

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ
«ИНГУШСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

КАФЕДРА БИОЛОГИИ

Направление подготовки 06.04.01 «Биология»

Курс лекций

по дисциплине

УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

**Автор - составитель: к.б.н профессор кафедры биологии
Точиев Т.Ю.**

Лекция 1

- **Экология как фундаментальная биологическая наука.**
- **Объект, предмет изучения. Понятие биосферы.**
- **Учение Вернадского о биосфере.**
- **Основные структуры биосферы.**

Каждый человек в наши дни имеет какое-то представление об экологии. Само понятие «экология» используется сегодня при обсуждении различных объектов природной и социальной действительности. Говорят об экологии растений и животных, об экологии человека и общества, об экологии города и культуры, употребляют даже словосочетания «плохая экология» или «хорошая экология». Об экологии говорят тогда, когда хотят обратить внимание на условия существования и развития чего-нибудь. Так, в круг экологических проблем входят причины и следствия исчезновения отдельных видов растений и животных, загрязнения природной среды, ухудшения качества жизни людей и т.д. Однако понятие «экология» не сразу приобрело такой универсальный смысл. Генри Дэвид Торо 1858 г впервые употребляет термин экология как "природоведение" в своей книге «Жизнь в лесу» об идеальном существовании человека в ненарушенных природных условиях. Немецкий биолог Эрнст Геккель 1866 г предложил термин экология ("ойкос"- дом, и "логос"- наука) как наука о доме, о хозяйствовании в нем. Сегодня классическая экология – это биологическая наука, изучающая организацию и функционирование надорганизменных систем различных уровней: популяций, биоценозов (сообществ), экосистем и биосферы.

Экологию определяют также как науку, исследующую закономерности жизнедеятельности организмов (в любых ее проявлениях, на всех уровнях интеграции) в их естественной среде обитания, с учетом изменений, вносимых в среду деятельностью человека. В зависимости от объекта исследования и угла зрения, под которым он изучается, в экологии сформировались самостоятельные научные направления. По размерности объектов изучения экологию делят на аутэкологию (организм и его среда), популяционную экологию (популяция и ее среда), синэкологию (сообщества и их среда), биогеоцитологию (учение об экосистемах) и глобальную

экологию (учение о биосфере Земли). В зависимости от объекта изучения экологию подразделяют на экологию микроорганизмов, грибов, растений, животных, человека, агроэкологию, промышленную (инженерную), экологию человека и т.п. Классификация экологии по «средам» исследования: водная, почвенная, воздушная и т.д. Среда обитания организма – это та часть природы, которая окружает живой организм и с которым он непосредственно взаимодействует. Живые организмы на планете освоили следующие среды обитания: водную, наземную, воздушную и организменную. Объектом исследования экологии являются биологические макросистемы (популяции, биоценозы, экосистемы), предметом - 2 взаимодействия и взаимосвязи живых организмов между собой и с окружающей средой. В задачи экологии входит: 1. исследование закономерностей организации жизни, в том числе в связи с антропогенным воздействием на природные системы и биосферу в целом, 2. создание научной основы эксплуатации биологических ресурсов, прогноз изменений природы под влиянием деятельности человека и управления процессами, протекающими в биосфере, сохранение среды обитания человека, 3. регуляция численности живых организмов, 4. экологическая индикация, индикация состояния и загрязнения природных сред. Учение о биосфере Земли – одно из крупнейших и наиболее интересных обобщений современного естествознания. Оно является научной основой для исследования природных объектов и комплексного подхода при организации современного производства. Землю нередко сравнивают с космическим кораблем, а человека – с пассажиром. В бескрайних просторах космоса, в известной части Вселенной, только одна Земля – планета жизни. И только на ней могут жить люди. Системой жизнеобеспечения для них является биосфера. Биосфера (греч. «биос» - жизнь, «сфера» - шар) – это оболочка Земли, в которой развивается жизнь разнообразных организмов, населяющих поверхность суши, почву, нижние слои атмосферы, гидросферу. Владимир Иванович Вернадский (1863-1945) впервые понял и научно обосновал единство человека и биосферы. В.И. Вернадский – крупный отечественный ученый, минералог и кристаллограф, один из основоположников геохимии и биогеохимии. Концепция биосферы, которую мы принимаем сейчас, в основном опирается на идеи В.И.Вернадского. Классический труд В.И.Вернадского «Биосфера» опубликован в 1926 году. В.И.Вернадский дал несколько определений биосферы, везде подчеркивая две ее отличительные особенности. Первая: «Биосфера представляет оболочку жизни - область существования живого вещества». Вторая: «Биосфера может быть рассматриваема как область земной коры, занятая трансформаторами,

переводящими космическое излучение в действенную земную энергию - электрическую, химическую, механическую, тепловую и т.д.» По В.И.Вернадскому, биосфера представляет собой уникальную геологическую оболочку земного шара, глобальную систему Земли, в которой геохимические и энергетические превращения определяются суммарной активностью живых организмов. Тесная связь биотической (живой) и абиотической (неживой) составляющих экосистемы является главным принципом выделения ее как целостного образования. Ключевыми разделами науки о биосфере являются представления о круговоротах вещества и потоках энергии. 3 Биосфера включает в себя: Живое вещество – это вся совокупность живых организмов на планете (растения, животные, микроорганизмы); Живое вещество по своей массе занимает ничтожную долю по сравнению с любой из верхних оболочек земного шара. По современным оценкам, общее количество массы живого вещества в наше время равно 2420 млрд. тонн. Косное вещество - это совокупность тех веществ, в образовании которых живые организмы не участвуют, например, изверженные горные породы. Биогенное вещество – это органо-минеральные или органические продукты, созданные и переработанные живыми организмами (торф, каменный уголь, нефть, известняки). Это источник чрезвычайно мощной потенциальной энергии. После образования биогенного вещества живые организмы в нем малодейтельны. Особой категорией является биокосное вещество. Оно создается в биосфере живыми организмами вместе с косными (неживыми) процессами (водой, атмосферой, горными породами). Организмы в биокосном веществе играют ведущую роль. Биокосное вещество планеты - это почва. Следовательно, биосфера – это та область Земли, которая охвачена влиянием живого вещества. Жизнь на Земле - самый выдающийся процесс на ее поверхности, получающий живительную энергию Солнца и вводящий в движение едва ли не все химические элементы таблицы Менделеева. Все компоненты биосферы тесно взаимодействуют между собой, составляя целостную, сложно организованную систему, развивающуюся по своим внутренним законам и под действием внешних сил, в том числе космических (солнечного излучения, гравитационных и магнитных полей Солнца, Луны и других небесных тел). Развитие безжизненной геосферы, т.е. оболочки, образованной веществом Земли, происходило на ранних стадиях существования нашей планеты, миллиарды лет назад.

Изменения облика Земли были связаны с геологическими процессами, происходящими в земной коре, на поверхности и в глубинных слоях планеты, и находили проявление в извержениях вулканов, землетрясениях, подвижках земной коры, горообразовании. Такие процессы происходят и сейчас на безжизненных планетах Солнечной системы и их спутниках – Марсе, Венере, Луне.

С возникновением жизни сначала медленно и слабо, затем все быстрее и значительнее стало проявляться влияние живой материи на геологические процессы Земли. Деятельность живого вещества, проникшего во все уголки планеты, привела к возникновению нового образования – биосферы – единой системы геологических и биологических тел и процессов преобразования энергии и вещества. Эти преобразования изменили облик и эволюцию Земли. В результате процесса фотосинтеза, деятельности зеленых растений образовался современный состав атмосферы, в ней появился кислород. На активность фотосинтеза существенно влияет концентрация углекислого газа в атмосфере, наличие влаги и тепла. Установившиеся за миллионы лет круговороты энергии и веществ в биосфере само поддерживаются в глобальных масштабах, хотя локальные (местные) изменения структуры и особенностей отдельных экосистем, составляющих биосферу, могут быть значительными. Еще на ранних этапах эволюции живое вещество распространилось по безжизненным пространствам планеты, занимаемая доступные для жизни места. А в древние времена различные жизненные формы и виды растений, животных и микроорганизмы, грибы заняли всю планету. Живое органическое вещество можно найти и в глубинах океана, и на вершинах высоких гор, и во льдах, и горячих источниках. Такую способность к распространению живого вещества В.И. Вернадский назвал «всюдностью» жизни. Вершиной эволюции живого на Земле явился человек, который как биологический вид приобрел не только сознание, но и способность изготавливать и использовать в своей жизни орудия труда. С их помощью человечество стало создавать искусственную среду своего обитания (поселения, жилища, одежду, продукты питания, машины и многое другое). С этих пор эволюция биосферы вступила в новую фазу, где человеческий фактор стал мощной природной движущей силой. Устойчивость биосферы обеспечивается многообразием форм жизни и многофункциональностью живых существ, которые поддерживают круговорот веществ и энергии. Человечество является неотъемлемой частью биосферы и не может не зависеть от нее «ни на одну минуту».

Биосфера Земли представляет собой глобальную открытую систему со своим «входом» и «выходом». Ее «вход» - это поток солнечной энергии,

поступающий из космоса, «выход» - выход в «геологию». Планета Земля характеризуется наличием трех поверхностных геосфер – гидросферы, литосферы, атмосферы (рис. 1). Нижняя граница биосферы опускается на 2-3 км от поверхности на суше и на 1-2 км ниже дна океана. Верхней границей биосферы служит защитный озоновый слой, выше которого УФ излучение исключает существование жизни. Общая протяженность биосферы по вертикали составляет 33-35 км. Рисунок 1– строение биосферы В пределах биосферы выделяется биогеосфера – «пленка жизни», своеобразная оболочка земного шара, где сконцентрировано практически все живое вещество. Она располагается на границе поверхностного слоя земной коры с атмосферой и в верхней части водной оболочки Земли Толщина биогеосферы колеблется от нескольких метров в степях и пустынях и до сотен метров в горах и морях. Гидросфера – водная оболочка Земли, она включает в себя совокупность поверхностных вод, а также воду, находящуюся в пределах литосферы и атмосферы. Гидросфера представлена океанами, морями, озерами, реками и искусственными водоемами. Наибольшая глубина в западной части Тихого океана достигает 11.5 км (Филиппинская впадина). Основная часть поверхностных вод заключена в Мировом океане, который занимает 71% поверхности земного шара и включает примерно 96% общего запаса свободной воды. Океанические воды содержат значительное количество солей. Средняя соленость океанической воды 3,5% или 35 г/л. Доля пресных вод составляет 2,5%, однако 70% этой воды сосредоточено в ледниковых покровах. В верхней части земной коры находятся обширные запасы подземных вод. Пресные воды залегают до глубины 150-200 м, ниже они переходят в солоноватые. Подземные воды включают в себя также лед в толще многолетней мерзлоты. Вода в атмосфере – это главным образом водяной пар и его конденсат (капельки воды и ледяные кристаллы). Поверхностные воды по вертикали делятся на три зоны. Верхняя зона – эфотическая, определяется глубиной проникновения 1 % солнечного света падающего на поверхность водоема. Этого света достаточно для фотосинтеза, который возможен в океане на глубинах до 100 м. В эфотической зоне живут фотосинтезирующие организмы. Нижняя зона – афотическая. В эту зону свет не проникает, здесь живут живые организмы, использующие готовые органические вещества, синтезированные организмами эфотической зоны. Между ними располагается дисфотическая зона. Здесь обитают некоторые формы

красных сине-зеленых водорослей. В глубоких впадинах, заполненных сероводородом, обитают особые бактерии, использующие сероводород – хемосинтезирующие организмы. Общая роль хемосинтетиков велика. Ими синтезируется до 1-2 % первичной продукции. Литосфера – «каменная оболочка» Земли представляет собой верхнюю часть земной коры. В контексте биосферы под литосферой обычно понимают только поверхностную ее часть - почву. Поэтому иногда употребляют термин педосфера - почвенная оболочка земной коры. Литосфера является важнейшим ресурсом для человечества: содержит топливно-энергетическое сырье, рудные и нерудные полезные ископаемые, естественные строительные материалы. Поверхность Земли обладает значительной неоднородностью по высоте: от 8848 м над уровнем моря (Эверест, г. Джомолунгма) до 11034 м (Филиппинская впадина).

