2. Дополнительная информация

Если на конференции в Рио-де-Жанейро доминировали вопросы охраны окружающей среды, то в Йоханнесбурге обсуждались проблемы глобализации, торговли, финансирования устойчивого развития. Группой независимых экспертов для Саммита был подготовлен национальный доклад России «Национальная оценка прогресса Российской Федерации при переходе к устойчивому развитию» и «Экологическая доктрина России», утвержденная в августе 2002 г.

Большинство участников саммита признали крах современных моделей мирового развития: процветание одних государств оставляет большую часть населения планеты за чертой нищеты. Так, среднестатистический житель Европы потребляет ресурсов в 70—100 раз больше и производит в 50 раз больше отходов, чем житель Африки. В ответ на эти цифры, руководители развивающихся стран выдвинули экологический тезис: «Пусть загрязнитель платит!»

Противоречия вызвал вопрос о глобализации: сторонники глобализации приводили в качестве аргумента «за» рост производства и более высокий уровень жизни, противники утверждали, что она еще больше «расслаивает» общество и разрушает местные культуры.

Острым был вопрос о водных ресурсах и их связях со здоровьем населения, состоянием сельского хозяйства и энергетики.

Среди принятых решений были следующие договоренности:

Цель 1. Ликвидация крайней нищеты и голода: сократить вдвое до 2015 года долю населения Земли с доходом менее 1 доллара в день, сократить вдвое долю населения, страдающего от голода.

Цель 2. Достижение всеобщего начального образования: у всех детей Земли до 2015 года должна быть возможность закончить начальное образование в полном объеме

Цель 3. Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей женщин: ликвидация неравенства полов в начальном и среднем образовании к 2005 году и на всех уровнях образования, включая высшее к 2015 году.

Цель 4. Сокращение детской смертности: снизить на 2/3 смертность среди детей до 5 лет к 2015 году.

Цель 5. Улучшение здоровья матерей: снизить на 3/4 показатель материнской смертности к 2015 году.

Цель 6. Борьба с ВИЧ/СПИДом, малярией и другими заболеваниями: остановить рост заболеваемости СПИДом, малярией и другими болезнями к 2015 году и добиться снижения их распространения.

Цель 7. Обеспечение экологической устойчивости: включить принципы устойчивого развития в национальную политику и стратегию стран, сократить потери природных ресурсов; к 2015 году уменьшить вдвое долю населения, не имеющего доступа к чистой питьевой воде; к 2020 году добиться существенного улучшения жизни не менее чем 100 млн. жителей трущоб.

Цель 8. Формирование глобального партнерства в целях развития: развивать открытую систему торговли и финансов; удовлетворять особые потребности наименее развитых стран и стран, не имеющих выхода к морю, а также малых островных государств; содействовать разрешению долговых проблем развивающихся стран; развивать и внедрять стратегии обеспечения достойной и продуктивной работы для молодежи; обеспечить доступ к основным лекарствам в развивающихся странах; сделать доступными достижения новых технологий, особенно в сфере информации и коммуникаций.

12.3. Переход к практике устойчивого развития

Но как обеспечить справедливость распределения возможностей для развития поколений текущих и будущих? Как измерить прогресс развития в этом направлении?

Переход от деклараций к практике устойчивого развития действительно очень сложен, поскольку необходимо вводить количественные показатели в сложные многоуровневые системы. В основополагающем документе ООН, описывающим базовые принципы создания индикаторов устойчивого развития отмечается, что конечный перечень индикаторов должен быть коротким, сфокусированным, прагматичным и гибким, чтобы его можно было адаптировать для конкретной страны. При этом разработка индикаторов устойчивого развития необходима для систем разных масштабов: глобального, регионального, национального, локального, отраслевого уровня, для отдельных населенных пунктов и предприятий.

Система индикаторов устойчивого развития должна быть:

- **репрезентативной -** отражать реальную ситуацию в стране;
- **комплексной** - сочетать экологические, социальные и экономические аспекты;
- **информативной** - выявлять и сигнализировать проблемы и недостатки,
- **квантификационной** - иметь количественное выражение;
- **доступной** - опираться на имеющуюся систему национальной статистики и не требовать значительных затрат для сбора информации и проведения расчетов;
- **публичной –** понятной как для людей, принимающих решения, так и для широких слоев населения;
- **результативной** - отражать динамику страны и результативность соответствующих правительственных мероприятий и т.д.

