

## Глава 6

### ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Экология зарождалась как биологическая и медицинская наука. Речь шла об экологии человека, его взаимоотношениях со средой, прежде всего с миром, окружающим человека, но не включающим других людей. Подразумевались взаимодействия, взаимосвязи человека-индивида как высокоорганизованного – не только социально, но и биологически – существа с миром его материального бытия. Взаимоотношения же человека с ему подобными полностью отдавались морали, другим социальным институтам, а взаимоотношения общества и природы понимались односторонне: есть активное отношение общества к природе, но обратного отношения нет, поскольку оно казалось не имеющим смысла («природа все стерпит», она неисчерпаема и «несгибаема»). Признание обратного отношения наступило, когда человеческая деятельность обрела геологически значимые масштабы, стала ощутимой, порождая отрицательные для биосферы и самого человека последствия. В число задач экологии вошли, по меньшей мере, три новые: защищать человека, в том числе и его «духовную экологию» (термин академика Д.С. Лихачева), от другого человека, защищать общество от природы, на которую оно оказывает разрушительное воздействие, и защищать природу, конкретно – биосферу, от варварского вмешательства общества в ее функционирование.

Такие задачи обусловили создание социальной экологии, в начале регионального, а затем и глобального характера. Некоторые исследователи отождествляют эти разделы экологии. Диалектически они и в самом деле тождественны, однако от различий между ними также нельзя абстрагироваться. В социальной экологии упор делается на взаимоотношения человека, групп людей и общества, возможно также – на зависимость общества от природы. Глобальная экология, как нам представляется, рассматривает отношение общества к природе и природы к обществу, причем прежде всего в аспекте сохранения природы, способной к обеспечению жизнедеятельности общества. Обеспечение же этой способности является необходимым условием для

экологического здоровья социума (для того чтобы создать достаточные, а не только необходимые условия, требуется гуманное научно-организованное общественное устройство и разумные правила природопользования).

И социальную, и глобальную ветви экологии, по-видимому, можно отнести к разряду общенаучных. Основанием тому служит, в частности, универсальность объекта исследования – взаимосвязи общества и осваиваемой им природы. Экспансия человека в космическое пространство, проникновение его в тайны наследственности, поиски возможности управления ею позволяют говорить не только о глобальной, но и об универсальной, по объекту исследования, экологии. Чтобы выявить экологическое отношение общества и природы, требуется найти и определенные характеристики его носителей, т.е. и общества, и природы. Поэтому экология вынуждена обращаться и к знанию о них, а глобальность, общечеловеческая значимость ее проблем способствуют утверждению экологического смысла в естественно-научном, техническом, гуманитарном познании.

Острота глобально-экологических задач привела к построению – в СССР и США независимо (на основе машинного эксперимента, использования результатов многих наук) – математических моделей целостного биосферного процесса, который совершался бы в результате термоядерной войны. Эти модели – о них модно говорить как об одной модели – признаны выдающимся открытием, имеющим огромное научное и гуманистическое значение. В определенной мере оно приобрело методологический характер, поскольку выступает нормой и основой проведения анализа всех иных широко известных экологических концепций.

Сегодня органический мир перестал быть для человека чем то неизвестным и внушающим ужас или раболепное восхищение. Человек теперь активно изменяет живую природу. Возрастающее вмешательство человека в природу ставит перед ним новые очень серьезные проблемы, которые могут быть решены лишь при условии, что сам человек возьмёт на себя заботу об охране окружающей среды, о сохранении тех тонких соотношений в биосфере, которые сложились в ней за миллионы лет эволюции жизни на Земле.

## **Характеристика и состав биосферы**

В предыдущей главе мы уже касались понятия «биосфера» и некоторых ее характеристик. Здесь мы рассмотрим взаимодействие человека и среды, окружающей человека более подробно.

В буквальном переводе термин «биосфера» обозначает сферу жизни, и в таком смысле он впервые был введен в науку в 1875 г. австрийским геологом и палеонтологом Эдуардом Зюссом (1831–1914). Однако задолго до этого под другими названиями, в частности «пространство жизни», «картина природы», «живая оболочка Земли» и т.п., его содержание рассматривалось многими другими естествоиспытателями.

Первоначально под всеми этими терминами подразумевалась только совокупность живых организмов, обитающих на нашей планете, хотя иногда и указывалась их связь с географическими, геологическими и космическими процессами, но при этом скорее обращалось внимание на зависимость живой природы от сил и веществ неорганической природы. Даже автор самого термина «биосфера» Э. Зюсс в своей книге «Лик Земли», опубликованной спустя почти тридцать лет после введения термина (1909 г.), не замечал обратного воздействия биосферы и определял ее как «совокупность организмов, ограниченную в пространстве и во времени и обитающую на поверхности Земли».

Первым из биологов, который ясно указал на огромную роль живых организмов в образовании земной коры, был Ж.Б. Ламарк. Он подчеркивал, что все вещества, находящиеся на поверхности земного шара и образующие его кору, сформировались благодаря деятельности живых организмов.

Факты и положения о биосфере накапливались постепенно в связи с развитием ботаники, почвоведения, географии растений и других преимущественно биологических наук, а также геологических дисциплин. Те элементы знания, которые стали необходимыми для понимания биосферы в целом, оказались связанными с возникновением экологии, науки, которая изучает взаимоотношения организмов и окружающей среды. 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 Пфедером (1845–1920) трех способов питания живых организмов:

- автотрофное – построение организма за счет использования веществ неорганической природы;
- гетеротрофное – строение организма за счет использования низкомолекулярных органических соединений;
- 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 вещества 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;
- ионосфера – там «живое вещество» отсутствует.

Преобладающие элементы химического состава атмосферы:  $N_2$  (78%),  $O_2$  (21%),  $CO_2$  (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:  $Na^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Cl^-$ , 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 азоту, фосфору, кремнию, 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, магматических и метаморфических 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 органической материи с минеральной (неорганической), представляет собой почву. Остатки организмов после разложения переходят в гумус (плодородную часть почвы). Составными частями почвы служат 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. Таким образом, в количественном отношении земная кора – это «царство» кислорода, химически связанного в ходе геологического развития земной коры.

Постепенно идея о тесной взаимосвязи между живой и неживой природой, об обратном воздействии живых организмов и их систем на окружающие их физические, химические и геологические факторы все настойчивее проникала в сознание ученых и находила реализацию в их конкретных исследованиях. Этому способствовали и перемены, произошедшие в общем подходе естествоиспытателей к изучению природы. Они все больше убеждались в том, что обособленное исследование явлений и процессов природы с позиций отдельных научных дисциплин оказывается неадекватным. Поэтому на рубеже XIX–XX вв. в науку все шире проникают идеи холистического, или целостного, подхода к изучению природы, которые в наше время сформировались в системный метод ее изучения.

Результаты такого подхода незамедлительно сказались при исследовании общих проблем воздействия биотических, или живых, факторов на абиотические, или физические, условия. Так, оказалось, например, что состав морской воды во многом определяется активностью морских организмов. Растения, живущие на песчаной почве, значительно изменяют ее структуру. Живые организмы контролируют даже состав нашей атмосферы. Число подобных примеров легко увеличить, и все

они свидетельствуют о наличии обратной связи между живой и неживой природой, в результате которой живое вещество в значительной мере меняет лик нашей Земли. Таким образом, биосферу нельзя рассматривать в отрыве от неживой природы, от которой она, с одной стороны, зависит, а с другой – сама воздействует на нее. Поэтому перед естествоиспытателями возникает задача – конкретно исследовать, каким образом и в какой мере живое вещество влияет на физико-химические и геологические процессы, происходящие на поверхности Земли и в земной коре. Только подобный подход может дать ясное и глубокое представление о концепции биосферы. Такую задачу как раз и поставил перед собой выдающийся российский ученый Владимир Иванович Вернадский (1863–1945).