6 Жизнь в литосфере концентрируется только в поверхностном слое земной коры, в основном в почве. Почва – это верхние наружные уровни горных пород, измененные под влиянием воды, воздуха и деятельности живых организмов. В.И. Вернадский характеризовал почву как смесь остатков живых организмов и косных (неорганических) веществ. Продукты жизнедеятельности и разрушения организмов, главным образом растений, частично накапливаются на поверхности почвы (сухие листья, ветки), частично на некоторых глубинах (например, отмершие корни). Процесс разложения органических веществ происходит с помощью различных микроорганизмов, грибов и разнообразных почвенных животных – редуцентов. Соотношение трех фаз в почве – твердых минеральных веществ, жидкости и воды – определяет основные физические свойства почвы как среды обитания живых организмов. Химические свойства почвы сильно зависят от наличия органических веществ. Атмосфера – газовая оболочка Земли существенно отличается от всех известных науке газовых оболочек других небесных тел. Ее масса около $5.9 \cdot 10^{15}$ т. Она состоит из нескольких сфер – тропосферы, стратосферы, мезосферы, ионосферы (термосфера), экзосфера (рис. 2).

Рисунок 2– структура атмосферы

7 Тропосфера – это область, где наиболее интенсивно протекают тепловые процессы. Тепловая энергия в основном подводится снизу от поверхности земли и океана. Физические процессы, протекающие в тропосфере, оказывают глубокое влияние на климат планеты, на процессы поглощения солнечной радиации, на круговорот воды, связанный с образованием облаков и выпадением осадков. Толщина тропосферы составляет от 7 до 12 км, на ее долю приходится $\frac{3}{4}$ всей земной атмосферы. Стратосфера находится выше тропосферы. Ее протяженность составляет 40 км. В пределах стратосферы расположен озоновый слой.

Толщина озонового слоя оценивается в 8-10 км. Озоновый слой интенсивно поглощает УФ лучи, что обуславливает повышение температуры в этой зоне атмосферы. Мощность озонового слоя ничтожно мала. Если собрать все его молекулы и опустить их к поверхности планеты, то толщина озонового слоя или экрана составит 3 мм. Мезосфера. Количество озона в ней уменьшается, средняя температура там значительно ниже. На высоте 80 км она равна – 70 оС. Ионосфера или термосфера. Слой атмосферы над мезосферой от высот 80-90 км, температура в котором растет до высот 200-300 км. Экзосфера наиболее удалена от Земли, в ней еще обнаруживаются газы атмосферы, находящиеся в атомарном состоянии. Силы притяжения Земли здесь уже недостаточны для удержания материальных частиц, которые рассеиваются в космическом пространстве. Химический состав воздуха до высоты 100 км остается практически постоянным: азот -78.09 %, кислород – 20,94 %, аргон – 0,93 %, диоксид углерода – 0,03 %, остальные газы – в микроколичествах. Атмосфера, гидросфера и литосфера тесно взаимодействуют между собой. Практически все поверхностные экзогенные геологические процессы обусловлены этим взаимодействием и проходят, как правило, в биосфере.

Лекция № 2

Живое вещество биосферы

Занимаясь изучением распределения химических элементов по поверхности планеты, В.И.Вернадский пришел к выводу, что нет практически ни одного элемента из таблицы Д.И.Менделеева, который не включался в живое вещество. Ученый сформулировал три биогеохимических принципа, которые соотносил с понятием существования живого вещества. Живые организмы являются геологической силой, преобразующей биосферу. Они обеспечивают обмен энергией в системах, благодаря чему биосфера существует и обращена к гомеостазу. Все процессы происходят за счет энергии активности всех веществ. К живому веществу относятся: бактерии, микроорганизмы, растения, грибы, животные, не входящие в состав сообществ и в то же время являющиеся их компонентами или образующие системы сообществ, которые формируют биосферу. 14 В.И.Вернадский выделил типы веществ, слагающих биосферу. К ним относятся: живое вещество, косное вещество, биокосное, биогенное, радиоактивное, вещество рассеянных атомов. Биосфера выполняет

энергетическую, газовую, окислительно-восстановительную, концентрационную (рассеивающую), деструктивную, транспортную, средообразующую (регулирующую) и информационную функции. В природных системах, в отличие от антропогенных, не происходит чрезмерного изъятия вещества и энергии (закон сохранения (бережливости)). Отличие живого вещества от косного В.И.Вернадский усматривал в том, что изменения и процессы в живом веществе происходят значительно быстрее, чем в косных телах; только в живом веществе происходят качественные изменения организмов в ходе геологического времени. Живая материя отличается способностью к размножению, наследованию генетических и фенотических признаков, к мутациям, а также к образованию новых видов. В.И.Вернадский высказывает предположение, что живое вещество, возможно, претерпевает собственную эволюцию в ходе геологического времени, вне зависимости от изменения среды. Биоразнообразие, обеспечивая обмен вещества со средой, является основным условием существования биосферы, т.е. устойчивое состояние (сущность жизни) возможно лишь при многообразии ее форм, специфика обмена которых обеспечивает последовательное использование выделяемых в среду продуктов метаболизма, формирующее генеральный биогенный круговорот веществ. Биосфера как сумма взаимодействующих живых организмов на Земле стабилизирует их численность, а если требуется, то и сократит ее до приемлемого для остальных уровня. Биологи знают многое о том, как биосфера «осаживает» чрезмерно размножившийся вид. Подобные воздействующие факторы делят на две группы. В первую группу объединяют первичные, или ультимативные факторы среды. К ним относятся биологические (пища, конкуренты, паразиты, хищники, загрязнения) и небиологические (газовый состав атмосферы, осадки, климат и т.п.) факторы. Действие ультимативных факторов — прямое и беспощадное. Во вторую группу объединяют вторичные, или сигнальные, факторы, косвенно указывающие виду на избыточность его численности. Если вид имеет генетические программы слежения за изменением сигнальных факторов, заранее сообщающих, например, о возросшей плотности особей или о снижении биологической емкости среды обитания, он имеет возможность заблаговременно, до удара ультимативными факторами, стабилизировать свою численность или начать ее сокращать. В то время как контроль первичными факторами неизбежен для любого вида, предупреждающим сигналом вторичных факторов могут воспользоваться только те виды, у которых естественный отбор выработал специальные механизмы реагирования на них. Эти механизмы проявляются на популяционном

уровне, а на индивидуальном уровне они не действуют. В своем главном труде В.И.Вернадский обосновал несколько идей, которые в той или иной мере связаны с живым веществом биосферы. 1. Глобальные изменения Земли — это геохимические и энергетические превращения, которые определяются энергетической активностью всех живых организмов — живого вещества. Биосфера — не просто пространство, в котором обитают живые организмы. Ее состояние, определяющееся деятельностью живых организмов, представляет собой результат их энергетических преобразований и химической активности в настоящем и прошлом. 2. В.И.Вернадский не только конкретизировал и очертил границы жизни в биосфере, но и всесторонне раскрыл роль живых организмов в процессе планетарного масштаба. Образование биосферы обеспечивается совокупностью факторов: силой земного притяжения, силой космического излучения, количеством кислорода и углекислого газа (их соотношением), температурой, интенсивностью коротких ультрафиолетовых лучей. 3. В.И.Вернадский считал, что надо исследовать не только внутреннюю структуру живого вещества, его составные части, но и более крупные структуры: биосферу, взаимодействующие сферы Земли и земную кору — область былых биосфер, великую каменную летопись геологической истории, хранилище информации о прошлом земли, об истории жизни. 4. В своих работах Вернадский не ограничился общим описанием биосферы и выяснением ее общих закономерностей. Он показал место биосферы в системе других геосфер планеты. 16 5. Вернадский связал учение о биосфере с деятельностью человека, не только геологической, но и вообще с многообразными проявлениями бытия личности и жизни человеческого общества. Таким образом, В.И.Вернадским была обоснована роль живых организмов как основной функции биосферы. Он является сторонником теории, согласно которой примерно 3,5—4 млрд. лет тому назад, после остывания отдельных участков поверхности земли в местах их соприкосновения с пространством Вселенной, на фоне активных физико-химических процессов зародилась жизнь. Только водная среда, обладающая специфическими качествами: буферностью и пластичностью, смогла стать колыбелью и плотью будущих организмов, сохранивших сквозь тысячелетия ее изначальные свойства. Физико-химический, космический контакт Земли с Вселенной постепенно начинал преобразовываться в биокосный, на первом этапе

не структурированный. Практически полное преобладание и единство водного пространства Земли, и безусловное единство атмосферы способствовали быстрому распространению жизненных форм. Момент, когда все три оболочки Земли оказались задействованы в жизненных процессах и приобрели организованность и структуру, стремящуюся сохранить и развить живое, можно считать моментом образования особой геологической оболочки — биосферы, обеспечивающей активный информационно-энергетический контакт планеты с иными структурами Вселенной. В последующие геологические периоды шли процессы планетарной организации жизни — дифференциация, структурирование и стабилизация основных компонентов биосферы с постепенным расширением границ жизни и усилением роли живого. В процессе эволюции биосферы определились следующие ее черты: – наличие особой формы организации материи — живого вещества; – устойчивое динамичное равновесие и упорядоченность (организованность) структуры; – активное однонаправленное использование внешнего источника энергии — солнечного излучения; 17 – активное использование воды как основного субстрата и основного компонента живых организмов; – негомогенное и недисперсное состояние веществ, находящихся в твердом, жидком и газообразном состоянии с наличием поверхности раздела между ними; – биогенная миграция (круговорот) основных химических элементов; – повсеместное распространение и задействование углерода; – узкий диапазон колебаний основных физических параметров, обеспечивающий жизнедеятельность и сохранность белковых форм. Биосферу, в соответствии с законом незаменимости (биосферы), нельзя заменить ничем иным, так как она для всех существующих ныне видов на Земле — единственная среда обитания. Особое внимание В.И.Вернадский уделял разработке представлений о живом веществе. Живое вещество — продукт биосферы и ее главный компонент. Жизнь на Земле — самый выдающийся процесс на ее поверхности, происходящий за счет живительной энергии Солнца и химических преобразований. Биосфера есть часть земного пространства, охваченного жизнью с ее активным химическим проявлением. В соответствии со своими требованиями к условиям внешней среды организмы расселяются в верхних горизонтах Земли: в нижней атмосфере, в гидросфере, в почвах, в глубинах литосферы, пропитанных природными водами, в нефтяных месторождениях. Все живое вещество по своей массе занимает ничтожную долю по сравнению с любой из верхних оболочек земного шара. По современным вероятностным оценкам, общее количество массы живого вещества в современную эпоху составляет порядка 2 420 млрд. т. Эту величину можно сравнить с массой оболочек Земли, в той

или иной степени охваченных биосферой. Таблица 2 Сравнение оболочек Земли № п/п Оболочки Земли Масса, т Отношение к массе живого вещества

№	п/п	Оболочки Земли	Масса, т	Отношение к массе живого вещества
1	Живое вещество		$2,4 \cdot 10^{12}$	1
2	Атмосфера		$5,15 \cdot 10^{15}$	2146
3	Гидросфера		$1,5 \cdot 10^{18}$	602500
4	Земная кора		$2,8 \cdot 10^{19}$	1670000

18 Таким образом, все живое вещество нашей планеты составляет $\approx 1/10\ 000\ 000$ часть массы земной коры. Однако в качественном отношении живое вещество представляет собой наиболее высокоорганизованную часть материи Земли. Оценка примерного химического состава живого вещества была произведена А.П.Виноградовым. Средний элементарный состав живого вещества отличается от состава земной коры высоким содержанием углерода. По содержанию других элементов организмы не повторяют состава среды своего обитания. Они избирательно поглощают элементы, необходимые для построения их тканей. В процессе жизнедеятельности организмы используют наиболее доступные атомы, способные к образованию устойчивых химических связей. Атомы углерода имеют способность создавать длинные цепи соединений с другими атомами, что приводит к построению бесчисленных полимеров и других сложных органических высокомолекулярных соединений. При великом разнообразии размеров, морфологии и физиологии живых организмов, общим для всех условием существования является обмен веществ со средой обитания. В силу того, что организмы поглощают химические элементы селективно, в соответствии с физиологическими потребностями, в окружающей среде происходит биогенная дифференциация элементов. Не менее существенное значение имеет геохимия метаболизма. Газообразные метаболиты, поступая в газовую оболочку, постепенно изменяют ее состав. Жидкие метаболиты и продукты отмирания влияют на кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия природных вод, которые закономерно преобразуют верхнюю часть литосферы, извлекают из нее определенные химические элементы, вовлекают их в водную миграцию и в конечном итоге способствуют формированию химического состава Мирового океана и осадочных горных пород. Индивидуальный организм смертен, но жизнь в форме продолжающихся поколений бесконечна. Учение о живом веществе — одна из точек соприкосновения естествознания и философии. В феномене живого вещества много неясного и загадочного. Образование живого только из живого не получило пока научного