Разработкой критериев и индикаторов устойчивого развития в настоящий момент занимаются ведущие международные организации: ООН, Всемирный Банк, Организация стран экономического сотрудничества и

развития (ОЭСР), Европейская комиссия, Научный комитет по проблемам окружающей среды (SCOPE) и др.

Наиболее полная **система индикаторов** была разработана Комиссией ООН по устойчивому развитию**.** Так, в 2001 года комиссией было предложено 132 базовых индикатора с подробным описанием методологии расчета. В данной системе все индикаторы разбиты на основные группы: 1) индикаторы социальных аспектов УР , 2) индикаторы экономических аспектов УР , 3) индикаторы экологических аспектов УР (включая характеристики всех природных ресурсов, а также отходов), 4) индикаторы институциональных аспектов УР. Далее, индикаторы разбиты на три категории с учетом их целевой направленности: *индикаторы воздействия*, характеризующие человеческую деятельность, процессы и характеристики, влияющие на УР; *индикаторы состояния*, характеризующие текущее состояние различных аспектов УР; *индикаторы реагирования*, позволяющие осуществлять политический или какой-либо другой способ реагирования для изменения текущего состояния.

Вставка 3. Дополнительная информация

Статистический отдел Секретариата ООН предложил систему интегрированных экологических и экономических национальных счетов (System for Integrated Environmental and Economic Accounting), для учета экологического фактора в национальных статистиках. Эта система базируется на корректировке традиционных экономических показателей с учетом стоимостной оценки истощения природных ресурсов и ущерба от загрязнения. Широкому внедрению счетов препятствует недостаток информации и проблема перевода экологических данных в стоимостные.

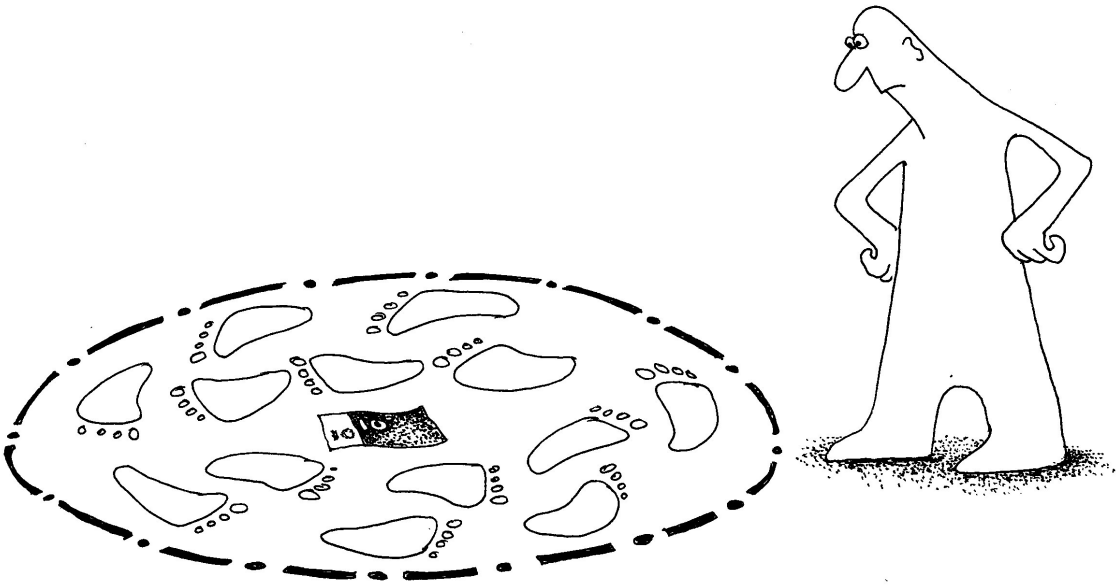
Наиболее широко известен и часто применим **индекс «истинных сбережений»**, предложенный Всемирным Банком для измерения национального богатства стран. Под истинными сбережениями понимается реальная скорость накопления национальных сбережений после надлежащего учета истощения природных ресурсов и ущерба от загрязнения окружающей среды. В идеале истинные сбережения должны учитывать все факторы, влияющие на устойчивость, но в связи с недостатком информации данные о загрязнении окружающей среды ограничены лишь выбросами CO_2 в атмосферу, не учитываются показатели роста численности населения, истощения критического

природного капитала и т.д.