### **В.И. Вернадский о биосфере и «живом веществе»**

Центральным в этой концепции является понятие о живом веществе, которое В.И. Вернадский определяет как совокупность живых организмов. Кроме растений и животных, В.И. Вернадский включает сюда и человечество, влияние которого на геохимические процессы отличается от воздействия остальных живых существ, во-первых, своей интенсивностью, увеличивающейся с ходом геологического времени; во-вторых, тем воздействием, какое деятельность людей оказывает на остальное живое вещество.

Это воздействие сказывается прежде всего в создании многочисленных новых видов культурных растений и домашних животных. Такие виды не существовали раньше, и без помощи человека они либо погибают, либо превращаются в дикие породы. Поэтому Вернадский рассматривает геохимическую работу живого вещества в неразрывной связи животного, растительного царства и культурного человечества как работу единого целого.

По мнению В.И. Вернадского, в прошлом не придавали значения двум важным факторам, которые характеризуют живые тела и продукты их жизнедеятельности:

- открытию Пастера о преобладании оптически активных соединений, связанных с дисимметричностью пространственной структуры молекул как отличительной особенностью живых тел;

– вкладу живых организмов в энергетику биосферы и их влиянию на неживые тела. Ведь в состав биосферы входит не только живое вещество, но и разнообразные неживые тела, которые В.И. Вернадский называет косными (атмосфера, горные породы, минералы и т.д.), а также и биокосные тела, образованные из разнородных живых и косных тел (почвы, поверхностные воды и т.п.). Хотя живое вещество по объему и весу составляет незначительную часть биосферы, оно играет основную роль в геологических процессах, связанных с изменением облика нашей планеты.

Поскольку живое вещество является определяющим компонентом биосферы, постольку можно утверждать, что оно может существовать и развиваться только в рамках целостной системы биосферы. Не случайно поэтому В.И. Вернадский считает, что живые организмы являются функцией биосферы и теснейшим образом материально и энергетически с ней связаны, являются огромной геологической силой, ее определяющей.

Исходной основой существования биосферы и происходящих в ней биогеохимических процессов является астрономическое положение нашей планеты и, в первую очередь, ее расстояние от Солнца и наклон земной оси к эклиптике, или к плоскости земной орбиты. Это пространственное расположение Земли определяет в основном климат на планете, а последний, в свою очередь, – жизненные циклы всех существующих на ней организмов. Солнце является основным источником энергии биосферы и регулятором всех геологических, химических и биологических процессов на нашей планете. Эту ее роль образно выразил один из авторов закона сохранения и превращения энергии Юлиус Майер (1814–1878), отметивший, что жизнь есть создание солнечного луча.

Решающее отличие живого вещества от косного заключается в следующем:

– изменения и процессы в живом веществе происходят значительно быстрее, чем в косных телах. Поэтому для характеристики изменений в живом веществе используется понятие исторического, а в косных телах – геологического времени. Для сравнения отметим, что секунда геологического времени соответствует примерно ста тысячам лет исторического;

– в ходе геологического времени возрастают мощь живого вещества и его воздействие на косное вещество биосферы. Это воздействие, указывает В.И. Вернадский, проявляется прежде всего «в непрерывном биогенном токе атомов из живого вещества в косное вещество биосферы и обратно»;

– только в живом веществе происходят качественные изменения организмов в ходе геологического времени. Процесс и механизмы этих изменений впервые нашли объяснение в теории происхождения видов путем естественного отбора Ч. Дарвина (1859 г.);

– живые организмы изменяются в зависимости от изменения окружающей среды, адаптируются к ней, и, согласно теории Дарвина, именно постепенное накопление таких изменений служит источником эволюции.

В.И. Вернадский высказывает предположение, что живое вещество, возможно, имеет и свой процесс эволюции, проявляющийся в изменении с ходом геологического времени, вне зависимости от изменения среды.

Для подтверждения своей мысли он ссылается на непрерывный рост центральной нервной системы животных и ее значение в биосфере, а также на особую организованность самой биосферы. По его мнению, в упрощенной модели эту организованность можно выразить так, что ни одна из точек биосферы «не попадает в то же место, в ту же точку биосферы, в какой когда-нибудь была раньше». В современных терминах, это явление можно описать как необратимость изменений, которые присущи любому процессу эволюции и развития.

Непрерывный процесс эволюции, сопровождающийся появлением новых видов организмов, оказывает воздействие на всю биосферу в целом, в том числе и на природные биокосные тела, например, почвы, наземные и подземные воды и т.д. Это подтверждается тем, что почвы и реки девона совсем другие, чем третичной и тем более нашей эпохи. Таким образом, эволюция видов постепенно распространяется и переходит на всю биосферу.

Поскольку эволюция и возникновение новых видов предполагают существование своего начала, постольку закономерно возникает вопрос: а есть ли такое начало у жизни? Если есть, то где его искать – на Земле или в Космосе? Может ли возникнуть живое из неживого?



Над этими вопросами на протяжении столетий задумывались многие религиозные деятели, представители искусства, философы и ученые. В.И. Вернадский подробно рассматривает наиболее интересные точки зрения, которые выдвигались выдающимися мыслителями разных эпох, и приходит к выводу, что никакого убедительного ответа на эти вопросы пока не существует. Сам он как ученый вначале придерживался эмпирического подхода к решению указанных вопросов, когда утверждал, что многочисленные попытки обнаружить в древних геологических слоях Земли следы присутствия каких-либо переходных форм жизни не увенчались успехом. Во всяком случае некоторые останки жизни были обнаружены даже в докембрийских слоях, насчитывающих 600 миллионов лет. Эти отрицательные результаты, по мнению В.И. Вернадского, дают возможность высказать предположение, что жизнь как материя и энергия существует во Вселенной вечно и поэтому не имеет своего начала. Но такое предположение есть не больше, чем эмпирическое обобщение, основанное на том, что следы живого вещества до сих пор не обнаружены в земных слоях. Чтобы стать научной гипотезой, оно должно быть согласовано с другими результатами научного познания, в том числе и с более широкими концепциями естествознания и философии. Во всяком случае нельзя не считаться со взглядами тех натуралистов и философов, которые защищали тезис о возникновении живой материи из неживой, а в настоящее время даже выдвигают достаточно обоснованные гипотезы и модели происхождения жизни.

Предположения относительно абиогенного, или неорганического, происхождения жизни делались неоднократно еще в античную эпоху, например, Аристотелем, который допускал возможность возникновения мелких организмов из неорганического вещества. С возникновением экспериментального естествознания и появлением таких наук, как геология, палеонтология и биология, такая точка зрения подверглась критике как не обоснованная эмпирическими фактами. Еще во второй половине XVII в. широкое распространение получил принцип, провозглашенный известным флорентийским врачом и натуралистом Ф. Реди, что все живое возникает из живого. Утверждению этого принципа содействовали исследования знаменитого английского

физиолога Уильяма Гарвея (1578–1657), который считал, что всякое животное происходит из яйца, хотя он и допускал возможность возникновения жизни абиогенным путем.