объяснения и дает основание рассматривать жизнь не только как земное, но и как космическое явление. 19 В.И.Вернадский определяет несколько свойств живых организмов: 1) Живые организмы характеризуются клеточным строением. Каждая клетка представляет сложную природную систему, которая обладает относительной самостоятельностью. 2) Живые организмы являются аккумуляторами и трансформаторами солнечной энергии — создают запасы солнечной энергии в биосфере. 3) Живые организмы содержат вещества, которые не встречаются в минеральном царстве. Протоплазма состоит из комплекса углеводов, липидов, белков, нуклеиновых кислот и воды, не встречающихся в минералах. 4) Разнообразие живых организмов, выражаемое в существовании многочисленных их видов, определяется сочетанием относительно небольшого числа биологических молекул и биохимических реакций. Одни и те же атомные структуры существуют во всех организмах, но в разных комбинациях. 5) Биохимические процессы в клетках живых организмов происходят с участием органических катализаторов — ферментов и протекают с большой скоростью, что конкретно выражается в скорости роста и размножения организмов и, в конце концов, их геохимической деятельности. 6) В организмах происходят сложные превращения энергии в условиях относительно постоянных температур. Преобразование энергии в живых организмах включает процессы ее накопления в форме высокоэнергетических соединений. Любой организм с термодинамической точки зрения является открытой системой и подчиняется законам физики и химии. Получаемая извне энергия компенсируется внутренними расходами. Элементарные акты превращения энергии совершаются на молекулярном уровне. 7) Живые организмы способны к размножению. Скорость их размножения резко различна и зависит от массы. Мелкие организмы размножаются быстрее крупных. Проявляется общая закономерность — скорость размножения организмов обратно пропорциональна их размерам (массе). 8) Живые организмы способны к изменчивости, при этом основной причиной возникновения новых признаков являются мутации. Наиболее действенной причиной мутаций являются излучения радиоактивных веществ и рентгеновские лучи. 9) Организмы имеют способность приспосабливаться к условиям внешней среды путем естественного отбора. Этот процесс совершается на уровне популяций и содействует формированию новых видов. 10) К важнейшим свойствам живых организмов относится способность к концентрационной функции. 11) Живое вещество контролирует все основные химические превращения в биосфере. Оно в основном состоит из элементов, образующих газообразные и растворимые соединения. Масса живых организмов

формируется 14-тью элементами (99,9%), которые преобладают и в земной коре, составляя 98,9%, хотя и в других соотношениях. Таким образом, жизнь — это химическое производное земной коры. В.И.Вернадский подчеркивал, что живое вещество — самая активная форма материи во Вселенной. Оно производит гигантскую геохимическую работу в биосфере, полностью преобразовав верхние оболочки Земли за время своего существования.

Лекция № 3

Возникновение и эволюция биосферы. Место антропогенеза в эволюционной истории биосферы

Эволюцию биосферы изучает раздел экологии, который называется эволюционной экологией. В изучении эволюции одним из важнейших направлений является изучение форм жизни от клетки без ядра до сложного многоклеточного организма. В свое время Л.Пастер выделил фактор накопления кислорода в атмосфере как решающий для эволюции биосферы. Геологическая эволюция создавала, несомненно, определенные условия для биологической эволюции. Доказано, что водород в свободном состоянии является основным, базовым элементом вселенной. Согласно этим представлениям, Солнце на 98% состоит из водорода, а Земля образовалась из солнечного вещества. Содержание водорода на этапе формирования Земли должно было быть очень высоким, он должен рассматриваться как один из базовых элементов химической эволюции Земли. Другие элементы химической эволюции Земли — С, О, N₂, — не могли образоваться в результате последующих реакций термоядерных превращений водорода в центральной зоне формирующейся Земли. По мере накопления вторичных элементов, согласно законам термодинамики, на поверхности железосодержащих включений индуцировались реакции химического взаимодействия первичного вещества — водорода — с его производными С, О. 23 Современная биосфера, согласно учению о биосфере В.И.Вернадского, возникла не сразу, а в результате длительной эволюции, в процессе постоянного взаимодействия абиотических и биотических факторов. Древнейшая биосфера возникла в гидросфере, существовала в ее пределах и носила гетеротрофный характер. Экспансия и «давление» отбора, обусловленные еще и скудностью пищи, в конечном итоге привели к возникновению фотосинтеза (около 3,5 млрд. лет назад). Осуществление созидательной и преобразующей роли живого

вещества стало возможным с появлением в биосфере фотосинтезирующих автотрофов — цианобактерий и сине-зеленых водорослей (прокариотов), а затем и настоящих водорослей. Произошел переход восстановительной атмосферы в кислородную, что способствовало развитию эукариотических организмов и появлению многоклеточных около 1,4 млрд. лет назад. Деятельность этих организмов привела к накоплению в биосфере свободного кислорода в современном количестве. Примерно 600 млн. лет назад содержание кислорода в атмосфере достигло 0,6%, а затем произошел новый эволюционный взрыв — появление новых форм жизни: губки, кораллы, черви, моллюски. К середине палеозоя содержание кислорода впервые стало близко к современному, и к этому времени жизнь не только заполнила все моря, но и вышла на сушу. Растительный покров, достаточное количество кислорода и питательных веществ в дальнейшем привели к возникновению таких крупных животных, как динозавры, млекопитающие и, наконец, человека. Существует гипотеза распространения цианобактерий в Солнечной системе, которую, по-видимому, только дальнейшие исследования марсианских пород смогут подтвердить или опровергнуть. Но, несмотря на обилие автотрофов, в конце палеозоя, примерно 300 млн. лет назад, произошло падение содержания кислорода в атмосфере до 5% от современного уровня и повышение содержания углекислого газа. Это привело к изменению климата, снижению интенсивности процессов размножения и, как следствие, к бурному накоплению массы отмерших органических веществ, что создало запасы ископаемого топлива (каменный уголь, нефть). Затем содержание кислорода стало снова повышаться, и с середины 24 мелового периода, примерно 100 млн. лет назад, отношение кислорода к углекислому газу стало близким к современному состоянию, хотя испытывало колебания в определенных пределах. Ю.Одум (1975) считает, что с «экологической точки зрения эволюцию биосферы, по-видимому, можно сравнивать с гетеротрофной сукцессией, за которой последовал автотрофный режим». Но до сих пор, несмотря на четыре миллиарда лет эволюции, таксономический состав систем еще не стабилизировался. Биоразнообразие экосферы продолжает совершенствоваться за счет большого резерва в эволюции сообществ. На этом уровне ведущая роль принадлежит сопряженной эволюции и групповому отбору. В сжатом виде идеи В.И.Вернадского об эволюции биосферы могут быть сформулированы следующим образом. Вначале сформировалась литосфера — предвестник окружающей среды, а затем, после появления жизни на суше, — биосфера. В течение всей геологической истории Земли никогда не наблюдались азойные геологические эпохи.

Следовательно, современное живое вещество генетически связано с живым веществом прошлых геологических эпох. Живые организмы — главный фактор миграции химических элементов в земной коре, «по крайней мере, 90% по весу массы ее вещества в своих существенных чертах обусловлено жизнью» (Вернадский, 1934). Грандиозный геологический эффект деятельности организмов обусловлен тем, что их количество бесконечно велико, и действуют они в течение бесконечно большого промежутка времени. Основными движущими силами развития процессов в биосфере является биохимическая энергия живого вещества. Главными датами развития животного мира является их выход на сушу, последующее заселение материков (к началу третичного периода) и, наконец, появление человека. Какое общее представление о времени существования предков человека и их предполагаемых родственных связях существует в наши дни? Палеонтологическая летопись гоминид крайне неполна. Она становится более-менее полной лишь с того момента, как наши предки стали хоронить своих мертвецов, а до этого додумались лишь неандертальцы. В последние годы открытия новых родов и видов гоминид участились

Лекция № 4

Освоение космоса и проблемы экологии

Околоземное космическое пространство представляет собой единую среду, которая является внешней оболочкой Земли и защищает ее от всех видов губительной радиации. Кроме того, оно служит важным звеном в цепи солнечно-земных связей, которое определяет климатические условия на Земле. Солнечно-земные связи изучены пока недостаточно, но стоит отметить, что пренебрежение столь важным звеном очень опасно и чревато тяжелыми последствиями. Нижняя граница околоземного пространства (ОКП) находится на высоте 15—20 км над Землей, т.е. ниже максимума плотности озонового слоя, а верхняя простирается на десятки и сотни земных радиусов. В настоящее время мы достигли такого уровня антропогенного воздействия на ближний космос, какого не испытывает ни одна другая среда. Это объясняется тем, что мы имеем дело с гораздо более слабой средой, где содержание вещества и энергетика процессов, формирующих среду, на много порядков меньше, чем в приземной атмосфере, не говоря уже о литосфере и

гидросфере. К тому же освоение этой среды ведется самыми мощными современными средствами, какими являются космические ракеты. Одна ракета типа «Протон» или «Шаттл» выбрасывает столько же водорода, сколько его содержится в верхней атмосфере, и облако водорода грибовидной формы простирается на десятки тысяч 28 километров. В верхней атмосфере нет никаких локальных образований, которые могли бы удержать выброшенный газ. Результаты многих исследований показывают, что происходит изменение ионосферы, образуются гигантские дрейфующие ионосферные дыры, концентрация заряженных частиц во много раз падает, происходят негативные процессы, связанные с изменением озонового экрана и т.д. Кроме водорода ракеты выбрасывают облако углекислого газа — CO₂. Избыток углекислого газа изменяет основные параметры среды — температуру и плотность, причем в очень больших пределах. Естественное радиоизлучение в окрестности Земли складывается из различных источников: атмосферных электрических помех, теплового радиоизлучения Земли, космического радиоизлучения, радиоизлучения Солнца и планет. Можно сказать, что цивилизация «шумит» во всех диапазонах радиоспектра — от очень низкочастотного (менее 30 кГц) до сверхвысокочастотного (более 3 ГГц), заметно изменяя естественную электромагнитную обстановку около Земли. Источниками искусственных радиоизлучений, хотя и малой интенсивности, являются также спутники и другие космические аппараты, вращающиеся вокруг Земли. Таким образом, мы имеем дело со своеобразным «электромагнитным загрязнением среды» — в данном случае радиоэфира. При больших плотностях радиоизлучений (когда напряженность полей искусственной радиоволны сопоставима или превышает напряженность естественных полей в ионосферной плазме) над отдельными радиостанциями, особенно в коротковолновом диапазоне, наблюдаются заметные воздействия искусственных радиоизлучений на параметры околоземной плазмы. Существует и проблема космического мусора, т.е. загрязнение ОКП твердыми фрагментами космической техники. В настоящее время эта масса достигла 3 тыс. т, а их количество с учетом маленьких частиц исчисляется миллиардами. Масса мусора, содержащегося в 1000-километровом слое верхней атмосферы, уже сравнима с массой самой атмосферы. В результате вероятность аварий космической техники на несколько порядков превышает вероятность аварий любой другой техники при обычных условиях ее эксплуатации (А.В.Власов, 2001). Известно, что крупные 29 объекты сгорают не полностью. Их фрагменты достигают поверхности Земли и могут нанести как прямой экологический ущерб (например, пожар при падении в лес), так и косвенный (через поражение