Довольно активно разрабатываются индексы устойчивого развития, базирующиеся, прежде всего на экологических показателях. К таким индексам, в первую очередь относятся **индекс живой планеты** и **экологический след**. *Индекс живой планеты* рассчитывается для оценки состояния природных экосистем планеты. Индекс базируется на основе данных об изменении видовой численности популяций организмов в трех типах местообитаний – лесных, пресноводных и морских экосистемах. Каждый показатель отражает изменение популяции наиболее представительной выборки организмов в экосистеме. Согласно данному индексу, в 1970-е годы человечество вышло за пределы емкости биосферы в глобальном масштабе, что отражается в уменьшении индекса ИЖП на 33% за последние 30 лет.

Другой показатель **«экологический след»** определяет уровень давления на природу - потребление биологических ресурсов на душу населения, загрязнение окружающей среды с точки зрения возможностей биосферы ассимилировать отходы. В результате, «экологический след», приходящийся на одного человека, представляет собой сумму из 6 слагаемых: площадь пашни для выращивания потребляемых человеком зерновых, площадь пастбищ для производства продукции животноводства, площадь лесов для производства древесины и бумаги, площадь моря для производства рыбы и морепродуктов, занятая под жилье и инфраструктуру территория, площадь лесов для абсорбции выбросов CO_2, образующихся при душевом потреблении энергии. Ограничителем данного индикатора является отсутствие статистики по требуемым параметрам и различий в национальных системах расчетов. Результаты Экологический след среднего потребителя из развитых стран мира в 4 раза превышает соответствующий показатель потребителя из стран с низкими душевыми доходами. Каждый может сам

рассчитать свой экологический след на сайте Всемирного фонда дикой природы (http://www.wwf.ru/resources/footprint/calculator).



Вставка 3. Дополнительная информация

Одним из основных социальных показателей развития страны является **индекс развития человеческого потенциала** (ИРЧП), который ежегодно публикуется в докладе ООН, начиная с 1990 года. Данный интегральный показатель был разработан в 1990 г. пакистанским экономистом Махбубом эль Хаком и построен на широком определении благосостояния человека: «возможности долгой и здоровой жизни, получения образования и поддержания достойного жизненного уровня». При подсчёте ИРЧП учитываются три вида показателей: возможность долгой и здоровой жизни (измеряется показателем средней ожидаемой продолжительности жизни при рождении), получения образования (измеряется уровнем грамотности взрослого населения и охвата населения начальным, средним и высшим образованием) и поддержания достойного жизненного уровня (измеряется показателем дохода по паритету покупательной способности).

Индекс ИРЧП меньше 0,5 принято назвать «низким развитием». 30 из 32 стран с таким индексом расположены в Африке, остальные страны — Гаити и Йемен. Индекс ИРЧП выше 0,8 принято назвать «высоким развитием». Самый высокий индекс на протяжении последних 10 лет отмечен в Канаде и Норвегии, самый низкий в Нигере, Буркина-Фасо, Сьерра-Леона, Мали. В последние годы ИРЧП во всех странах мира растёт за исключением некоторых стран постсоветского пространства и африканских стран к югу

от Сахары. В России индекс человеческого развития стал падать с началом 90-х из-за резкого сокращения ВВП и повышения смертности и в 1995 году страна занимала лишь 114 место. Сейчас Россия практически восстановила свой докризисный уровень и занимает 62 место с индексом ИРЧП = 0,795. Согласно региональным подсчетам индекса в России, самый высокий показатель отмечен в 2006 году в Тюменской области (0,866), а самый низкий - в республике Тыва (0,651).

Необходимо отметить, что все рассмотренные индикаторы часто требуют специальных преобразований, исходя из специфических особенностей стран, а полученные результаты часто достаточно приблизительны из-за неполной информации. Соответственно, в практическом применении идей устойчивого развития на практике пока остается много спорных вопросов. Но изменение вектора развития человечества необходимо, поскольку в середине XXI века многие глобальные проблемы могут привести современную цивилизацию к катастрофе и аналитики расходятся только в количестве лет, отпущенных нам для принятия действенных решений.