В дальнейшем, по мере проникновения физико-химических методов в биологические исследования, снова и все настойчивее стали выдвигаться гипотезы об абиогенном происхождении жизни. Выше мы уже говорили о химической эволюции как предпосылке возникновения предбиотической, или предбиологической, стадии возникновения жизни. С указанными результатами не мог не считаться В.И. Вернадский, и поэтому его взгляды по этим вопросам не оставались неизменными, но, опираясь на почву точно установленных фактов, он не допускал ни божественного вмешательства, ни земного происхождения жизни. Он перенес возникновение жизни за пределы Земли, а также допускал возможность ее появления в биосфере при определенных условиях. Он писал: «Принцип Реди... не указывает на невозможность абиогенеза вне биосферы или при установлении наличия в биосфере (теперь или раньше) физико-химических явлений, не принятых при научном определении этой формы организованности земной оболочки».

Несмотря на некоторые противоречия, учение Вернадского о биосфере представляет собой новый крупный шаг в понимании не только живой природы, но и ее неразрывной связи с исторической деятельностью человечества.

### **Биогенная миграция химических элементов и биогеохимические принципы**

По Вернадскому, работа живого вещества в биосфере может проявляться в двух основных формах:

- химической (биохимической) – I род геологической деятельности;
- механической – II род такой деятельности.

Геологическая деятельность I рода – построение тел организмов и переваривание пищи, – конечно, является более значительной. Классическим стало функциональное определение жизни, данное Фридрихом Энгельсом: «Жизнь есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их

внешней природой, причем с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь».

Сейчас появилась возможность вычислить скорость этого обмена. Так, по данным Л.Н. Тюрюканова, в пшенице, например, полная смена атомов происходит для фосфора за 15 суток, а для кальция – в 10 раз быстрее: за 1,5 суток! Собственно говоря, постоянный обмен веществ между живым организмом и внешней средой и обуславливает проявление большинства функций живого вещества в биосфере, которые мы рассмотрим и этой части книги. По подсчетам биолога П.Б. Гофмана-Кадошников, в течение жизни человека через его тело проходит 75 т воды, 17 т углеводов, 2,5 т белков, 1,3 т жиров. Между тем, по геохимическому эффекту своей физиологической деятельности человек отнюдь не самый важный вид разнородного живого вещества биосферы. Геохимический эффект физиологической деятельности организмов обратно пропорционален их размерам, и наиболее значимой оказывается деятельность прокариотов – бактерий и цианобактерий.

Большое значение имеет также количество пропускаемого через организм вещества. В этом отношении максимальный геохимический эффект на суше имеют грунтоеды, а в океане – илоеды и фильтраторы. Еще Ч. Дарвин подсчитал, что слой экскрементов, выделяемых дождевыми червями на плодородных почвах Англии, составляет около 5 мм в год! Таким образом, почвенный пласт мощностью в 1 м дождевые черви полностью пропускают через свой кишечник за 200 лет. В океане с дождевыми червями по «пропускной способности» могут конкурировать их близкие родственники, представители того же типа кольчатых червей – полихеты, а также ракообразные. Достаточно 40 экземпляров полихет на 1 м<sup>2</sup>, чтобы поверхностный слой донных осадков мощностью в 20–30 см ежегодно проходил через их кишечник. Субстрат при этом существенно обогащается кальцием, железом, магнием, калием и фосфором по сравнению с исходными илами.

Копролиты (ископаемые остатки экскрементов) известны в геологических отложениях, начиная с ордовика, однако бесспорно, что большинство их при геологических описаниях не учитывается. Происходит это из-за слабой изученности вопроса

и из-за отсутствия диагностических признаков для определения копролитов.

Между тем, в донных отложениях современных водоемов фекальные комочки беспозвоночных распространены очень широко и нередко являются основной частью осадка. В южной Атлантике, например, илы почти нацело слагаются фекалиями планктонных ракообразных, а по берегам Северного моря донные осадки, образованные фекалиями мидий, имеют мощность до 8 м.

Биогенная миграция атомов II рода – механическая – отчетливо проявляется в наземных экосистемах с хорошо развитым почвенным покровом, позволяющим животным создавать глубокие укрытия (гнездовые камеры термитов, например, расположены на глубине 2–4 м от поверхности). Благодаря выбросам землероев, в верхние слои почвы попадают первичные невыветрившиеся минералы, которые, разлагаясь, вовлекаются в биологический круговорот. Недаром известный геолог Г.Ф. Мирчинк (1889–1942) называл суркатарбагана «лучшим геологом Забайкалья» – его норы окружены «коллекциями» горных пород, добытых с глубины нескольких метров!

Понятие «нора» и «гнездо» обычно ассоциируются у нас с грызунами и птицами. Между тем биогенная миграция атомов II рода распространена не только в наземных, но и в морских экосистемах, и здесь ее роль, может быть, еще более значительна. И на дне моря организмы строят себе укрытия, причем не только в мягком, но и в скальном грунте. Олигохеты и полихеты углубляются в грунт на 40 см и более. Двустворчатые моллюски зарываются обычно неглубоко, но некоторые из них – солениды и миа – роют норы, которым позавидует и сурок: они достигают глубины нескольких метров. В зоне прибоя и на перемываемом волнами песке – вот беда! – норы не выроешь и гнездо не сошьешь. Приходится сверлить скальные породы. И сверлят. Сверлят водоросли и губки, бактерии и моллюски, полихеты, морские ежи, рачки...

Сверлильщики появились в далеком геологическом прошлом. Источенные ими породы находят даже в докембрийских отложениях; и поныне они продолжают свою разрушительную работу. Сверлящая деятельность моллюсков фолад вызывает иногда катастрофические последствия. Когда в районе Сочи в

результате непродуманного строительства берег обнажился от гальки, он начал отступать со скоростью до 4 м в год. Главным виновником разрушения были фолადы, которые заселили каждый метр скального берега, сложенного глинистыми сланцами, и принялись дружно сверлить себе подводные норки. К счастью, был найден выход: берег стали укреплять поперечными стенками, а между ними засыпать гальку. В результате сверлильщики были уничтожены, движущаяся под ударами волн галька перемолола их. А в Западной Европе не менее опасную деятельность проводит случайно завезенный из Китая мохнаторукий краб – он проник во многие реки и, строя свои норы, подрывает берега и разрушает плотины.

К биогенной миграции II рода можно отнести и перемещение самого живого вещества. Сюда относятся сезонные перелеты птиц, перемещения животных в поисках корма, массовые миграции животных. Естественно, что все эти разнообразные формы движения живого вызывают и транспортировку небиогенного вещества.

Вернадский, как мы видели, подразделял процессы, осуществляемые в биосфере живым веществом, по характеру самих процессов. Несколько иначе подошел к этому вопросу современник Владимира Ивановича Н.А. Андрусов. «Химическая деятельность организма вообще, имеющая геологическое значение, – писал Андрусов, – может быть сведена к двум категориям: во-первых, к образованию на наружной поверхности или внутри твердых выделений, способных сохраняться; во-вторых, к образованию жидких и газообразных выделений, способных вступать в различные химические реакции с окружающим неорганическим миром». По существу, эту же мысль развивала на современном материале микробиолог Т.В. Аристовская. Она указала, что миграция атомов химических элементов может быть как прямым, так и косвенным результатом жизнедеятельности организмов (в первую очередь бактерий). В таблице совмещены классификационные подходы Вернадского (горизонтальные ряды) и Андрусова–Аристовской (вертикальные столбцы). Для понимания той работы, которую совершает живое вещество в биосфере, очень важными являются три основных положения, которые Владимир Иванович называл «биогеохимическими принципами».

В формулировке В.И. Вернадского они звучат следующим образом:

– I принцип: «Биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению».

– II принцип: «Эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию форм жизни устойчивых в биосфере, идет в направлении, увеличивающем биогенную миграцию атомов биосферы» (или в другой формулировке: «При эволюции видов выживают те организмы, которые своей жизнью увеличивают биогенную геохимическую энергию»).