потенциально опасных техногенных объектов — химических предприятий, хранилищ топлива, крупных населенных пунктов и т.д.). Обострение экологической ситуации на нашей планете в значительной степени связано с ограниченностью пространства Земли. Развитие ракетно-космической техники позволяет проникнуть в околоземное космическое пространство для получения качественно новой информации о природной среде. Взаимодействие общества и природы долгое время происходило в пределах Земли. Появление космонавтики ознаменовало начало активного познания и преобразования внеземной природы. Социальная экология поэтому не может ориентироваться исключительно на земные проблемы, она должна учитывать особенности освоения космоса, его влияния на космическую природу и биосферу Земли. Освоение космоса — это поворот во взаимоотношениях общества и природы. Существующие в земной природе принципиальные ограничения на деятельность общества оказываются возможным преодолеть путем выхода за пределы планеты. Главная задача космонавтики на сегодня — освоение ближнего космоса для научных и производственных целей. Вместе с тем исключительное значение имеет определение возможных последствий освоения биосферы Земли. Для обеспечения безопасности биосферы необходимо решить проблему открытости, обеспечения доступа информации о космической деятельности и космических проектах, и в первую очередь через средства массовой информации. ОКП должно быть внесено в реестр охраняемых сред, указанных в Законе РФ «Об охране окружающей природной среды», с применением всех положений этого закона. Далее необходима экологическая экспертиза космических проектов, космической техники — это инструмент, который мог бы остановить космический беспредел

Лекция № 5

Круговорот веществ в природе. Круговорот азота, фосфора и серы в биосфере

Устойчивость биосферы создают круговороты веществ и потоки космической энергии. Они происходят при участии живого вещества доядерных организмов — прокариот, которые помогают как образованию биомассы, так и ее разложению и минерализации. Растения являются создателями органических веществ, выполняют космическую роль в биосфере, а грибы, являясь биотрофами и 32

сапрофитами, замыкают круговорот, подготавливая питание для автотрофов. Движение и преобразование веществ в биосфере осуществляется при непосредственном участии живого вещества, которое в настоящее время населяет биосферу и действует на Земле в течение всей геологической истории. Животные относятся к активно перемещающимся гетеротрофам, которые выполняют в биосфере важнейшую роль, одновременно способствуя переработке и перераспределению органического вещества, регуляции численности, переносу репродуктивного вещества и самоочищению биосферы. Простейшие, обитающие преимущественно в водной среде, способствуют перераспределению вещества в водных экосистемах, участвуя в образовании осадочных горных пород. Многоклеточные животные — единственные живые организмы биосферы, перемещающие вещества в горизонтальном направлении, в отличие от растений, перемещающих вещества в вертикальном направлении. Многоклеточные животные переносят также «чужое» репродуктивное живое вещество: пыльцу, споры, семена высших растений и тем самым содействуют их плодоношению и дальнейшему расселению. Кроме того, многоклеточные животные, являясь некротрофами, выполняют в биосфере роль регулятора, в морских экосистемах регулируют биомассу первичной продукции. В водных системах наиболее заметно влияние животных-фильтраторов, в почвах и донных осадках водоемов — детритоядных животных. Фосфор и сера не менее важны, чем углерод, азот и кислород для ряда белковых молекул и также относятся к важнейшим биогенным элементам. В круговороте веществ сера и фосфор проходят типичный осадочный биогеохимический цикл.

Структура и организованность биосферы

В.И.Вернадский писал: «Организованность резко отличается от механизма тем, что она находится непрерывно в становлении, в движении всех ее самых мельчайших материальных и энергетических частиц. В ходе времени — в обобщениях механики и в упрощенной модели — мы можем выразить организованность так, что никогда ни одна из ее точек не возвращается закономерно, не попадает в то же место, в ту же точку биосферы, в какой когда-нибудь была раньше. Она может в нее вернуться лишь в порядке математической случайности, очень малой вероятности». В биосфере динамическое равновесие неустойчивое. Другими словами, биосфера не только «работает и изнашивается», но и развивается в процессе работы, самосовершенствуется, все более полно, активно и в большем масштабе накапливает, трансформирует энергию, усложняет свою организацию, обогащается информацией. Организованность биосферы — явление многоплановое. В самом крупном плане биосфера представляет собой

единство живых и минеральных элементов, вовлеченных в сферу жизни. Существенная составная часть единства — биотический круговорот, основанный на взаимодействии организмов, создающих и разрушающих органическое вещество. При более детальном рассмотрении нетрудно обнаружить гетерогенность биотического круговорота, его более древнюю часть, составленную из одноклеточных 38 синтетиков и деструкторов, и относительно позднюю надстройку из многоклеточных организмов. Еще более внимательный анализ показывает, что биосфера распределена по поверхности Земли неравномерно. В различных природных условиях она сформирована в виде относительно самостоятельных природных комплексов, получивших название экосистем, или биогеоценозов. Понятие «биогеоценоз» введено в науку советским ботаником, академиком В.Н.Сукачевым и означает сообщество организмов разных видов, обитающее в определенных природных условиях. Каждый биогеоценоз, или экосистема, представляет собой своеобразную модель биосферы в миниатюре. Он, как правило, включает фотосинтетиков — хлорофиллоносные растения, создающие органическое вещество; гетеротрофов, живущих на созданной автотрофами органике; деструкторов, разрушающих органическое вещество тел растений и животных до минеральных элементов, а также субстрат с каким-то запасом минеральных элементов. В зависимости от особенностей субстрата, климата, исторических факторов формирования жизни биогеоценозы могут весьма существенно различаться. Известный американский эколог Е.Одум (1968), говоря об основных экосистемах мира, называет следующие: моря, эстуарии и морские побережья, ручьи и реки, озера и пруды, пресноводные болота, пустыни, тундры, травянистые ландшафты, леса. Каждая из перечисленных Одумом крупных экосистем, характеризующаяся некоторыми специфическими особенностями, в свою очередь распадается на экосистемы, или биогеоценозы, различных лесов — хвойных, лиственных, тропических, каждый из которых отличается своими особыми чертами и прежде всего характерным круговоротом вещества. Точно так же экосистема моря включает в свой состав биогеоценозы коралловых островов, весьма богатых жизнью. Один из основателей экологии как самостоятельной науки, известный английский ученый Ч.Элтон (1960) обращает внимание на то, что разные биогеоценозы насыщены жизнью в разной степени. Как правило, бедны разнообразием видов биогеоценозы Крайнего Севера, пустынь, особенно богаты видами биогеоценозы дождевых тропических лесов. Величина первичной продукции органического вещества в биогеоценозах, наиболее богатых жизнью, превосходит продукцию биогеоценозов глубин океана более чем в 50 раз. 39 Живая часть биогеоценоза — биоценоз —

складывается из популяций организмов, принадлежащих к разным видам. В распределении видов в составе биоценоза обнаруживаются интересные закономерности. Чем меньше вес организма, тем больше численность его особей (Э.Макфельден, 1965). Изучение частоты встречаемости представителей разных видов позволяет обнаружить другую более важную закономерность: наибольшим распространением отличается сравнительно небольшое число видов. Так, например, по данным Э.Райса (1952), изучившего видовую структуру растительности высокотравной Оклахомы, 84% травостоя было занято 9 видами, в то время как на долю остальных 20 видов приходилось 16%. В состав биоценозов входят, с одной стороны, высокоспециализированные виды, способные существовать только в условиях данного биоценоза, с другой — виды с более широким спектром потребностей. При существенных изменениях среды обитания первыми вымирают специализированные виды. Во многих биоценозах наряду с видами, встречающимися в данном сообществе постоянно, имеются виды, входящие в состав либо на какой-то стадии развития, либо в течение ограниченного сезона. К первым принадлежат многие водные насекомые, живущие в водоеме на личиночной стадии и покидающие это местообитание во взрослом состоянии, например, комары. Большую роль играют отношения типа паразит—хозяин. В последнее время открыта принципиально новая форма связей — передача наследственных особенностей от одних видов к другим с помощью бактериофагов и вирусов. Такая форма связи, по-видимому, широко распространена среди бактерий. Какую она играет роль во взаимодействии между другими членами биоценоза, пока еще не достаточно ясно. Анализ структуры биосферы не заканчивается на биогеоценозах. Они, в свою очередь, состоят из популяций разнообразных видов, т.е. из качественно своеобразных форм организации живой материи, каждая из которых ведет свое начало от общего предка. Биосфера является определенной природной системой, а ее существование в первую очередь выражается в круговороте энергии и веществ при участии живых организмов. Очень важным для понимания биосферы было установление немецким физиологом Префером (1845—1920) трех способов питания живых организмов: 1) автотрофное — построение организма за счет использования веществ неорганической природы; 2) гетеротрофное — строение организма за счет использования низкомолекулярных органических соединений; 3) миксотрофное — смешанный тип построения организма (автотрофно-гетеротрофный). Биосфера (в современном понимании) — своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном

обмене с этими организмами. Биосфера охватывает нижнюю часть атмосферы, гидросферу и верхнюю часть литосферы. Атмосфера — наиболее легкая оболочка Земли, которая граничит с космическим пространством; через атмосферу осуществляется обмен веществ и энергии с космосом. Атмосфера имеет несколько слоев: тропосфера — нижний слой, примыкающий к поверхности Земли (высота 9—17 км). В нем сосредоточено около 80% газового состава атмосферы и весь водяной пар; стратосфера; ноосфера — там «живое вещество» отсутствует. Преобладающие элементы химического состава атмосферы: N₂ (78%), O₂ (21%), CO₂ (0,03%). Гидросфера — водная оболочка Земли. Вследствие высокой подвижности вода проникает повсеместно в различные природные образования, даже наиболее чистые атмосферные воды содержат от 10 до 50 мг/л растворимых веществ. Преобладающие элементы химического состава гидросферы: Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, S, C. Концентрация того или иного элемента в воде еще ничего не говорит о том, насколько он важен для растительных и животных организмов, обитающих в ней. В этом отношении ведущая роль принадлежит N, P, Si, которые усваиваются живыми организмами. Главной особенностью океанической воды является то, что основные ионы характеризуются постоянным соотношением во всем объеме Мирового океана. Литосфера — внешняя твердая оболочка Земли, состоящая из осадочных и магматических пород. В настоящее время земной корой принято считать верхний слой твердого тела планеты, расположенный выше сейсмической границы Мохоровичича. Поверхностный слой литосферы, в котором осуществляется взаимодействие живой материи с минеральной (неорганической), представляет собой почву. Остатки организмов после разложения переходят в гумус (плодородную часть почвы). Составными частями почвы являются минералы, органические вещества, живые организмы, вода, газы. Преобладающие элементы химического состава литосферы: O, Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K. Ведущую роль выполняет кислород, на долю которого приходится половина массы земной коры и 92% ее объема, однако кислород прочно связан с другими элементами в главных породообразующих минералах. То есть в количественном отношении земная кора — это «царство» кислорода, химически связанного в ходе геологического развития земной коры.

Лекция №6

Источники загрязнения в биосфере

Составляя ничтожную долю биосферы — всего 0,0000025 ее массы (0,0001 долю живого существа), человек как биологический вид и одновременно с этим как уникальное социальное ⁴³ существо оказывает на биосферу огромное, несопоставимое по его месту на Земле воздействие, приближающееся по своей мощи к природным процессам. Это преобразующее, а нередко и разрушающее воздействие было названо В.И.Вернадским «геохимической деятельностью человека». Масштабы геохимической деятельности людей огромны, а время, в течение которого она протекает, ничтожно. Так, состав атмосферного воздуха в результате поступления в него антропогенного углекислого газа за последние 50 лет изменился больше, чем за всю предшествующую историю человеческого общества, за несколько столетий планета потеряла около 2/3 лесов, естественная структура почв разрушена на многих миллионах гектаров, значительные территории превращены в «лунные ландшафты» вследствие открытой разработки полезных ископаемых и т.д. Сила и направленность геохимической деятельности человека не оставались неизменными. Они зависели как от количественного, так и от качественного развития человечества. Воздействие на природу людей каменного века, например, отличалось от современного антропогенного процесса не только чисто физическими характеристиками и параметрами, но и глубиной превращения вещества и энергии, характером последствий и т.д. Говоря о динамике экологической ситуации в разных регионах планеты, важно отметить, что абсолютной гармонии во взаимоотношениях человека и природы, вероятно, не было никогда. На Земле неоднократно возникали кризисные ситуации в экологической сфере. Так называемые «экологические кризисы», неизменно вовлекающие в свою орбиту и человеческие поселения, известны на всех этапах развития человечества: в доисторическую эпоху (кризис консументов, связанный с перепромыслом крупных животных), в Древнем Риме, Месопотамии и Египте (деградация природных комплексов вокруг городов, явления антропогенного опустынивания и др.), в средние века (кризис природного сырья), в капиталистическую эпоху (кризис крупных городов). Решающим фактором, приведшим человечество на грань особенно сильного антропогенного экологического кризиса, стал переход от феодализма к капитализму. Почти с самого начала развитие капитализма сопровождалось возникновением во многих промышленных странах Европы кризисных ситуаций, вызванных ⁴⁴ подрывом запасов живых природных ресурсов, используемых в промышленных целях (сведение лесов, уничтожение животного мира и т.д.). Недостаток таких ресурсов побудил человека перейти к добыче минерального сырья, научиться превращать каменный