Вставка 4. Дополнительная информация

А есть ли Земле сообщества людей, живущих в гармонии с природой? Да, есть. Так, в золотисто-рыжей выжженной солнцем пустыне Калахари на Африканском плато живет один из самых древних и замечательных народов мира – бушмены (от англ. Bushman, что означает «человек (из) кустов»). Некогда эти охотники-собиратели некогда населяли всю Южную Африку, но сейчас их осталось несколько тысяч и у этого теперь уже малочисленного народа есть то, что навсегда утратили мы, жители городов – это чувство окружающей природы.

Для этого народа обжигающие пески Калахари и дом, и охотничьи угодья. Казалось бы, как можно выжить в этих условиях: в краю палящего солнца, отсутствия воды и недостатка пищи? Ответ прост: они потрясающе приспособились благодаря уникальной способности наблюдать за тайнами пустыни и выжили там, где многие менее прозорливые погибли бы. Для добывания воды, бушмены вставляют полые палочки в глубокие горизонты почвы с оставшимися небольшими линзами влаги, а во время засухи, которая наступает в Калахари в августе-сентябре, роют ямы-колодцы глубиною до 6 метров на дне русел высохших рек, а собранную воду хранят в скорлупе страусиных яиц. Когда заканчивается вода в подземных источниках, они добывают её из дынь цамма или из

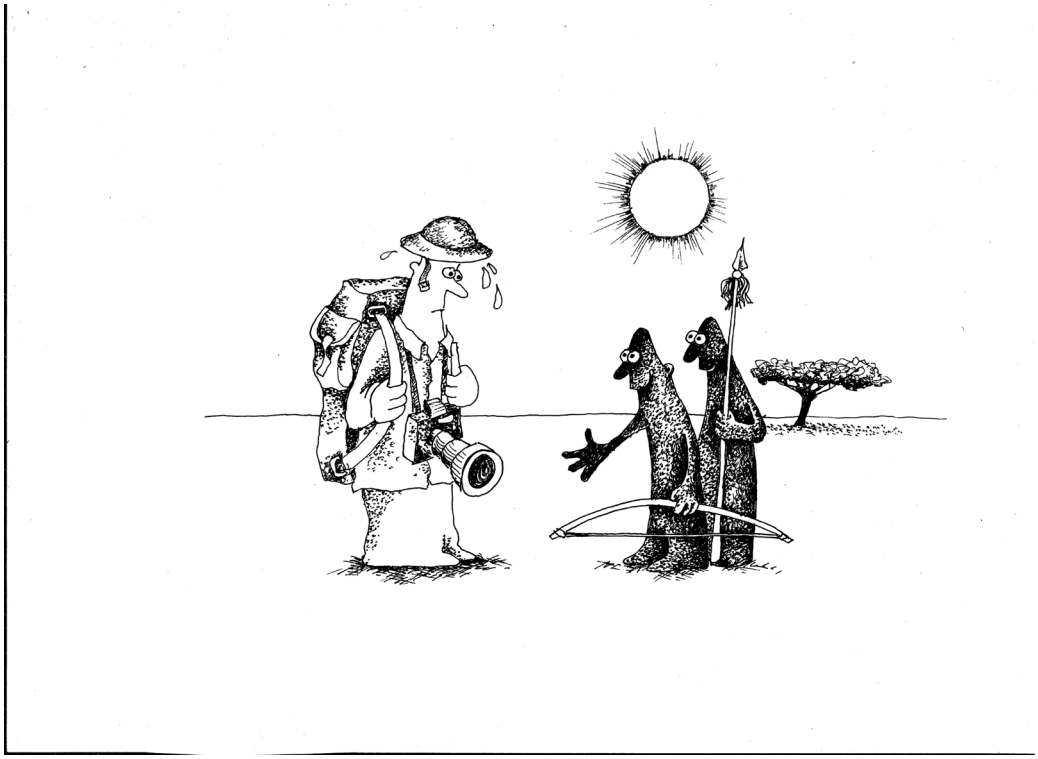
содержимого желудков антилоп.

Эти маленькие жители пустыни, рост которых около 150 сантиметров, и поэтому они часто похожи на детей, – одни из самых рьяных защитников природы, поскольку верят, что злоупотребление скудными ресурсами их местообитаний непременно может навлечь на них гнев Верховного существа. Даже маленький ребенок бушменов может отличить и назвать около 200 видов растений, а взрослые бушмены, отправляясь на охоту с луком и отравленными стрелами, никогда не добудут больше пищи, чем нужно для их выживания. Им действительно «лишнего не надо», и они действительно почти всеядны: питаются не только орехами и плодами, саранчой и гусеницами, но и «бушменским рисом» - личинками муравьев. Из растений они изготавливают лекарства и различные составы. Так, некоторые сборы трав они кидают в костер, чтобы отпугнуть львов. В их рационе есть даже кактус Худия, уникальный тем, что снимает чувство голода во время длительных переходов.