– III принцип: «В течение всего геологического времени, с криптозооя, заселение планеты должно было быть максимально возможным для всего живого вещества, которое тогда существовало».

Для Вернадского I биогеохимический принцип был тесно связан со способностью живого вещества неограниченно размножаться в оптимальных условиях. «Вихрь атомов», который представляет собой жизнь, по определению Жоржа Кювье, стремится к безграничной экспансии. Следствием этого и является максимальное проявление биогенной миграции атомов в биосфере.

II биогеохимический принцип, по существу, затрагивает кардинальную проблему современной биологической теории – вопрос о направленности эволюции организмов. По мысли Вернадского, преимущества в ходе эволюции получают те организмы, которые приобрели способность усваивать новые формы энергии или «научились» полнее использовать химическую энергию, запасенную в других организмах. В ходе биологической эволюции, таким образом, увеличивается «кпд» биосферы в целом. Чисто математически это показал В.В. Алексеев, который на основе расчетов пришел к следующим выводам: «Эволюция должна идти в направлении увеличения скорости обмена веществом в системе». И далее: «Становится понятным, почему образовались ферменты, роль которых заключается в резком увеличении скоростей реакций, идущих при обычных условиях исключительно медленно».

II биохимический принцип Вернадского получает подтверждения на самом разнообразном эмпирическом материале. Так, в 1956 г. почвовед В.Л. Ковда изложил

результаты химического исследования более 1300 образцов золы современных высших растений. На этом обширнейшем фактическом материале автор пришел к выводу, что (за несколькими исключениями) зольность растений возрастает от представителей древних таксонов к более молодым. Эта закономерность – одно из частных проявлений II биогеохимического принципа. Вообще же его проявления в биосфере очень многообразны и довольно неожиданны. Возьмем другой пример из области ботаники.

Магаданский ботаник А.П. Хохряков недавно установил своеобразную направленность эволюции высших растений – интенсификацию смен органов в ходе индивидуального развития организма. Так, по мнению Хохрякова, у древних древовидных плаунов – лепидодендронов – смене была подвержена только часть листьев. У более продвинутых в эволюционном отношении растений – папоротникообразных – опадают также только листья, но у них в единицу времени по отношению к массе всего тела сменяется большая часть, чем у лепидодендронов. У наиболее примитивных голосеменных – саговников – сменам также подвержены только листья, да и то за исключением оснований. У хвойных периодически сменяются ветви и кора. Наконец, на примере цветковых мы наиболее четко видим переход от многолетних форм (деревья и кустарники) к однолетним (травы). Этот же переход наблюдается и у других таксонов высших растений: среди древних хвощей и плаунов господствовали древовидные формы, а современные нам овощи и плауны – травы; среди папоротников в геологическом прошлом было много древовидных, а сейчас древовидные папоротники вымирают. Такая интенсификация смен, естественно, приводит к усилению биогенной миграции атомов в биосфере. И здесь «работает» II принцип...

III биогеохимический принцип также связан со «всюдностью» или «давлением» жизни. Этот фактор обеспечивает безостановочный захват живым веществом любой территории, где возможно нормальное функционирование живых организмов.

## Ноосфера

Вернадский, анализируя геологическую историю Земли, утверждает, что, под действием новой геологической силы, научной мысли человечества, наблюдается переход биосферы в новое состояние – в ноосферу. Однако в трудах Вернадского нет законченного и непротиворечивого толкования сущности материальной ноосферы, как преобразованной биосферы. В одних случаях он писал о ноосфере в будущем

Таблица 6.1  
Характер и локализация процессов, осуществляемых  
живым веществом

Род геологической деятельности	Характер процесса	Протекание процесса	
		внутри организма	вне организма
I	Химический (биохимический)	Переваривание пищи, построение тела организма	Выделение во внешнюю среду продуктов метаболизма и экскретов; внеклеточное пищеварение
II	Механический	Пропускание неорганических компонентов пищи через желудочный тракт грунтоедов и илоедов	а) Перемещение самого «живого вещества» (следствие этого – транспортировка биогенного вещества); б) перемещение неживого вещества организмами в ходе жизнедеятельности



времени (она еще не наступила), в других в настоящем (мы входим в нее), а иногда связывал формирование ноосферы с появлением человека разумного или с возникновением промышленного производства. Надо заметить, что когда в качестве минералога Вернадский писал о геологической деятельности человека, он еще не употреблял понятий «ноосфера» и даже «биосфера». О формировании на Земле ноосферы он наиболее подробно писал в незавершенной работе «Научная мысль как планетное явление», но преимущественно с точки зрения истории науки.

Итак, что же ноосфера – утопия или реальная стратегия выживания? Труды Вернадского позволяют более обоснованно ответить на поставленный вопрос, поскольку в них указан ряд конкретных условий, необходимых для становления и существования ноосферы. Перечислим эти условия:

1. Заселение человеком всей планеты;
2. Резкое преобразование средств связи и обмена между странами;
3. Усиление связей, в том числе политических, между всеми странами Земли;
4. Начало преобладания геологической роли человека над другими геологическими процессами, протекающими в биосфере;
5. Расширение границ биосферы и выход в космос;
6. Открытие новых источников энергии;
7. Равенство людей всех рас и религий;
8. Увеличение роли народных масс в решении вопросов внешней и внутренней политики;
9. Свобода научной мысли и научного искания от давления религиозных, философских и политических построений и создание в государственном строе условий, благоприятных для свободной научной мысли;
10. Продуманная система народного образования и подъем благосостояния трудящихся. Создание реальной возможности не допустить недоедания и голода, нищеты и чрезвычайно ослабить болезни;
11. Разумное преобразование первичной природы Земли, чтобы сделать ее способной удовлетворить все материальные, эстетические и духовные потребности численно возрастающего населения;

## 12. Исключение войн из жизни общества.

Проследим, насколько выполняются эти условия в современном мире, и остановимся более подробно на некоторых из них.

1. Заселение человеком всей планеты. Это условие выполнено. На Земле не осталось мест, где не ступала бы нога человека. Он обосновался даже в Антарктиде.

2. Резкое преобразование средств связи и обмена между странами. Это условие также можно считать выполненным. С помощью радио и телевидения мы моментально узнаем о событиях в любой точке земного шара. Средства коммуникации постоянно совершенствуются, ускоряются, появляются такие возможности, о которых недавно трудно было даже мечтать. И здесь нельзя не вспомнить пророческих слов Вернадского: «Этот процесс – полного заселения биосферы человеком – обусловлен ходом истории научной мысли, неразрывно связан со скоростью сношений, с успехами техники передвижения, с возможностью мгновенной передачи мысли, ее одновременного обсуждения на всей планете». До недавнего времени средства телекоммуникации ограничивались телеграфом, телефоном, радио и телевидением, о которых писал еще Вернадский. Имелась возможность передавать данные от одного компьютера к другому при помощи модема, подключенного к телефонной линии, документы на бумаге передавались с помощью факсимильных аппаратов. Только в последние годы развитие глобальной телекоммуникационной компьютерной сети Internet дало начало настоящей революции в человеческой цивилизации, которая входит сейчас в эру информации.

В 1968 г. Министерство обороны США озаботилось связью множества своих компьютеров в специальную сеть, которая должна была способствовать научным исследованиям в военно-промышленной сфере. Изначально к этой сети было предъявлено требование устойчивости к частичным повреждениям: любая часть сети может исчезнуть в любой момент. И в этих условиях всегда должно было быть возможным установить связь между компьютером-источником и компьютером-приемником информации (станцией назначения). Разработка проекта такой сети и его осуществление было поручено ARPA – Advanced Research Projects Agency – Управлению передовых исследований Министерства обороны.