уголь в кокс, значительно развить некоторые химические производства. Одним из примеров возникновения, углубления и разрешения сложной кризисной ситуации, связанной с нехваткой природных ресурсов, может служить Англия XVII—XVIII вв. Развитие капитализма в этой стране, рост выплавки чугуна были связаны со сведением лесов на больших территориях, особенно вокруг городов. Этот процесс усугублялся и необходимостью постройки мощного флота (на каждый стопушечный линейный корабль требовалось до 50 тыс. взрослых деревьев, преимущественно дубов) для удовлетворения нужд развивающейся промышленности в сырье, главным образом в хлопке, и для охраны караванов судов, которым приходилось преодолевать огромные расстояния из Америки, Африки, Малой Азии. Вероятно, процесс перестройки хозяйственной и социальной жизни шел весьма болезненно, но дальнейшая катастрофическая гибель лесов в течение столетия была предотвращена открытием современного доменного производства на базе использования каменного угля и модернизацией флота на основе использования паровых машин. Таким образом, развитие производительных сил и преодоление сырьевого (а в данном случае и экологического) кризиса шли одновременно, что позволило Англии стать мировой промышленной, колониальной и военной державой, «владычицей морей». Сырьевой экологический кризис был преодолен, вслед за ним был преодолен и кризис «больших городов», но возникали очередные проблемы на новом, более высоком витке спирали развития человеческого общества. История показывает, что все экологические кризисы более или менее успешно преодолевались человечеством, хотя это всегда стоило ему больших жертв и материальных затрат. Использование минерального топлива дало огромный толчок к развитию промышленности, что породило новое явление в жизни человечества — загрязнение окружающей среды. Бурное, нередко хаотичное развитие промышленности привело к прогрессирующему загрязнению воздушного, водного бассейнов, почвенно-растительного покрова, к деградации природного ландшафта, образованию в биосфере значительных очагов ее возмущения и угнетения. В настоящее время особенно напряженное положение сложилось в энергетическом балансе и биотическом кругообороте. Масштабы ежегодно изымаемого из природы вещества и возвращаемого ей уже в виде загрязнений, которые она не в состоянии включить в естественный кругооборот, лишь в несколько раз меньше ежегодной продуктивности биосферы. Каждый год на Земле добывается не менее 4 млрд. м³ различных полезных ископаемых, сжигается 6 млрд. т каменного угля и почти 2 млрд. т нефти, что поглощает 10—12 млрд. т кислорода и возвращает в атмосферу 14—15 млрд. т углекислого

газа, миллионы тонн других токсичных газов, пыли и аэрозолей. В моря и реки поступает огромное количество ядовитых веществ, часто несовместимых с естественными процессами, происходящими в гидросфере. Почвенную биоту загрязняют химические удобрения, гербициды и пестициды. Сильно возрос антропогенный пресс на животный мир планеты. Только с начала XVII столетия с лица Земли стерто более 120 видов и подвидов млекопитающих. Негативные изменения в природе заметно отражаются и на здоровье людей — человек все чаще становится жертвой так называемых болезней цивилизации. Процесс развития производительных сил и одновременного угнетения биосферы характеризуется двумя существенными для понимания современной экологической ситуации особенностями — чрезмерной скоростью происходящих изменений и резким опережением темпов этих изменений темпами роста населения Земли. Если за последние 150 лет (а именно это срок понадобился для осуществления промышленной и научно-технической революции) население Земли выросло в 5 раз, то объемы промышленного производства увеличились в сотни и тысячи раз, скорость передвижения — в 400 раз, скорость передачи информации — в 10 млн. раз, мощь оружия — в 1 млн. раз и т.д. Ясно, что все это не проходило для природы и человека как ее части бесследно, поскольку ресурсы человечество черпает непосредственно из 46 биосферы. Человек как биологический вид не успел за такое короткое время адаптироваться к происшедшим в биосфере изменениям, в том числе к ее глобальному загрязнению (считают, что заметные эволюционные изменения в организме человека происходят каждые 200 тыс. лет). Только уникальная социальная пластичность человека помогает ему выжить в калейдоскопе грозных событий, происходящих на планете. И если с социальными потрясениями и тяготами повседневной жизни он хоть и с трудом, но справляется, то изменения в биосфере, так же как и угроза термоядерной катастрофы, рано или поздно могут поставить вопрос о его существовании на Земле. На этот счет имеется много соображений, и прежде всего у алармистов, активистов движения «зеленых», деятелей Римского клуба. Все сходятся на том, что при сохранении современных тенденций развития человечества всемирный экологический апокалипсис может произойти на Земле не позже середины будущего века. Скорее всего, не сразу — регион за регионом, речной бассейн за речным бассейном, море за морем, но непременно произойдет. События последних лет: трагедия на Чернобыльской АЭС, война в Персидском заливе, быстрое разрушение экосистемы Амазонки, экваториальной Африки, Сибири — настолько масштабны, что могут внести в этот срок печальные коррективы. Справедливости ради нельзя

не отметить и другую точку зрения на глобальные экологические процессы, которой придерживается противоположная алармистам группа ученых, которых можно было бы назвать технофилами. Их экологическое мировоззрение выстраивается на трех основных положениях: все делается к лучшему, и прежде всегда было хуже (в 1940 г. американский фермер мог прокормить 12 человек, сегодня — более 50 человек, если бы пришлось отказаться от пестицидов и минеральных удобрений, урожаи снизились бы на 30—40% и т.д.); природа — большой враг самой себе, чем человек: при извержении трех вулканов за последние 90 лет — Кракатау в 1883 г., Монт Катмай в 1912 г. и Исландской Хельки в 1947 г. — в атмосферу было выброшено больше тепла, пыли и газов, чем за все время существования человечества; чисто «природным» способом из Земли изливается больше нефти, чем ее попадает в окружающую среду, и прежде всего в океан, вследствие неразумной человеческой деятельности и т.д.); прогнозы алармистов всегда более пессимистичны, чем этого требуется для трезвой оценки (самовосстанавливающаяся способность природной среды и технические способности развивающегося общества явно недооцениваются). При известной доле правды в такой позиции чрезвычайно много натяжек, видимых даже не специалистам. И все же, если хотя бы приблизительно рассмотреть основные опасности, угрожающие биосфере планеты — ее атмосфере, гидросфере, литосфере, то можно сделать следующие выводы. Наиболее опасны для атмосферы ее глобальные загрязнения углекислым газом и разрушение ее озонового экрана. При сохранении современной тенденции использования минерального топлива (рост потребления до 7—8% в год) содержание углекислого газа в атмосфере достигнет 3% через 120—150 лет. При этом глобальная температура повысится на 5° С. Этого будет достаточно, чтобы растаяли ледники Гренландии и Антарктиды, и уровень Мирового океана повысился на 70 м, т.е. исчезли под водой наиболее освоенные и плотно заселенные районы суши. Примерно такой же срок нужен для того, чтобы на 40—50% разрушился озоновый экран атмосферы под воздействием фреонов, оксидов азота и других соединений, активно взаимодействующих с озоном. Учитывая кумулятивные эффекты этих процессов, время необходимо уменьшить до 70—80 лет (например, таяние ледников начнется гораздо раньше, чем температура Земли повысится на 5° С вследствие изменения альбедо ледяного покрова, заметного его потемнения и, следовательно, усиления процессов таяния). Главная составляющая гидросферы — Мировой океан — в течение 60—70 лет может покрыться сплошной пленкой нефти (ежегодно в океан попадает до 15 млн. т нефти, 1 т которой достаточно для того, чтобы покрыть тонкой пленкой

площадь в 20 км²). Это прекратит доступ кислорода и углекислого газа в толщу воды, непоправимо нарушит газообмен между атмосферой и гидросферой. Следствием этих процессов будет гибель всего живого в океане и заметное ухудшение газового состава атмосферы, что в свою очередь приблизит новый всемирный потоп. Если скорость уничтожения лесов на планете сохранится (каждую минуту исчезает до 30 га леса), то через 70—80 лет зеленый покров с нее будет полностью снят. К этим потерям следует добавить уничтожение сельскохозяйственных земель; территориальный рост населенных мест; непрекращающийся рост населения; другие весьма опасные факторы (радиоактивная опасность, химия, инженерная генетика, освоение космического пространства и др.) могут преподнести также непредсказуемые «сюрпризы». Поэтому весьма вероятно, что на протяжении ближайших 50—70 лет человечество столкнется с экологическими проблемами, которые на порядок, а может быть и на несколько порядков окажутся более сложными, чем те, с которыми оно имеет дело сегодня. Какой же выход возможен из сложившейся ситуации, учитывая, что люди, по-видимому, не до конца еще поняли драматизм ситуации и не торопятся решать экологические проблемы с той же твердостью, с какой они продолжают наращивать вооружение, наслаждаться все новыми возможностями, открывающимися перед ними в сфере потребления, и грубить природу? Может быть, вернуться назад к природе, как предлагают алармисты, запретить синтетические товары или обеспечить «нулевой рост» всего живущего и производящего на Земле, как это прокламируют участники Римского клуба? Но все это нереально, и, вероятно, нужно ждать чуда в науке, например, раскрытия тайны фотосинтеза, овладения энергией молекул хлорофилла или обуздания таинственных космических энергий. Если чуда не произойдет, то, скорее всего, началом пути к истинному спасению человечества явится какая-нибудь глобальная экологическая катастрофа, которая потребует международных согласованных действий по выходу из очередного, теперь уже глобального, экологического кризиса. В последние десятилетия многие развитые страны достигли значительных успехов в восстановлении и охране природы. В США, ФРГ, Франции, Великобритании проведены в жизнь крупные программы по восстановлению экосистем суши, эстуариев и рек, оздоровлению окружающей среды крупных городов. Затраты на охрану окружающей среды в США, например, превысили 60 млрд. долларов в год. Япония в прошлом десятилетии десятикратно увеличила свои вложения в охрану природы. По этому пути идут и другие развитые страны. Но проблема настолько сложна и многообразна, решение ее так дорого, что достигнутого, конечно, недостаточно. 49 О масштабе

экологической проблемы могут дать представление некоторые цифры. Проект «нейлон» стоил 400 млн. долларов, первая американская атомная бомба — 4 млрд. долларов, проект высадки человека на Луну «Аполлон» — 12 млрд. долларов. В целом же принято считать, что для того, чтобы при современной промышленной мощи обеспечить стабилизацию природной среды и постепенно перейти к ее значительному улучшению, на цели охраны природы надо направлять 10—12% стоимости совокупного национального продукта. В настоящее время на эти цели расходуется в США 1,6% , в ФРГ — 1,7%, в Японии — 2,5%, в России — не более 0,5% СНП. Для того чтобы определить и выявить основные источники загрязнения биосферы, необходимо рассмотреть источники загрязнения всех сфер, так как биосфера включает в себя атмосферу, гидросферу, литосферу. Под загрязнением окружающей среды понимают любое внесение в ту или иную экологическую систему не свойственных ей живых или неживых компонентов, физических или структурных изменений, прерывающих или нарушающих процессы круговорота и обмена веществ, потоки энергии со снижением продуктивности или разрушением данной экосистемы. Различают природные загрязнения, вызванные катастрофическими причинами, и антропогенные, возникающие в результате деятельности человека. Основные источники загрязнения окружающей среды: — Производство энергии (особенно тепловые электростанции). — Металлургическая промышленность. — Химическая, нефтехимическая промышленность. — Транспортно-дорожный комплекс. — Жилищно-коммунальное хозяйство. Основные причины и виды загрязнения атмосферы. В современный период атмосфера Земли претерпевает множественные изменения глубинного характера: модифицируются ее свойства и газовый состав, возрастает опасность разрушения ионосферы и стратосферного озона; повышается ее запыленность; нижние слои атмосферы насыщаются вредными для живых организмов газами и веществами промышленного и другого хозяйственного происхождения. 50 Наука еще не в полной мере прояснила некоторые важные элементы кругооборота CO₂. Остается неясным вопрос о количественных характеристиках связи между увеличением концентрации этого газа в атмосфере и мерой его способности задерживать обратное излучение в космос тепла, получаемого Землей от Солнца. Очень важен также вопрос увеличения масштабов нарушения баланса кислорода в атмосфере. Многие современные техногенные вещества при попадании в атмосферу представляют собой немалую угрозу для жизни человека. Основными загрязнителями такого плана являются окислы серы, а также окислы азота. Быстрое накопление этих загрязнителей в атмосфере северного