У бушменов нет понятия «моё-твое», они справедливо считают, что все, что прыгает, ползает, растет и пасется рядом с ними, принадлежит всем. Так, даже ребенок, нашедший в пустыне съедобный плод, никогда не воспользуется находкой, а принесет её домой, чтобы этот кусочек пищи был разделен поровну.

История бушменов достаточно грустна. Этот народ, тысячи лет обитавший на огромных просторах Африки, сначала с севера был вытеснен скотоводами народа банту, затем с юга – европейцами. В 19 веке от многомиллионного народа осталось несколько десятков тысяч человек, которые и поселились в Калахари, на которую никто кроме них не претендовал. И, несмотря на бушующий рядом «цивилизованный» мир, они до сих пор кочуют по пустыне, преследуя антилоп, или в поисках сочных плодов, каждый день поют хором или соло, танцуют для того, чтобы излечить тело, за помощью обращаются к кузнечику-богомолу, которого боготворят, время от времени вместе с теленком антилопы орикса сосут в молоко, во время охоты подражают движениям и крикам животных, не придают значения болезням и ранениям и во время операций без наркоза оживленно болтают, глотают яд змей и гадов для выработки иммунитета, не умеют лгать, не знают, что такое деньги. Более того, они не знают и сколько им лет: на вопрос о возрасте старик-бушмен ответил: «Я молод, как самое прекрасное желание моей души, и стар, как все несбывшиеся мечты моей жизни». И все эти неразорванные незримые нити связи с дикой природой, природную мудрость имеет народ, проживающий в палящей пустыне, где температура днем поднимается до 50^0С. Связь с природой столь велика, что когда Советский Союз в 1957 году запустил первый спутник, то европейская миссия в Калахари узнала об этом от бушменов, которым ночное небо было хорошо знакомо и они

тут же заметили появление новой звезды. В последние годы ситуация обострилась, поскольку на их последнем местообитании нашли алмазы, но это еще более грустная история…



Кроме бушменов, говорящим на койсанском языке, похожим по звуку на клёкот птиц, есть еще удивительная община людей, живущая в гармонии с окружающей средой. Это – община самых счастливых людей на земле - бишноев, живущая в знойной пустыне Тар (или Великой индийской пустыне), протягивающейся почти на 850 километров. Эту пустыню часто называют Землей Мертвых. И это не означает, что там нет жизни, это лишь свидетельствует, что жизнь в пустыне почти замерла из-за жары и недостатка влаги: температура днем может подняться до $+65^0$, а в год выпадает лишь 100 миллиметров осадков. Пустыню можно назвать рукотворной: тысячелетнее неразумное сельское хозяйство древних цивилизаций в долине Инда привело к тому, что на огромных просторах на смену некогда плодородным почвам пришли барханы и дюны.

Название общины «бишнои» которых «собрано» из двух числительных: 20-«биш» и 9-«нои». Именно столько – 29 заповедей имеет община, основной целью жизни которой является гармония с окружающей природой. Сейчас в общине живут около 600 тысяч человек, представителей разных религиозных течений: и мусульман, и брахманов, и раджпутов, которых объединила любовь к природе. Все они приняли заветы своего наставника – гуру Джамбхешвара. А история этой первой экологической религии уходит корнями в 15 век, когда 33-летний Джамбхешвар стал свидетелем многолетней засухи, во время которой люди уничтожали все живое вокруг себя: убивали диких животных и

вырубали леса для приготовления мяса. Именно тогда он и сформулировал основные заповеди, следуя которым соплеменники могут избежать своей смерти. В этих заповедях есть и всем понятные правила: «уметь прощать», «не лгать», «не воровать», а есть и вполне конкретные догмы по сохранению окружающей среды: «сочувствовать всем живым существам», «не уничтожать зеленые (то есть живые) деревья», «предоставлять состарившимся козам и овцам общее укрытие, чтобы не отправлять их на скотобойню», «не есть мяса, защищать и кормить диких животных».