Через пять лет напряженной работы такая сеть была создана и получила название ARPAnet.

В течение первых десяти лет развитие компьютерных сетей шло незаметно – их услугами пользовались только специалисты по вычислительной и военной технике. Но с развитием локальных сетей, объединяющих компьютеры в пределах одной какой-либо организации, появилась потребность связать воедино локальные сети различных организаций. Время от времени предпринимались попытки использовать для этого уже готовую сеть ARPAnet, но бюрократы Министерства обороны были против. Жизнь требовала быстрых решений, поэтому за основу будущей сети Internet была взята структура уже существующей сети ARPAnet. В 1973 г. было организовано первое международное подключение – к сети подключились Англия и Норвегия.

Однако причиной начала взрывного роста сети Internet в конце 80-х гг. стали усилия NSF (National Science Foundation – Национальный научный фонд США) и других академических организаций и научных фондов всего мира по подключению научных учреждений к сети. Рост и развитие сети Internet, совершенствование вычислительной и коммуникационной техники идет сейчас подобно тому, как идет размножение и эволюция живых организмов. На это в свое время обратил внимание Вернадский: «Со скоростью, сравнимой со скоростью размножения, выражаемой геометрической прогрессией в ходе времени, создается этим путем в биосфере все растущее множество новых для нее косных природных тел и новых больших природных явлений». «...Ход научной мысли, например, в создании машин, как давно замечено, совершенно аналогичен ходу размножения организмов». Если раньше сетью пользовались только исследователи в области информатики, государственные служащие и подрядчики, то теперь практически любой желающий может получить доступ к ней. И здесь мы видим воплощение мечты Вернадского о благоприятной среде для развития научной работы, популяризации научного знания, об интернациональности науки. Действительно, если раньше людей разделяли границы и огромные расстояния, то теперь, возможно, только языковой барьер. «Всякий научный факт, всякое научное наблюдение, – писал Вернадский, – где бы и кем бы они ни были сделаны, поступают в единый научный аппарат,

в нем классифицируются и приводятся к единой форме, сразу становятся общим достоянием для критики, размышлений и научной работы». Но если раньше для того, чтобы вышла в свет научная работа, чтобы научная мысль стала известной миру, требовались годы, то сейчас любой ученый, имеющий доступ к сети Internet, может представить свой труд, например, в виде так называемой WWW-странички (World-Wide Web – «Все-мирная паутина») на обозрение всем пользователям сети, причем не только текст статьи и рисунки (как на бумаге), но и подвижные иллюстрации, а иногда и звуковое сопровождение. Сейчас сеть Internet – это мировое сообщество около 30 тысяч компьютерных сетей, взаимодействующих между собой. Население Internet уже составляет почти 30 миллионов пользователей и около 10 миллионов компьютеров, причем количество узлов каждые полтора года удваивается. Вернадский писал: «Скоро можно будет сделать видными для всех события, происходящие за тысячи километров». Можно считать, что и это предсказание Вернадского сбылось.

3. Усиление связей, в том числе политических, между всеми странами Земли. Это условие можно считать если не выполненным, то выполняющимся. Возникшая после второй мировой войны Организация Объединенных Наций (ООН) оказалась гораздо более устойчивой и действенной, чем Лига наций, существовавшая в Женеве с 1919 г. по 1946 г.

4. Начало преобладания геологической роли человека над другими геологическими процессами, протекающими в биосфере. Это условие также можно считать выполненным, хотя именно преобладание геологической роли человека в ряде случаев привело к тяжелым экологическим последствиям. Объем горных пород, извлекаемых из глубин Земли всеми шахтами и карьерами мира, сейчас почти в два раза превышает средний объем лав и пеплов, выносимых ежегодно всеми вулканами Земли.

5. Расширение границ биосферы и выход в космос. В работах последнего десятилетия жизни Вернадский не считал границы биосферы постоянными. Он подчеркивал расширение их в прошлом как итог выхода живого вещества на сушу, появления высокоствольной растительности, летающих насекомых, а позднее летающих ящеров и птиц. В процессе

перехода в ноосферу границы биосферы должны расширяться, а человек должен выйти в космос. Эти предсказания сбылись.

6. Открытие новых источников энергии. Условие выполнено, но, к сожалению, с трагическими последствиями. Атомная энергия давно освоена и в мирных, и в военных целях. Человечество (а точнее, политики) явно не готово ограничиться мирными целями, более того – атомная (ядерная) сила вошла в наш век прежде всего как военное средство и средство устрашения противостоящих ядерных держав. Вопрос об использовании атомной энергии глубоко волновал Вернадского еще более полувека назад. В предисловии к книге «Очерки и речи» он пророчески писал: «Недалеко время, когда человек получит в свои руки атомную энергию, такой источник силы, который даст ему возможность строить свою жизнь, как он захочет... Сумеет ли человек воспользоваться этой силой, направить ее на добро, а не на самоуничтожение? Дорос ли он до умения использовать ту силу, которую неизбежно должна ему дать наука?»

Огромный ядерный потенциал поддерживается чувством взаимного страха и стремлением одной из сторон к зыбкому превосходству. Могущество нового источника энергии оказалось сомнительным, он пришелся не ко времени и попал не в те руки. Для развития международного сотрудничества в области мирного использования атомной энергии в 1957 г. создано Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ), объединившее к 1981 г. 111 государств.

7. Равенство людей всех рас и религий. Это условие если не достигнуто, то, во всяком случае, достигается. Решительным шагом для установления равенства людей различных рас и вероисповеданий было разрушение в конце прошлого века колониальных империй.

8. Увеличение роли народных масс в решении вопросов внешней и внутренней политики. Это условие соблюдается во всех странах с парламентской формой правления.

9. Свобода научной мысли и научного искания от давления религиозных, философских и политических построений и создание в государственном строе условий, благоприятных для свободной научной мысли. Трудно говорить о выполнении этого условия в стране, где еще совсем недавно наука находилась под колоссальным гнетом определенных философских и

политических настроений. Сейчас наука от таких давлений свободна, однако из-за тяжелого экономического положения в российской науке многие ученые вынуждены зарабатывать себе на жизнь не научным трудом, другие уезжают за границу. Для поддержания российской науки созданы международные фонды. В развитых и даже развивающихся странах, что мы видим на примере Индии, государственный и общественный строй создают режим максимального благоприятствования для свободной научной мысли.

10. Продуманная система народного образования и подъем благосостояния трудящихся. Создание реальной возможности не допустить недоедания и голода, нищеты и чрезвычайно ослабить болезни. О выполнении этого условия трудно судить объективно, находясь в большой стране, стоящей на пороге голода и нищеты, как об этом пишут все газеты. Однако Вернадский предупреждал, что процесс перехода биосферы в ноосферу не может происходить постепенно и однонаправлено, что на этом пути временные отступления неизбежны. И обстановку, сложившуюся сейчас в нашей стране, можно рассматривать как явление временное и преходящее.