полушария породило кислые и подкисленные осадки. Наконец, еще одна крупная проблема — это увеличение запыленности атмосферы вследствие антропогенных факторов природного происхождения. В нашей стране находятся 84 самых неблагоприятных города по загрязнению атмосферы. Больше всего вреда приносят автомобили. На долю автотранспорта приходится 80% вредных выбросов в атмосферу. Также большое влияние на загрязнение атмосферы оказывают промышленные предприятия, расположенные в черте городов. Над крупными городами атмосфера в среднем содержит в 10 раз больше аэрозолей и в 25 раз больше газов. Из-за более активной концентрации влаги происходит увеличение осадков на 5—10%. Вследствие уменьшения солнечной радиации и скорости ветра практически невозможна самоочистительная деятельность атмосферы. Прилегающие к крупным населенным пунктам сельскохозяйственные районы на площадях в сотни км² испытывают на себе влияние промышленного загрязнения. Радиоактивное загрязнение. В настоящее время невозможно сделать обзор экологических последствий радиоактивного загрязнения, поскольку эта проблема достаточно сложна и возникла сравнительно недавно. Это загрязнение воздействует главным образом косвенным путем (генетические, канцерогенные последствия и т.д.) и затрагивает в первую очередь биологию человека. Утечка нефти. Нефть и вода не смешиваются, а в океан случайно или преднамеренно ежегодно сливается несколько миллионов 51 тонн нефтепродуктов. Нефтепродукты попадают в гидросферу в результате транспортирования, крушений, подводного бурения, аварийных сливов нефти в океан и разливов на суше, промывки морской водой нефтепереливных судов, в качестве отходов промышленных предприятий и автомобильных двигателей, продуктов сгорания, которые тоже сбрасываются в море или выносятся туда реками. Попавшая в водоемы нефть, теряя легкие фракции вследствие выветривания, попадает на дно, где в условиях дефицита кислорода остается на длительное время, подвергаясь чрезвычайно медленному биоразложению. Таким образом, затонувшая и погребенная в насыпях грунта нефть становится постоянным источником загрязнения грунтовых вод. Общепринятая технология интенсификации нефтедобычи поддержанием высокого внутрислоевого давления предполагает возможность перемещения нефти из залежи на поверхность по зоне трещиноватости. Масштабы такого загрязнения со временем могут стать более грандиозными, чем при аварийных разливах нефти из трубопроводов.

Лекция №7

Биоразнообразие в биосфере

Жизнь как устойчивое планетарное явление возможна лишь в том случае, когда она разнокачественная. Величайшее биологическое разнообразие планеты образуют все виды живых существ, когда-либо населявшие и населяющие биосферу сейчас (В.И.Вернадский). Биологическое разнообразие — это количество видов, объединенных в экосистеме. При этом оно различно в разных ее блоках: в блоке продуцентов его создают высшие сосудистые растения, мхи, лишайники и зеленые водоросли; в блоке консументов — фитофаги, зоофаги, детритофаги, симбиотрофы, паразиты; в блоке редуцентов — микроскопические грибы и бактерии. Разнообразие разных блоков экосистемы взаимозависимо. Стоит обедниться составу продуцентов, как исчезнут и многие консументы и вслед за ними — редуценты. Фитофагов, питающихся растениями только одного вида, сравнительно немного, большинство фитофагов поедает растения разных видов. Некоторые насекомые переключаются с одного вида на другой, опыляя растения по мере их зацветания. Детритофаги питаются разными видами отмерших растений и животных, микроорганизмы-редуценты превращают органические вещества в неорганические. Таким образом, одну и ту же работу в экосистеме может выполнять большее или меньшее количество видов. Биологическое разнообразие зависит от условий среды и от ее устойчивости, от времени существования экосистемы и от особенностей ее состава. Если, например, условия очень благоприятны и в экосистеме есть растения-«львы», т.е. вид, который может отстоять свою фундаментальную нишу, то разнообразие растений будет невысоким. «Лев» использует почти все почвенные ресурсы и создает сильное затенение, и потому вместе с ним будут расти лишь немногие виды растений из числа устойчивых к затенению «верблюдов». Соответственно, в такой экосистеме будет меньше видов насекомых, ниже разнообразие птиц и меньше травоядных животных. В ситуации, когда экосистема нарушена какими-то внешними факторами (например, лес посетили экологически неграмотные туристы, которые утрамбовывали почву; произошел пожар, или часть деревьев вывернула с корнем сильная буря), дерево-«лев» ослабит свои позиции, и видовое разнообразие увеличивается за счет внедрения луговых и рудеральных видов растений. Однако такое нарастание биологического разнообразия возможно лишь до определенного предела. Если на такой же лес обрушится дождь с большим количеством ядовитых примесей, выброшенных из труб заводов, или увеличится количество туристов и

отдыхающих, то разнообразие вновь начнет убывать, причем сразу во всех блоках экосистемы. Там, где условия неблагоприятны, биологическое разнообразие обычно невелико. В тропическом лесу обитает до тысячи видов растений, в лиственном лесу умеренной зоны (дубняке или липняке) — 30—40 видов; 50—60 видов растет на степном сенокосе и только 20—30 на пастбище. Снижается биологическое разнообразие от применения пестицидов и по ряду других причин. Сохранение биологического разнообразия — важная задача рационального природопользования, лучше всего этот вопрос решается при создании заповедников. Однако если до организации заповедника территория умеренно использовалась, то полное прекращение использования может не только повысить разнообразие за счет появления видов, жизни которых мешал человек (например, растений из семейства орхидных), но и снизить его. Так, многие луговые участки зарастут лесом, исчезнут луговые растения, а также связанные с ними многочисленные насекомые и обитатели почвы. Для их сохранения часть экосистем заповедника умеренно используют.

60 Биологическое разнообразие как основное условие устойчивости популяций, биоценозов и экосистем. Огромное разнообразие жизни всегда поражало исследователей. В природе практически нет абсолютно сходных особей, популяций, видов и экосистем. Даже однояйцевые близнецы с одинаковой наследственностью хоть чем-то, но отличаются друг от друга. Это разнообразие всегда было загадкой для умов и казалось избыточным. Когда отдельные виды начали исчезать с лица Земли по вине людей, этому сначала не придавали значения, так как видов много, а процессы их вымирания, как установила палеонтология, всегда происходили в природе. Однако в настоящее время обеднение разнообразия жизни под влиянием деятельности человека идет очень быстрыми темпами. Огромные площади заняты немногими видами культурных растений с чистыми сортами, выровненными по наследственным качествам. Разрушаются природные типы многих экосистем и заменяются культурным ландшафтом. Уменьшается число видов в ценозах. Поэтому и с теоретической, и с практической точки зрения очень важно понимать, в чем состоит роль биологического разнообразия. Ответ на этот вопрос можно найти при изучении структуры и функционирования биоценозов. Как мы видели, природные сообщества могут включать сотни и тысячи видов, от бактерий до вековых деревьев и крупных животных. Биоценозы представляют собой природные системы. Высокое видовое разнообразие обеспечивает следующие свойства этих сложных систем. Взаимная дополнительность частей. Как мы видели, в сообществах уживаются те виды, которые делят между собой экологические ниши и дополняют друг друга в

использовании ресурсов среды. Например, растения первого яруса в лиственном лесу перехватывают 70—80% светового потока. Во втором ярусе растут деревья и кустарники, которым достаточно 10—20% от полного освещения, а наземные травянистые растения и мхи в таких лесах способны осуществлять фотосинтез всего при 1—2 сотых долях светового потока. Дополняя друг друга, растения более полно используют солнечную энергию. У животных «разделение» труда в биоценозе ярко выражено в использовании разных видов пищи, времени, суточной и сезонной активности, размещении в пространстве. Очень существенно дополняют друг друга разные виды грибов в лесных сообществах. Одни из них специализируются на разрушении мертвой древесины, другие — свежеепавших листьев, третьи — корней, четвертые продолжают разрушение уже полуразложившейся массы. Взаимная дополнительность чрезвычайно характерна и для многих микроорганизмов-редуцентов. Одни из них разрушают целлюлозу, другие — белки, третьи — сахара. Подобная форма взаимодействия видов, созидающих и разрушающих органическое вещество, лежит в основе биологических круговоротов. Взаимозаменяемость видов. Любой вид биоценоза может быть заменен другим, со сходными экологическими требованиями и функциями. Хотя полностью похожих друг на друга видов в природе нет, но многие имеют общие экологические критерии, отличаясь лишь деталями. Такие виды обычно заменяют друг друга в похожих ценозах. Как, например, разные виды елей в темнохвойных таежных лесах или разные виды насекомых-опылителей на лугах. Так как экологические ниши многих видов частично перекрываются, выпадение или снижение активности какого-нибудь одного из них не опасно для экосистемы. Его функцию берут на себя другие. Происходит явление «конкурентного высвобождения», и разные звенья круговорота веществ продолжают действовать. Взаимозаменяемость видов постоянно происходит при колебаниях погодных условий. Регуляторные свойства. Способность к саморегуляции — одно из основных условий существования сложных систем. Саморегуляция возникает на основе обратных связей. Чем разнообразней биоценоз и чем сложнее структура популяций, тем успешнее осуществляется их саморегуляция. Надежность обеспечения функций. Главные функции биоценоза в экосистеме — создание органического вещества, его разрушение и регуляция численности видов — обеспечиваются множеством видов, как бы страхующих деятельность друг друга. Разложение целлюлозы — сложного и прочного компонента растительных тканей — могут осуществлять специализированные бактерии, разные виды плесневых и шляпочных грибов, мелкие почвенные клещи-сапрофаги, личинки насекомых, дождевые черви и другие животные, в

кишечниках которых вырабатываются необходимые для этого ферменты. Таким образом, биологическое разнообразие — это главное условие устойчивости всей жизни на Земле. За счет этого разнообразия жизнь не прерывается уже несколько миллиардов лет. В сложные периоды геологической истории, как свидетельствует палеонтологическая летопись, многие виды вымирали, разнообразие понижалось, но экосистемы материков и океанов выдерживали эти катастрофы, жизнь продолжалась. Появлялись новые виды и сменяли старые в общем поддержании круговорота веществ и потока энергии. Человеческая деятельность на Земле повлияла на видовое разнообразие, и в настоящее время начинает превосходить все известные в прошлом геологические катастрофы. Поэтому очень важно не допустить такого снижения уровня биологического разнообразия, которое отразилось бы на устойчивости и природных, и антропогенных систем и перешло бы границы самовосстановительных возможностей природы. Видовое разнообразие — основа устойчивости живой природы. Оно создает взаимодополнительность и взаимозаменяемость видов в биоценозах, обеспечивает регуляцию численности сообществ и экосистем. Исследуя закономерности, определяющие разнообразие видов в живой природе и устойчивость биоценозов, Н.Ф.Реймерс предложил очень наглядную аналоговую модель, имеющую форму волчка. Диаметр колес (цилиндров) волчка пропорционален числу видов, а толщина (высота цилиндров) — биомассе соответствующего трофического уровня. При этом автором взято минимальное называемое число видов консументов. Волчок вращает энергия Солнца. Модель справедлива для любого конкретного биоценоза. Из анализа модели следует, что система становится устойчивее с наращиванием подводимой к ней мощности (количества энергии в единицу времени) и с увеличением диаметра среднего колеса волчка, т.е. количества консументов. Таким образом, консументы служат управляющим (балансирующим) звеном в системе биоценоза. Именно они порождают спектр разнообразия в биоценозе (сообществе) и препятствуют монополии доминантов. Массовое размножение «вредителей» на полях монокультуры и в 63 моновидных омоложенных лесных насаждениях иллюстрирует сделанный вывод. Поскольку эволюционные переходы занимают сравнительно небольшое время, считается, что предельная совокупность видов могла быть образована в эволюции жизни всего за 70 млн. лет. Дальнейшее нарастание количества видов практически исключено из-за ограниченности числа экологических ниш и принципа конкурентного исключения. Так как за последние 500 млн. лет число видов оставалось практически одинаковым, Н.Ф.Реймерс сформулировал правило константности видов в ходе стационарной эволюции