Самым главной целью для себя жители общины считают сохранения всего живого около себя: в общине строго соблюдается запрет на убийство животных и вырубку деревьев. В результате, члены общины для отопления жилищ используют лишь деревья, умершие собственной смертью - засохшие или сломанные бурей. Умерших не кремируют, чтобы сохранить древесину, а хоронят в белых саванах под деревьями.

«Жизнь дерева стоит больше отрезанной головы», - цитируют бишнои первую мученицу общины Амриту Деви, которая, вместе с еще 366 соплеменниками, пожертвовала собой, чтобы защитить деревья от топоров воинов махараджи, собиравшимися срубить насаждения для строительства нового дворца. Узнав об этой трагедии махараджа принес извинения членам общины и приказал установить медную плиту с высеченным указом: «Отныне всем, даже членам королевской семьи, запрещено охотиться и рубить деревья на земле бишнои».

Самым священным местом бишнои является дюна Самратхал, на которой покоится гуру общины. Все паломники приезжают сюда с горсткой песка, чтобы увеличить дюну, защищающую от ветра посаженные деревья и препятствующую продвижению пустыни. Одним из правил бишнои является отдавать 10% полученного урожая диким животным, к которым, как и к деревьям, особое отношение. Так, если детеныш газели остается без матери, то его вскармливают из бутылочки молоком, а если он отказывается пить молоко из бутылки, то женщины-бишнои вскармливают его своей грудью. И, несмотря на то, что в провинции Раджстхан явный недостаток пресной воды, на землях общины пасутся олени и антилопы среди деревьев, которые посадили бишнои. К деревьям особое отношение: каждый член общины, чтобы противостоять наступающим пескам пустыни, должен посадить не одно-два саженца дерева, а сотни и тысячи, за каждым из которых в течение двух лет они ухаживают, ежедневно поливая и проходя для этого десятки километров.

Нам несомненно многому надо научиться у этих людей, слушающих и слышащих природу. Но все ли готовы их услышать?

Контрольные вопросы:

1. Какие глобальные проблемы общества привели к возникновению концепции устойчивого развития?
2. Что послужило толчком для развития идей нового типа взаимоотношений человека и природы?
3. Что такое устойчивое развитие?
4. Каковы основные причины неоднозначности толкования термина устойчивое развитие?
5. Что такое слабая и сильная устойчивость?
6. Какими характеристиками должна обладать система индикаторов устойчивого развития?
7. Какие индексы и индикаторы устойчивого развития используются в практике устойчивого развития?

Полезные ссылки:

Сайт Римского клуба - http://www.clubofrome.org/

Сайт ООН. Устойчивое развитие - http://www.un.org/russian/esa/sustainable

Центр устойчивого развития «Роза ветров» - http://www.sustainable-cities-net.org.ua/publicationshow.php?id=271

Общественная организация "ОСЭКО". Теория и практика образования для устойчивого развития - http://www.oseko.spb.ru

Учебно-Методический Совет по экологии и устойчивому развитию - http://www.geogr.msu.ru

Заключение

Итак, окружающий нас мир, полный загадок, - не некая слепая и могучая сила, неподвластная пониманию, а гармония, созданная многомиллионнолетней эволюцией жизни. И весь калейдоскоп жизни на планете постоянно находится в движении, живет и развивается, и каждый организм, от маленькой бактерии до огромного слона, выполняет свою работу в поддержании равновесия окружающего мира. В мире природы нет предпочтений: все важны – и сосущие кровь комары, и жгучие медузы, и волки, уничтожающие стада оленей. Мы еще не знаем ответов на миллионы загадок природы, и чем далее наука проникает в таинство мироздания, тем больше появляется новых вопросов.

Загадки и справа, и слева… Так, совсем недавно ученые открыли феномен, который назвали «стыдливостью крон». Оказывается, побеги на вершинах деревьев в тропических лесах не только не заслоняют друг друга в конкуренции за «место под солнцем» - свет, но и специально время от времени расходятся, чтобы лучи солнца дотянулись до их маленьких «собратьев», растущих поближе к земле. Вот только зрительно представьте эту картинку: деревья-великаны дождевых лесов думают о тех, кому может не достаться света. И так везде, в каждой экосистеме: за какую ниточку связей не дерни, начнет разматываться клубок, поражающий воображение.