11. Разумное преобразование первичной природы Земли, чтобы сделать ее способной удовлетворить все материальные, эстетические и духовные потребности численно возрастающего населения. Это условие, особенно в нашей стране, не может считаться выполненным, однако первые шаги в направлении разумного преобразования природы во второй половине XX в., несомненно, начали осуществляться. В современный период происходит интеграция наук на базе экологических идей. Вся система научного знания дает фундамент для экологических задач. Об этом также говорил Вернадский, стремясь создать единую науку о биосфере. Экологизация западного сознания происходила начиная с 70-х гг., создавая условия для возникновения экофильной цивилизации. Сейчас экстремистская форма зеленого движения оказалась там уже не нужной, поскольку заработали государственные механизмы регулирования экологических проблем. В СССР до 80-х гг. считалось, что социалистическое хозяйствование препятствует угрозе экологического кризиса. В период перестройки этот миф развеялся, активизировалось движение зеленых. Однако в современный период политическое руководство

переориентировалось в основном на решение экономических проблем, проблемы экологии отошли на задний план. В мировом масштабе для разрешения экологической проблемы в условиях роста населения планеты требуется способность решения глобальных проблем, что в условиях суверенитета различных государств кажется сомнительным.

12. Исключение войн из жизни общества. Это условие Вернадский считал чрезвычайно важным для создания и существования ноосферы. Но оно не выполнено и пока не ясно, может ли оно быть выполнено. Мировое сообщество стремится не допустить мировой войны, хотя локальные войны еще уносят многие жизни.

Таким образом, мы видим, что налицо все те конкретные признаки, все или почти все условия, которые указывал В.И. Вернадский для того, чтобы отличить ноосферу от существовавших ранее состояний биосферы. Процесс ее образования постепенный, и, вероятно, никогда нельзя будет точно указать год или даже десятилетие, с которого переход биосферы в ноосферу можно будет считать завершенным. Но, конечно, мнения по этому вопросу могут быть разные.

Сам Вернадский, замечая нежелательные, разрушительные последствия хозяйствования человека на Земле, считал их некоторыми издержками. Он верил в человеческий разум, гуманизм научной деятельности, торжество добра и красоты. Что-то он гениально предвидел, в чем-то, возможно, он ошибался. Ноосферу следует принимать как символ веры, как идеал разумного человеческого вмешательства в биосферные процессы под влиянием научных достижений. Надо в нее верить, надеяться на ее пришествие, предпринимать соответствующие меры.

### **Роль человеческого фактора в развитии биосферы**

Центральной темой учения о ноосфере является единство биосферы и человечества. Вернадский в своих работах раскрывает корни этого единства, значение организованности биосферы в развитии человечества. Это позволяет понять место и роль исторического развития человечества в эволюции биосферы, закономерности ее перехода в ноосферу.

Одной из ключевых идей, лежащих в основе теории Вернадского о ноосфере, является то, что человек не является самодостаточным живым существом, живущим отдельно по своим законам, он сосуществует внутри природы и является частью ее. Это единство обусловлено прежде всего функциональной неразрывностью окружающей среды и человека, которую пытался показать Вернадский как биогеохимик. Человечество само по себе есть природное явление, и естественно, что влияние биосферы сказывается не только на среде жизни, но и на образе мысли людей.

Но не только природа оказывает влияние на человека, существует и обратная связь. Причем, она не поверхностная, отражающая физическое влияние человека на окружающую среду, она гораздо глубже. Это доказывает тот факт, что в последнее время заметно активизировались планетарные геологические силы. Это совпало, едва ли случайно, с проникновением в научное сознание убеждения о геологическом значении *Homo sapiens*, с выявлением нового состояния биосферы – ноосферы – и является одной из форм ее выражения. Оно связано, конечно, прежде всего с уточнением естественной научной работы и мысли в пределах биосферы, где живое вещество играет основную роль. Так, в последнее время резко меняется отражение живых существ на окружающей природе. Благодаря этому процесс эволюции переносится в область минералов. Резко меняются почвы, воды и воздух, т.е. эволюция видов сама превратилась в геологический процесс, так как в процессе эволюции появилась новая геологическая сила. Вернадский писал: «Эволюция видов переходит в эволюцию биосферы».

Здесь естественно напрашивается вывод о том, что геологической силой является собственно вовсе не *Homo sapiens*, а его разум, научная мысль социального человечества. В «Философских мыслях натуралиста» Вернадский писал: «Мы как раз переживаем ее яркое вхождение в геологическую историю планеты. В последние тысячелетия наблюдается интенсивный рост влияния одного видового живого вещества – цивилизованного человечества – на изменение биосферы. Под влиянием научной мысли и человеческого труда биосфера переходит в новое состояние – в ноосферу».



Мы являемся наблюдателями и исполнителями глубокого изменения биосферы. Причем, перестройка окружающей среды научной человеческой мыслью посредством организованного труда вряд ли является стихийным процессом. Корни этого лежат в самой природе и были заложены еще миллионы лет назад в ходе естественного процесса эволюции. «Человек... составляет неизбежное проявление большого природного процесса, закономерно длящегося в течение, по крайней мере, двух миллиардов лет».

Отсюда, кстати, можно заключить, что высказывания о самоистреблении человечества, о крушении цивилизации не имеют под собой веских оснований. Было бы по меньшей мере странно, если бы научная мысль – порождение естественного геологического процесса – противоречила бы самому процессу. Мы стоим на пороге революционных изменений в окружающей среде: биосфера посредством переработки научной мыслью переходит в новое эволюционное состояние – ноосферу.

Заселяя все уголки нашей планеты, опираясь на государственно организованную научную мысль и на ее порождение, технику, человек создал в биосфере новую биогенную силу, поддерживающую размножение и дальнейшее заселение различных частей биосферы. Причем, вместе с расширением области жительства, человечество начинает представлять собой все более сплоченную массу, так как развивающие средства связи – средства передачи мысли окутывают весь земной шар. «Этот процесс – полного заселения биосферы человеком – обусловлен ходом истории научной мысли, неразрывно связан со скоростью сношений, с успехами техники передвижения, с возможностью мгновенной передачи мысли, ее одновременного обсуждения всюду на планете».

При этом человек впервые реально понял, что он житель планеты и может и должен мыслить и действовать в новом аспекте, не только в аспекте отдельной личности, семьи или рода, государств или их союзов, но и в планетном аспекте. Он, как и все живое, может мыслить и действовать в планетном аспекте только в области жизни – в биосфере, в определенной земной оболочке, с которой он неразрывно, закономерно связан и уйти из которой он не может. Его существование есть ее функция. Он несет ее с собой всюду. И он ее неизбежно, закономерно, непрерывно изменяет. Похоже, что впервые мы

находимся в условиях единого геологического исторического процесса, охватившего одновременно всю планету. Конец XX в. и начало XXI века характерен тем, что любые происходящие на планете события связываются в единое целое. И с каждым днем социальная, научная и культурная связанность человечества только усиливается и углубляется.

Результат всех вышеперечисленных изменений в биосфере планеты дал повод французскому геологу Тейяр де Шардену заключить, что биосфера в настоящий момент быстро геологически переходит в новое состояние – в ноосферу, т.е. такое состояние, в котором человеческий разум и направляемая им работа представляют собой новую мощную геологическую силу. Это совпало, видимо, не случайно, с тем моментом, когда человек заселил всю планету, все человечество экономически объединилось в единое целое, и научная мысль всего человечества слилась воедино, благодаря успехам в технике связи. Таким образом:

- человек, как он наблюдается в природе, как и все живые организмы, как всякое живое вещество, есть определенная функция биосферы, в определенном ее пространстве-времени;

- человек во всех его проявлениях представляет собой часть биосферы;

- прорыв научной мысли подготовлен всем прошлым биосферы и имеет эволюционные корни. Ноосфера – это биосфера, переработанная научной мыслью, подготавливающейся всем прошлым планеты, а не кратковременное и переходящее геологическое явление.

Вернадский неоднократно отмечал, что «цивилизация «культурного человечества» – поскольку она является формой организации новой геологической силы, создавшейся в биосфере, – не может прерваться и уничтожиться, так как это есть большое природное явление, отвечающее исторически, вернее, геологически сложившейся организованности биосферы. Образуя ноосферу, она всеми корнями связывается с этой земной оболочкой, чего раньше в истории человечества в сколько-нибудь сравнимой мере не было».