биосферы: Число нарождающихся видов в среднем равно числу вымерших, и общее видовое разнообразие в биосфере есть константа. Биологическая наука — систематика — подразделяет все живое на таксоны — группы организмов, имеющие общие черты морфологической организации и физиологических процессов и в то же время достаточно обособленные в природе, т.е. не имеющие гибридов с представителями других таксонов. Наиболее естественным природным таксоном является вид — классификационная единица низшего ранга. Современная систематика насчитывает в живой природе 5 высших таксонов, представители которых различаются по типу обменных процессов и роли в природе: это бактерии, простейшие, грибы, растения, животные. В каждой из этих крупных групп организмов можно найти более примитивных и более морфологически и физиологически сложных представителей, причем все они в высокой степени адаптированы к среде своего обитания. Биоразнообразие рассматривается на генетическом, видовом и экосистемном уровне. Одним из принципов экологической нравственности является положение о том, что каждое поколение имеет право на то биоразнообразие, которое имеет предыдущее поколение. По различным оценкам, биоразнообразие на сегодня варьирует от 5 до 80 млн. Многочисленность и разнообразие природных и биологических форм не требует доказательств. В настоящее время на основании морфологических и биохимических различий надежно идентифицировано более 1,7 млн. видов организмов: около 50 тыс. видов бактерий, почти 100 тыс. грибов, 300 тыс. растений, более одного 64 миллиона насекомых и 1 300 животных, в том числе 50 тыс. позвоночных. В пределах вида, даже не считая отличий по полу, возрасту, фазе развития, по-своему разнообразны и отдельные организмы. Эволюционные процессы, происходящие на Земле в разные эпохи, привели к изменению (утрате) видового состава обитателей Земли. Причинами утраты видов могут быть: фрагментация и модификация, утрата среды обитания, перепромысел, интродукция — акклиматизация чуждых видов, прямое уничтожение для защиты сельскохозяйственной продукции и промышленных объектов, случайное (непреднамеренное) уничтожение, загрязнение среды, в результате сенокосения гибнет 30—40% полевой дичи, что в 7—10 раз больше, чем добыча дичи охотниками.

Лекция №8

Экологические кризисы в развитии биосферы и цивилизации

Являясь вершиной развития материи, современный человек сложился как биопсихосоциальное существо. С позиции экологии человечество —

общемировая популяция биологического вида, неотъемлемая составная часть экосистемы Земли. Человек входит в биотический компонент биосферы, где он связан пищевыми цепями с продуцентами, является консументом первого, второго, а иногда и третьего порядка, гетеротрофом, пользуется готовым органическим веществом и биогенными элементами, включен в круговорот веществ биосферы и подчиняется закону физико-химического единства вещества В.И.Вернадского «живое вещество физико-химически едино». Экологические отличия человечества от популяций иных видов, даже наиболее близких, проявляются в степени развитости экологических связей и в особенностях их реализации. Функционирование организма человека возможно только в более или менее определенных нешироких пределах изменений состава 68 экологических факторов. Экологическое сходство человеческой популяции с популяциями других видов заключается в том, что человечеству присуща та же генетическая цель (продолжение рода) и весь спектр экологических связей, которые выявлены в природных популяциях. Все разнообразие людей на Земле является прямым следствием присущих им генетических и средовых различий. Под адаптивным типом человека подразумевают группы людей, которым присущи характерные особенности внешнего облика в результате прямого приспособления к условиям местности, где они проживают. Примерами этого явления могут быть расы, акселерация, ретардация, пролонгация. Человек как вид неотделим от биосферы. «Человек, как и все живое, может мыслить и действовать в планетарном аспекте только в области жизни — в биосфере, в определенной земной оболочке, с которой он неразрывно связан, и уйти из которой он не может. Его существование есть его функция» (В.И.Вернадский). Человечество отличается от популяций иных видов по следующим признакам: трудовая деятельность, коммуникативные связи, членораздельная речь, абстрактное (понятийное) мышление, социальность, альтруизм и т.п. В процессе познания биологических и социальных аспектов взаимоотношений человека и среды его обитания необходимо учитывать основной биологический закон единства организма и необходимых для его жизни условий, и прежде всего энергии. Животные любых видов получают энергию для поддержания жизни двумя основными путями: потреблением пищи и согреванием под лучами Солнца. Соответственно, и выполняемая ими работа осуществляется только в результате мускульной силы. Человек, будучи представителем животного царства, являет собой единственное исключение: сначала он освоил запасы законсервированной солнечной энергии в виде органического топлива (древесина, уголь, нефть и газ), а затем приступил к использованию атомной и иной энергии. Еще около 20 тыс. лет назад

потребление энергии составляло в среднем около 10 тыс. кДж на человека в сутки, а сейчас в экономически развитых странах — свыше 1 млн. кДж. Суммарное потребление энергии всем человечеством увеличилось в 10 млн. раз. Благодаря чрезвычайному росту использования найденной и присвоенной человеком солнечной 69 энергии, законсервированной в органическом топливе, создан и функционирует весь комплекс современного жизнеобеспечения человечества. Эта огромная энергия расходуется людьми, прежде всего, для изменения среды обитания с конечной целью повысить комфортность своего существования. В свою очередь резко ускоряется преобразование природной среды. Все виды живых организмов, обитающих на Земле, вынуждены адаптироваться (приспосабливаться) к среде обитания, к изменяющимся условиям жизни. И только человек, используя освоенную им дополнительную энергию, приспособливает всю целиком среду своего обитания к собственным потребностям, существенным образом и в относительно короткие сроки преобразует природу в планетарных масштабах. В этом проявляется еще одно коренное экологическое отличие человеческой цивилизации. Таким образом, можно утверждать, что экологические отличия человеческой популяции от других наиболее четко выражаются в глубине и масштабах влияния ее на окружающую природную среду. Человек изменяет ее, что в свою очередь вызывает ответное сопротивление среды. Давление человечества на природную среду ныне по масштабам превышает ее сопротивление и часто подавляет его. В растущем дисбалансе между антропогенным давлением на природу и ответным ее сопротивлением кроется одна из экологических особенностей человеческой популяции. Именно в нем таится угроза полного разрушения природных экосистем. Еще одним экологическим отличием человека от других существ, населяющих Землю, является заложенное в его генетической программе осознанное стремление к освоению новых сред обитания, изначально чуждых и даже смертельно опасных для него по ряду показателей. Будучи на данном этапе развития ограниченными возможностями планеты и не сумев при этом наладить экологически сбалансированное природопользование, человечество пытается вырваться в космическое пространство с целью освоения ресурсов последнего, в частности, новых источников энергии. Таким образом, стремясь, по сути, стать космическим видом, современное человечество фактически повторяет путь своих предков, которые, опустошив одну среду обитания, отправлялись осваивать новую. 70 Определенные противоречия во взаимодействии общества с природной средой неизбежны. В процессе обмена между обществом и природой материя (вещество, энергия и информация) никуда не исчезает, а переходит из одной формы в другую.

При этом прогресс общества неизбежно идет «за счет» природы. Однако если общество существует за счет природы, его прогрессивное развитие может быть бесконечным только при условии бесконечности и разнообразия природной среды. Но реальное общество всегда развивается на ограниченном по объему пространстве, каким и является наша планета. Поэтому оно неизбежно на определенном этапе должно столкнуться с экологической проблемой. Резкое увеличение населения планеты и значительный рост производства является выражением силы, по мощности воздействия на поверхностные оболочки планеты почти не уступающей суммарному воздействию всех живых организмов. Человек неолита нашел выход из кризиса. Он открыл земледелие, а затем и скотоводство. Только после этого человек полностью выделился из остального живого мира, начав создавать новые биогеохимические циклы, новые формы неживой материи, новые виды животных. Именно от этой революции ведут отсчет часы истории общества (уже не антропогенеза). Если глобального экологического кризиса за исторический период не было, то локальных кризисов, изменявших историю народов и регионов, было довольно много. Например, к ним относится гибель Древнего Шумера, которая произошла из-за стремления к максимальному использованию поливных земель в междуречье Тигра и Евфрата. В результате неумеренного полива благодатнейшая земля превратилась в солончаковую степь. Такова же судьба многих степных народов, разрушивших свое благополучие стремлением использовать пастбища для выпаса все большего количества скота, в результате перевыпаса степные экосистемы получили огромный урон. Подобным примером может служить египетская цивилизация, цивилизация майя и т.д. К весьма серьезным экологическим последствиям может приводить изъятие на хозяйственные нужды большого количества воды из впадающих в водоемы рек. Примером может служить трагедия Аральского моря, «убитого» человеком, а также катастрофическое засоление и заболачивание огромного количества некогда плодородных земель в результате экстенсивного хозяйствования. Почва обеспечивает существование биосферы, являясь ее основой, она — биологический адсорбент и нейтрализатор загрязнений. Без почвенного покрова невозможно воспроизводство биомассы, а следовательно, накопление колоссальных количеств энергии в процессе фотосинтеза растений. Таким образом современная цивилизация оказалась на пороге общепланетарного экологического кризиса, на пороге бифуркации, способной не только изменить весь характер нашей цивилизации, но и прекратить существование биологического вида *Homo sapiens*. Об особенностях наступающего экологического кризиса написано и сказано уже

очень много. Это и неизбежное потепление климата, и разрушение озонового экрана, и исчерпание природных ресурсов, и сокращение биоразнообразия, дефицит продовольствия (уменьшение производства питания на душу населения планеты — это очень грозный индикатор неблагополучия), ускорение геохимических преобразований природы (рассеивание металлов руд, углерода и других биогенных элементов, торможение минерализации и гумификации, освобождение законсервированного углерода и его окисление, нарушение крупномасштабных процессов в атмосфере, влияющих на климат, и т.п.). В предыстории и истории человечества выделяют ряд экологических кризисов: преантропогенный (аридизации) — 3 млн. лет назад; обеднения ресурсов собирательства и промысла для человека — 30—50 тыс. лет назад; перепромысла крупных животных (кризис консументов) — 10—50 тыс. лет назад; примитивного поливного земледелия — 1,5—2 тыс. лет назад; недостатка растительных ресурсов и продовольствия (кризис продуцентов) — 150—250 лет назад; глобального загрязнения среды и угрозы истощения ресурсов (кризис редуцентов) — 30—50 лет назад; глобальный термодинамический (теплогового загрязнения) — начался и прогнозируется; глобального истощения надежности экологических систем.

Лекция №9

Экономические принципы регулирования техносферного развития

Богатство народов мира, по оценкам Всемирного банка, на 16% сформировано производственным капиталом, на 20% природой и на 64% — накопленными вложениями человека. 74 В России основу богатства составляют природные ресурсы. Бюджет, от которого зависит благополучие населения, формируют в основном налоги на труд и капитал, что составляет около 70% (Д.С.Львов, 2003). Облагая труд налогами, мы в 2 раза увеличиваем издержки производства, а следовательно, и цены, и неконкурентоспособность нашей продукции. Богатство России на сегодняшнее время на 83—88% состоит из природных источников, приращается за счет капитала на 7—10%, за счет человеческого фактора — примерно на 5—7%. В 1998 г. бюджет России был сформирован следующими компонентами: природа — 13%, капитал — 38%, труд — 49%. Планетарное значение природы России должно отражаться в составе национального богатства и при расчетах других макро- и микроэкономических показателей развития России и ее регионов. Цены, складывающиеся без учета социальной и экономической составляющей, дают искаженные сигналы о значимости ресурсов для общества. Неверная

оценка богатств страны и их изменений приводит к стратегическим ошибкам в управлении. Ресурсы окружающей природной среды служили и служат базой для экономического развития. Сегодня западный мир потребляет значительно больше, чем производит. Например, США, население которых составляет 5% от населения планеты, потребляет 40% используемых мировых ресурсов. Западными правителями выработана стратегия «гарантированного технологического отставания России». От этого грабительского порядка страну спасет только автаркия, т.е. изоляция от мира, самодостаточность, самоограничение, замкнутый хозяйственный цикл (А.Г.Савин, 2002). На ранних стадиях формирования человека его функциональная роль и значимость в биосфере ничем не отличалась от роли приматов. Но за последние века «человеческий фактор» в эволюции биосферы постоянно возрастал. Резкий рост численности населения в XIX—XX вв. и ускорение технологического развития социума резко усилили техногенное воздействие на биосферу, которое приобрело разрушительный характер. Есть основания считать, что восстановительные ресурсы биосферы в значительной мере иссякли. Человек вносит принципиально новые элементы во взаимодействие с природой, из-за его деятельности изменились 75 многие земные ландшафты, часть которых можно отнести к категории безвозвратно утраченных. Человек чаще выступает как автономная целостность внутри биосферы и все более выходит за рамки гармоничных отношений с ней. Человеческая цивилизация с одной стороны непрерывно усиливает техногенное давление на биосферу, а с другой неотвратимо растёт осознание ответственности за эволюцию биосферы. Какая тенденция окажет наибольшее влияние на сознание и бытность человека, неизвестно.