Есть такой «закон Мерфи», как нельзя лучше поясняющий окружающий нас мир природы: «*Когда мы пытаемся вытащить что-нибудь одно, оказывается, что оно связано со всем остальным*». В учебнике мы затронули лишь некоторые глобальные экологические проблемы, мы попытались показать сложность окружающего мира, раскрыть причины тех или иных экологических процессов и их последствия. Но именно по закону Мерфи, пытаясь «вытащить» нашу планету из экологического кризиса, необходимо понимать не только глобальные экологические проблемы, но и множество более мелких. Так, мы обвиняем некоторые предприятия, не внедряющие новые экологические технологии очистки выбросов и стоков, не

вводящие систему энергосбережения, мы готовы к защите от вырубок лесов, но часто забываем спросить самих себя: «Чем конкретно я могу помочь природе?» А начать помогать можно очень легко. Просто надо начинать что-то делать. Хотя бы беречь и уважать то, что тебе даром дает природа. И платить ей тем же. И пусть вклад каждого человека невелик, но приучая себя и окружающих быть небезразличным и ответственным к природе, мы поможем сохранить удивительный, еще далекий до разгадывания, окружающий нас мир.

Литература

Акимова Т.А., В.В. Хаскин. – М. : Изд-во Российской экономической академии. 1994. – 312 с.

Арманд А.Д. Эксперимент «Гея». Проблема живой Земли. – М. : Сирин садхана, 2001. – 191 с.

Экологические проблемы: что происходит, кто виноват и что делать? Под ред. проф. В.И. Данилова-Данильяна.– М. : Изд-во МНЭПУ, 1997. – 332 с.

Абдурахманов Г.М., Криволуцкий Д.А., Мяло Е.Г., Огуреева Г.Н. Биогеография. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 480 с.

Бобылев С.Н., Ходжаев А.Ш. Экономика природопользования. – М. : Инфра-М, 2004. – 501 с.

Бондарев Л.Г. Микроэлементы – благо и зло. – М. : Знание, 1984. – 144 с.

Браун Л. Экоэкономика: как создать экономику, оберегающую планету. – М. : Изд-во «Весь Мир», 2003. – 392 с.

Введение в химию окружающей среды / Дж. Андруз, П. Бримблекумб, Т. Джикелз, П. Лисс. – М. : Мир, 1999. – 272 с.

Велек Й. Что должен знать и уметь юный защитник природы. – М. : Прогресс, 1983. – 271 с.

Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. – М. : Айрис пресс, 2004. – 576 с.

Вернадский В.И. Живое вещество. – М. : Наука, 1978. – 190 с.

Вернадский В.И. Размышления натуралиста. Пространство и время в неживой и живой природе. – М.: Наука, 1975. – 173 с.

Воронков Н.А. Общая экология. – М. : Агар, 2000. – 424 с.

Гайдар Е.Т. Гибель империи. Уроки для современной России. – М. : Российская политическая энциклопедия, 2006. – 440 с.

Глазовский Н.Ф. Избранные труды. Т. 1. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 535 с.

Голубев Г.Н. Геоэкология. – М. : Геос, 1999. – 338 с.

Голубчиков Ю.Н. География человека. – М. : Изд-во УРСС, 2003. – 295 с.

Горшков В.Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни. – М. : Изд-во ВИНИТИ, 1995. – 472 с.

Давиденко И.В., Кеслер Я.А. Ресурсы цивилизации. – М. : Эксмо, 2005. – 544 с.

Данилов-Данильян В.И., Лосев К.С., Рейф И.Е. Перед главным вызовом цивилизации. Взгляд из России. – М. : Инфра-М, 2005. – 224 с.

Дорст Ж. До того, как умрет природа. – М. : Прогресс, 1968. – 415 с.

Дювиньо П., Танг М.Биосфера и место в ней человека (экологические системы и биосфера). – М. : Прогресс, 1973. – 267 с.

Заварзин Г.А. Лекции по природоведческой микробиологии. – М. : Наука, 2003. – 348 с.

Исаев А.А. Экологическая климатология. – М. : Научный мир, 2001. – 458 с.

Колесников С.И. Экология. – М. : Дашков и К, 2006. – 384 с.

Коммонер Б. Замыкающийся круг. Природа, человек, технология. – Л. : Гидрометеоиздат, 1974. – 280 с.