Многое из того, о чем писал Вернадский, становится достоянием сегодняшнего дня. Современны и понятны нам его мысли о целостности, неделимости цивилизации, о единстве биосферы и человечества. Переломный момент в истории

человечества, о чем сегодня говорят ученые, политики, публицисты, был увиден Вернадским.

Вернадский видел неизбежность ноосферы, подготавливаемой как эволюцией биосферы, так и историческим развитием человечества. С точки зрения ноосферного подхода, по-иному видятся и современные болевые точки развития мировой цивилизации. Варварское отношение к биосфере, угроза мировой экологической катастрофы, производство средств массового уничтожения – будем надеяться, что все это имеет преходящее значение. Вопрос о коренном повороте к истокам жизни, к организованности биосферы в современных условиях должен звучать как набат, призыв к тому, чтобы мыслить и действовать, в биосферном – планетном аспекте.

Биосфера находится на стыке литосферы, гидросферы и атмосферы и играет важнейшую роль в обмене веществ между ними. Огромные количества кислорода, углерода, азота, водорода и других элементов постоянно проходят через живые организмы Земли. Вернадский показал, что практически все элементы в таблице Менделеева включаются в живое вещество планеты и выделяются из него при распаде. Поэтому лик Земли как небесного тела сформировался под влиянием жизни.

Вернадский же подчеркнул огромную геологическую роль человека. Он показал, что будущее биосферы – это ноосфера, т.е. сфера разума. Учёный верил в силу человеческого разума, в его способность решить проблемы экологии и экологического равновесия с природой.

Исследование проблемы социоприродного взаимодействия в последнее время приобретает две определенно выраженные особенности. С одной стороны, социоприродная проблематика все более конкретизируется, приобретая форму локальных естественно-научных проблем, с другой – возможности конкретно-научного анализа оказываются значительно подорванными издержками собственной методологической базы. Процесс исследования проблемы на прикладном уровне уже достиг такой стадии, когда собственного методологического арсенала оказывается недостаточно не только для необходимого теоретического обобщения имеющегося эмпирического материала и создания собственных концептуальных схем, но и для формирования изначальных целевых установок, определяющих основные направления

научного поиска. Традиционный характер прикладного исследования, когда познавательный процесс ограничен рамками анализа отдельного биосферного компонента, с заключительной констатацией антропогенных аномалий, не может в должной мере удовлетворить потребности современной теории и практики социального природопользования. От науки требуются ответы на вопросы, которые не могут быть получены в рамках отдельной научной дисциплины, а предполагают ее интеграцию не только с родственными конкретными дисциплинами, но и с философией, в частности – с диалектическим материализмом.

Эффективность междисциплинарного подхода к проблеме социоприродного взаимодействия отмечал еще В.И. Вернадский. «Мы все больше специализируемся не по наукам, а по проблемам, – писал он. – Это позволяет, с одной стороны, чрезвычайно углубиться в изучаемое явление, а с другой – расширить охват со всех точек зрения». Можно отметить, что успех такого объединения зависит не только от того, насколько каждая из дисциплин может осветить свой пласт проблем, но также от уровня согласованности между науками, от того, насколько верно определены функции каждой из дисциплин в отношении друг к другу.

Если для конкретных экологических дисциплин характерно стремление определить степень, формы, характер различных патологий (в том числе антропогенных) в системе биосферных комплексов, то для философии важно общеметодологическое обеспечение исследовательского процесса. Оно состоит в осуществлении функций междисциплинарной интеграции, выявлении адекватности теоретических естественно-научных схем уровню системной организованности объекта, содействии в разработке новых методов и познавательных процедур в моменты перехода научного знания на новый уровень анализа объектов, развитии понятийного и концептуального аппарата в связи с расширением границ познавательной деятельности и включением в сферу исследования качественно новых объектов и т.д. Важным шагом в естественно-научном экологическом исследовании является поиск оптимальных вариантов взаимодействия человека и природы.

Прежде чем говорить о том, в какой форме протекают негативные антропогенные процессы, каковы уровень

аномальных изменений в конкретном природном комплексе и пути его преодоления, следует определить исходные позиции, выявить определенную точку отсчета, в соответствии с которой могут быть определены степень и форма изменений.

В идеальном варианте этой отправной точкой должно служить достаточно полное представление о параметрах функционирования биосферы, безотносительно к человеку. Знание основных законов организации и функционирования биосферной системы позволило бы построить целостную картину оптимального состояния природной среды в ее взаимодействии с социальной системой, в пределах которых возможны различные антропогенные изменения. В этом случае появилась бы возможность создать (не впадая в крайности натурфилософии) своеобразную метатеорию, определяющую характер конкретного естественно-научного поиска.

Однако ситуация сложилась таким образом, что отвечать на поставленные практикой социального природопользования вопросы приходится раньше, чем в естествознании появились соответствующие теоретические предпосылки, где до сих пор не сложилось четкого представления об основных принципах самоорганизации биосферных систем, не выявлены самообразующие факторы в природных комплексах, высказываются противоположные (порой взаимоисключающие) предположения о механизме биосферной эволюции, крайне противоречивы представления о прогрессивной направленности эволюционного процесса и т.д.

Нынешние масштабы техногенных изменений биосферы не укладываются в рамки имеющихся теоретических разработок, а создание новой теории, способной отразить содержание глобальных антропогенных изменений, – довольно проблематичная перспектива. В сложившейся ситуации, когда теория социального природопользования не может быть выведена из развитых естественно-научных предпосылок, можно поставить вопрос о характере ее становления, о роли философии в формировании целостной естественно-научной картины социоприродного взаимодействия.

При рассмотрении глобальных проблем, включающих большое количество граней, сторон, форм проявления, можно, в первом приближении, ограничиться какими-либо наиболее репрезентативными аспектами. В нашем случае роль подобного

репрезента может играть проблема качества природной среды, являющаяся концентрированным выражением если не всей совокупности социоприродной проблематики, то, безусловно, наиболее существенной ее части.

Понятие качества природной среды относится к достаточно устоявшимся в социальной экологии, несмотря на некоторую абстрактность его содержания. Отдельные аспекты качества выражены в частных понятиях: «качество воды», «качество воздуха», в какой-то мере – «качество почвы». Эти термины, широко используемые при оценке состояния природных комплексов, наполнены практическим содержанием, но они и исчерпывают всю конкретику понятия качества природной среды, в отношении которого сохраняется неопределенность, приводящая к авторскому волюнтаризму. В этом отношении характерно звучит вывод одного из участников советско-американского симпозиума, посвященного проблемам контроля за качеством природной среды, о том, что термин «качество природной среды» имеет столько значений, сколько людей пытается его определить.

В сложной системе биосферы такие элементы, как вода, воздух, играют принципиальную роль, входят в состав каждой экологической системы и обеспечивают процессы метаболизма на любом уровне организации биологических структур. Но теоретическая разработанность этих терминов, их содержательная наполненность объясняются прежде всего тем, что они имеют определяющее значение для нормального функционирования собственно человеческого организма. Различные изменения в структуре данных компонентов прямым образом сказываются на его жизнедеятельности.

Такое исследование проблемы качества природы ограничивается в основном обсуждением методики контроля за изменениями процентного содержания вредных примесей в атмосфере, поиском технически эффективных средств контроля за термальными колебаниями в воздушной и водной средах, выявлением возможности математической обработки результатов комплексного мониторинга и т.д. Понятие качества среды по существу связано с представлением об оптимальности санитарно-гигиенических критериев, сформулированных в рамках прикладных медико-биологических дисциплин.