Концепция ноосферы В.И.Вернадского

Понятие ноосферы введено французским ученым Э.Ле Руа в 1927 г. и буквально означает «сфера разума». Первая концепция ноосферы разработана французским палеонтологом Тейяром де Шарденом. Ноосфера, по Тейяру де Шардену, — это коллективное сознание, которое станет контролировать направление будущей эволюции планеты и сольется с природой в идеальной точке Омега, подобно тому, как раньше образовывались такие целостности, как молекулы, клетки и организмы. «Геогенез, сказали мы, переходит в биогенез, который, в конечном счете, не что иное, как психогенез... Психогенез привел нас к человеку. Теперь психогенез ступенчато осуществляется, он сменяется и поглощается более высокой функцией — вначале зарождением, затем последующим развитием духа — ноогенезом» (П.Тейяр де Шарден). То есть, по Шардену, в будущем возможно появление некоего коллективного

человеческого сознания, которое станет контролировать направление эволюции. Он рассматривал переход к этой эволюционной фазе как последовательный шаг в глобальном процессе эволюции Универсума (Вселенной). В новом состоянии биосфера переходит в сферу разумного взаимодействия человека и природы — ноосферу. Для де Шардена понятие ноосферы — это некий «планетарный слой» сознания и духовности. Свою интерпретацию концепции ноосферы В.И.Вернадский начал развивать в 1930-е гг., после детальной проработки учения 78 о биосфере. К этому времени он осознавал быстро возрастающую роль человечества в формировании нового облика планеты и представлял, что оно — не только часть биосферной биомассы. Эволюция человека и общества сделала цивилизацию мощным фактором всей дальнейшей эволюции Земли. Все большее количество веществ и энергии вводится в биосферные процессы человеком. Усиливающееся вторжение человека в биогеохимические циклы должно привести в будущем к целенаправленному контролю человеком глобальной биогеохимии. Как живое преобразует косную материю, являющуюся основой его развития, так человек неизбежно обладает обратным влиянием на природу, породившую его. Как живое вещество и косная материя, объединенные цепью прямых и обратных связей, образуют единую систему — биосферу, так человечество и природная среда образуют единую систему — ноосферу. Вернадский искренне верил в возможность формирования созидательного коллективного разума. Движение к ноосфере связывается им не только с проявлением планетообразующей мощи человека, но и с преобразованием самого человека. Развивая концепцию ноосферы, В.И.Вернадский рассмотрел то, как на основе единства предшествующей стадии взаимодействия живой и косной материи на следующей стадии взаимодействия природы и человека может быть достигнута гармония. Ноосфера, по В.И.Вернадскому, — «такого рода состояние биосферы, в котором должны проявляться разум и направляемая им работа человека как новая небывалая на планете геологическая сила». В.И.Вернадский развил концепцию ноосферы как растущего глобального осознания усиливающегося вторжения человека в естественные биогеохимические циклы, ведущего, в свою очередь, к все более взвешенному и целенаправленному контролю человека над глобальной системой. В концепции ноосферы В.И.Вернадского в полной мере представлен один аспект современного этапа взаимодействия человека и природы — глобальный характер единства человека с природной средой. В период создания этой концепции противоречивость данного взаимодействия не проявилась в такой степени, как сейчас. В последние десятилетия в дополнение к глобальному характеру взаимоотношений

человека и природной среды обнаружилась противоречивость этого взаимодействия, чреватая кризисными 79 экологическими состояниями. Стало ясно, что единство человека и природы противоречиво хотя бы потому, что из-за увеличивающегося обилия взаимосвязей между ними растет экологический риск как плата человечества за преобразование природной среды. За время своего существования человек сильно изменил биосферу. По мнению Н.Ф.Реймерса, «люди искусственно и некомпенсированно снизили количество живого вещества Земли, видимо, не менее чем на 30% и забирают в год не менее 20% продукции всей биосферы». Биосфера превращается в техносферу, причем направленность антропогенного воздействия прямо противоположна направленности эволюции биосферы. Можно сказать, что с появлением человека начинается нисходящая ветвь эволюции биосферы — снижается биомасса, продуктивность и информационность биосферы. Как полагает Реймерс, «вслед за прямым уничтожением видов следует ожидать самодеструкции живого. Фактически этот процесс и идет в виде массового размножения отдельных организмов, разрушающих сложившиеся экосистемы». Таким образом, пока еще нельзя ответить на вопрос, создаст ли в будущем человек сферу разума или своей неразумной деятельностью погубит и себя, и все живое. С выходом человека в космос область взаимодействия человека с природной средой перестала ограничиваться сферой Земли. Возможно, в наше время было бы более точным понятие «ноосистема», а не «ноосфера», поскольку последняя после выхода людей в космос уже не соответствует пространственной конфигурации воздействия человека на природу. Понятие «ноосистема» предпочтительнее и в плане научного анализа экологической проблемы, так как оно ориентирует на применение развиваемого во второй половине XX в. системного подхода к изучению объективной реальности. Имеется еще одно важное соображение, не учтенное в концепции ноосферы. Человек взаимодействует со средой его обитания не только разумно, но и чувственно, поскольку он сам существо не только разумное, а разумно-чувственное, в котором разумный и чувственный компоненты сложным образом переплетены. Ноосферу не обязательно следует понимать как некий экологический идеал, поскольку не всегда с экологической точки зрения хорошо то, что рационально, а само понятие разумного исторически 80 изменчиво. Так, все современные технологические схемы, конечно же, по своему разумны и рациональны в традиционном смысле слова, но часто дают отрицательный экологический эффект. В то же время такое чувство, как любовь к природе, не всегда может быть рационально интерпретировано и, тем не менее, способно весьма положительно повлиять на общую

экологическую обстановку. Однако концепция ноосферы сохраняет ценность, поскольку представляет единство человека и природы в виде процесса — ноогенеза, ведущего к становлению единой системы «человек—природная среда». Ноогенез — один из аспектов процесса становления родовой сущности человека. Стремление к осуществлению своих целей в природе останется, по-видимому, главенствующим в определении человеком перспектив его взаимоотношений с природой с того момента, как он перешел от защиты своей видовой специфики к превращению ее в важный фактор формирования природной закономерности. В целом концепция ноосферы напоминает натурфилософские построения и сциентистские утопии. Становление ноосферы — возможность, но не необходимость. Ценность этой концепции в том, что она дает конструктивную модель вероятного будущего, а ее ограниченность в том, что она рассматривает человека прежде всего как разумное существо, тогда как индивиды и тем более общество в целом редко ведут себя по-настоящему разумно. Пока человечество движется отнюдь не к ноосфере, и последняя остается одной из гипотез. Понятие ноосферы близко к идее коэволюционного развития природы и общества. Соразвитие, сосуществование человека и общества в гармонии с природой и с заботой о будущих поколениях интегрирует ноосферный и коэволюционный подходы. Кроме того, сохранение социального прогресса и динамического равновесия живой природы предполагает наличие экологической культуры, экологического сознания и мышления в процессе духовного и материального освоения природы и поддержания ее целостности. В.И.Вернадский одним из первых осознал, что человечество стало мощной геологической, возможно космической, силой, способной преобразовать природу в больших масштабах. Отмечая углубление научного проникновения в суть 81 происходящих в природе процессов, В.И.Вернадский был убежден, что «ноосферное человечество» найдет путь к восстановлению и сохранению экологического равновесия на планете, разработает и осуществит на практике стратегию бескризисного развития природы и общества. При этом он полагал, что человек вполне способен принять на себя функции управления экологическим развитием планеты в целом. В XX в. многие мыслители, представители различных научных направлений, обращались к проблеме ноосферы, пытаясь определить пути ее возникновения и последующего становления. Особую роль в этом сыграли работы Н.Н.Моисеева, который сформулировал собственное представление о ноосфере. По его мнению, ноосфера — не столько состояние биосферы, сколько эпоха, когда человеческий разум будет способен определить условия, необходимые для обеспечения коэволюции природы и общества.

Необходимые условия для этого он определил как «экологический императив». Впоследствии этот термин стал обозначать ту границу допустимой активности человека, которую он не имеет права переступить ни при каких обстоятельствах. Термин «коэволюция» начал означать такое поведение человека, которое имело бы своим результатом не деградацию биосферы, а ее развитие в смысле усложнения самой системы за счет роста числа ее элементов, развития связей и разнообразия организационных форм существования живого вещества планеты. Н.Н.Моисеев считал, что вступление человечества в ноосферу в принципе возможно тогда, когда логика Человека будет согласована с логикой Природы. Человек при этом будет становиться другим — новым человеком, изменяя прежде всего себя. На пути развития ноосферы человеку предстоит преодолеть множество трудностей, и прежде всего — преодолеть самого себя. Не стоит забывать о том, что существование каждого биологического вида на земле — это ежедневное обеспечение его выживания, а поддержание нормальной жизнедеятельности — это обеспечение удовлетворения его потребностей. Потребность — это свойство всего живого, проявляющееся в его взаимодействии со средой жизнедеятельности. Это выражение зависимости биологического или социального существа от условий собственного существования. Животное, в отличие от человека, потребляет необходимый ему приток вещества, энергии и информации в готовом виде, не изменяя и не преобразуя среду. Оно само меняется в ходе эволюции и естественного отбора. В отличие от животного, человеческая деятельность направлена на сознательное и целенаправленное преобразование окружающей среды в соответствии с нуждами человека. Таким образом, можно сделать вывод, что связь животного со средой является односторонней, а связь современного человека с природой — двухсторонней, т.е. человек и среда формируют друг друга. Теория ноосферы, активно развиваемая сегодня многими учеными, на первый план выдвигает не материальный, а духовнонравственный аспект. Участники международного конгресса в Рио-де-Жанейро в 1992 г. констатировали, что к XXI столетию человечество подошло к необходимости определить направление и динамику цивилизованного развития с учетом будущих поколений. На конференции была сформулирована общая позиция планетарного сообщества, получившая название «устойчивое развитие». Академик Н.Н.Моисеев считает целесообразным заменить «устойчивое развитие» на термин «коэволюция человека и биосферы», так как экологической нишей человечества является вся биосфера. В основе социальных воздействий человека на окружающую среду на протяжении последних столетий лежало осознание человеком своей растущей власти над

природой. Современное состояние системы «человек—общество—природа» требует отказаться от потребительского и узко производственного отношения к окружающей среде. Сегодня необходима научно обоснованная стратегия в системе «человек—общество—природа (биосфера)», направленная на преодоление опасного положения, когда создается реальная угроза разрушения биогенетических условий бытия человека. Созданная человеком материальная культура, как это не парадоксально, существует вопреки и благодаря природе. Сохранение обеих сторон этого противоречия является условием сохранения созданной человечеством цивилизации. Осознание человеком социокультурных принципов отношения к природе может способствовать сохранению и воспроизводству биосферы и, в конечном счете, самого человека как биологического существа планеты. То, что на современном этапе взаимодействия общества и природы происходит обострение социоприродных противоречий — 83 общепризнанный факт. Человечество стоит на грани экологической катастрофы. В связи с этим актуализируется необходимость изменения ориентиров социокультурного прогресса, что предполагает формирование экологической культуры, ориентирующей человека на коэволюционное развитие со своей природной средой обитания. В настоящее время под ноосферой понимают сферу взаимодействия человека и природы, в рамках которой определяющим фактором станет разумная человеческая деятельность.