Кузина И.М., Наумов А.С. Агрогеография мира – М. : Изд-во МГУ, 2004. – 127 с.

Лавёров Н. П. Актуальные проблемы океанологии. – М. : Наука, 2003. – 635 с.

Лотош В.Е. Экономика природопользования. Екатеринбург : Полиграфист, 2007. – 449 с.

Макфедьен Э. Экология животных: Цели и методы. – М. : Мир, 1965. – 376 с.

Маргалеф Р. Облик биосферы. – М. : Наука, 1992. – 214 с.

Медоуз Д., Рандерс Й. , Медоуз Д. Пределы роста. 30 лет спустя. – М. : Академкнига, 2007. – 342 с.

Миллер Т. Жизнь в окружающей среде. 1 т. – М. : Пангея, 1993. – 253 с.

Миллер Т. Жизнь в окружающей среде . 2 т. – М. : Пангея, 1994. – 335 с.

Михайлов В.Н. Гидрология / В.Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов. – М. : Высшая школа, 2005. – 463 с.

Николайкин Н.И., Николайкина Н.Е., Мелехова О.П. Экология. – М. : Дрофа, 2006. – 622 с.
Новиков Г.А. Очерки истории экологии животных. – М. : Наука, 1980. – 287 с.
Небел Б. Наука об окружающей среде: в 2 т. – М. : Мир, 1993. – Т. 1. – 420 с., Т. 2. – 329 с.
Одум Ю. Экология: в 2 т. – М. : Мир, 1986. – Т. 1 – 328 с., Т. 2. – 376 с.
Основы экономики природопользования. Под ред. В.Н. Холиной. – С-Пб. : Издательский дом «Питер», 2005. – 672 с.
Перельман А.И. , Касимов Н.С.Геохимия ландшафта. – М. : Астрея-2000, 1999. – 768 с.
Переход к устойчивому развитию: глобальный, региональный и локальный уровни. Зарубежный опыт и проблемы России. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2002. – 444 с.
Петров Г.М. Геоэкология. – С-Пб. : Изд-во СПбГУ, 2004. – 274 с.
Печчеи А. Человеческие качества. – М. : Прогресс, 1980. – 312 с.
Планета Земля: будущее. – СПб. : Амфора, 2008. – 319 с.
Почвоведение. Ч. 1. Почва и почвообразование / Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. – М. : Высшая школа, 1988. – 400 с.
Почвы, биогеохимические циклы и биосфера. Развитие идей В.А. Ковды. К 100-летию со дня рождения. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2004. – 403 с.
Примак Р. Основы сохранения биоразнообразия. – М. : Изд-во Научного и учебно-методического центра, 2002. – 256 с.
Природопользование и устойчивое развитие. Мировые экосистемы и проблемы России. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2006. – 448 с.
Работнов Т.А. История фитоценологии. – М. : Аргус, 1995. – 158 с.
Рейвн П., Эверт Р., Айкхорн С. Современная ботаника: в 2 т. М. : Мир, 1990. Т.1 – 348 с., Т.2. – 344 с.
Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. – М. : Россия молодая, 1992. – 365 с.

Реймерс Н.Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы и гипотезы. – М. : Россия молодая, 1994. – 366 с.

Римский клуб: История создания, избранные доклады и выступления, официальные материалы (The club of Rome) / Под ред. Д.М. Гвишиани – М. : Изд-во УРСС, 1997. – 377 с.

Рифкин Д. Если нефти больше нет. – М. : Секрет фирмы, 2006. – 416 с.

Скиннер Б. Хватит ли человечеству земных ресурсов. – М. : Мир, 1989. – 262 с.

Тейяр де Шарден П. Феномен человека. – М. : Устойчивый мир, 2001. – 232 с.

Трифонова Т.А., Селиванова Н.В., Мищенко Н.В. Прикладная экология. – М. : Академический проект; Традиция, 2005. – 384 с.

Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. – М. : Прогресс, 1980. – 328 с.

Устойчивое развитие сельского хозяйства и сельских территорий: зарубежный опыт и проблемы России. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2005. – 617 с.

Фарб П. Популярная экология. – М. : Мир, 1971. – 188 с.

Флоренский К.П. Биосфера глазами натуралиста // Природа. – 1988. – №2. – С. 52–58.

Хромов С.П. Метеорология и климатология / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. – М. : Изд-во МГУ, 2006. – 582 с.