Данное представление содержит в себе ряд как положительных, так и негативных моментов. Прежде всего оно отражает, с приблизительной степенью адекватности, реалии обыденной практики. Выступая нормативным положением, основывающимся на результатах достаточно полного эмпирического материала, она выполняет свою узкую специальную функцию контроля за динамикой биосферы в процессе антропогенеза, фиксируя негативные стохастические процессы в окружающей человека среде.

Узость и чрезмерная специализированность существующих критериев в оценке состояния природы – негативная сторона такого подхода. Существующие представления о качестве не только не могут быть сведены в единую систему комплексной оценки реальных биосферных процессов, но в своем конкретном проявлении часто находятся в состоянии взаимного противоречия, не имеющем должного методологического обоснования выбора уровня оптимальности. В этом случае субъективность как в выборе целевых установок при формализации сложного объекта, так и в разграничении экологических факторов по степени социальной значимости обусловлена отсутствием объективных онтологических критериев для сопоставления переменных, имеющих принципиально-несводимые параметры, например, такие как степень экологической устойчивости вида и его социальная значимость.

Положение, когда отмечается принципиальная несводимость качественных характеристик к единому знаменателю, постоянно создает дилемму приоритета одного фактора над другим, а она разрешается в большинстве своем в соответствии с субъективным представлением о модальности природных явлений. Решение проблемы отдается по существу на откуп интуиции исследователя, и в этом случае всегда существует опасность противоречия, когда мероприятия по улучшению качества отдельного элемента оказываются катастрофическими для другого. Так, повышение водного потенциала какой-то территории путем зарегулирования стока рек пагубно сказывается на состоянии рыбных запасов из-за уменьшения размеров и изменения сроков затопления естественных нерестилищ; увеличение плодородия почв путем

введения органических соединений ведет к ускорению процессов эвтрофикации водоемов.

Такая ситуация, когда любая попытка поэтапного улучшения качества среды помимо запланированных результатов влечет за собой цепь деструктивных процессов в природе и негативные последствия такого воздействия, совершенно обесценивает полученный результат, часто вызывает определенную растерянность у исследователя. С мировоззренческой точки зрения, он приходит к позиции отрицания любой формы воздействия на природную среду, а в методологическом плане, в процессе прикладной работы вынужден руководствоваться принципом: «Качественно то, что хорошо с точки зрения моей науки, моей отрасли, моего подхода». Таким образом, представления о качестве природной среды у ученых, принадлежащих к различным школам и направлениям, оказываются взаимонесовместимыми.

Другой актуальной проблемой является то логическое противоречие, которое неизбежно возникает при попытке описать проблему качества, исходя из имеющихся стандартов. Введение различных стандартов типа ПДК (предел допустимой концентрации), ПДН (предел допустимой нагрузки) и других – мера вынужденная, вызванная невозможностью комплексной оценки разнонаправленных изменений в системе биосферы под воздействием техногенного фактора. Введение статических критериев для описания динамического эволюционирующего объекта изначально содержит в себе внутреннее противоречие. Совершенно очевидно, что такие критерии могут иметь только одностороннюю линейную направленность, способны отразить оптимальность условий существования лишь одного из объектов в ущерб другим компонентам системы. Функциональная ограниченность такого подхода и обуславливает откровенно антропоцентрический характер системы существующих стандартов качества среды. Расширительному толкованию подобные критерии не подлежат, ибо попытки подобным же образом сформировать аналогичную систему по отношению к другому элементу приходят в противоречие с имеющейся.

Представление о качественном как оптимальном, наиболее благоприятном для биологии человека состоянии конкретного класса природных комплексов основано на статичном восприятии объекта, не учитывающем его эволюционной сути.



Здесь отмечается следующая особенность: качество как выражение оптимальности в его связях с человеком предполагает неизменность сущностных характеристик, обусловленную постоянством количественных параметров объекта, т.е. содержанием различных компонентов в структуре биосферного комплекса, количественной определенностью термальных характеристик, числовой упорядоченностью энтропийных процессов и т.д. Сопряженность категорий «качество» и «количество» оказывается в этом случае урезанной: под качеством понимается степень соответствия социальному элементу, являющемуся «внешним», не включенным в природную систему фактором, а «количество» по существу сведено к одному из всего многообразия ее проявлений, к числовому выражению, что значительно обедняет ее содержание.

Сложившаяся в современном естествознании ситуация разобщенности по вопросу о качестве природной среды стала серьезным препятствием для формирования стратегии оптимального природопользования.

Характерной особенностью современных естественно-научных исследований различных аспектов качества природы является концептуальный разрыв в целостном восприятии проблемы, отсутствие должной связи между общетеоретическими основаниями исследуемой проблемы и ее функционально-прикладной частью. В результате складывается парадоксальная ситуация, когда активно разрабатывается методика контроля за качеством окружающей среды, обосновываются важнейшие принципы экологического мониторинга, развивается система понятий, отражающих процесс изменения качества среды, делаются попытки выявления количественных, числовых параметров качества природных элементов и вместе с тем существуют самые неопределенные представления о том, что такое качество природной среды, полностью отсутствует теоретико-методологический базис в исследовании этой проблемы.

### **Современная концепция экологии**

О проблемах экологии по-настоящему заговорили в 70-е гг. нашего века, когда не только специалисты, но и рядовые

граждане почувствовали, какую возрастающую угрозу несет нынешнему и будущим поколениям техногенная цивилизация. Загрязнение атмосферы, отравление рек и озер, кислотные дожди, все увеличивающиеся отходы производства, в особенности использованных радиоактивных веществ, и многое другое – все это не могло не повлиять на рост интереса широких слоев населения к проблемам экологии. В связи с этим изменился и сам взгляд на предмет экологии. Сам термин «экология» был введен Э. Геккелем свыше ста лет назад, и как самостоятельная научная дисциплина экология формировалась еще в 1900 г., тем не менее, долгое время она оставалась чисто биологической дисциплиной. В настоящее время экология вышла уже из этих узких рамок и стала по сути дела междисциплинарным направлением исследований процессов, связанных с взаимодействием биосферы и общества. Как указывает известный специалист по этим вопросам Ю. Одум, сейчас экология оформилась в принципиально новую интегрированную дисциплину, связывающую физические и биологические явления и образующую мост между естественными и общественными науками. О связи экологии с общественными и гуманитарными науками свидетельствует появление таких ее разделов, как социальная, медицинская, историческая, этическая экологии. Более полное представление об экологии и ее задачах мы получим, если будем рассматривать структуру и динамику различных экологических систем, а также разные уровни их организации и иерархии.

### **Экологические системы и их структуры**

К экологическим системам обычно относят все живые системы вместе с окружающей их средой, начиная от отдельной популяции и кончая биосферой. Все они являются *открытыми* системами, которые обмениваются с окружающей природной средой веществом, энергией или информацией. Наименьшей единицей экологии является совокупность организмов определенного вида, которые взаимодействуют между собой внутри вида, а вид как целостная система – с окружающей средой. Следовательно, ни молекулярный, ни клеточный, ни организменный уровни, о которых шла речь выше, не рассматриваются в экологии, хотя и живая молекула, и клетка, и

тем более организм представляют собой открытые системы, которые могут существовать благодаря взаимодействию со средой. Даже отдельные популяции в чистом виде выделить трудно, поскольку в естественной природе они объединяются в более обширные сообщества живых систем и взаимодействуют также с неживыми факторами среды. На популяционном уровне, как мы видели, различают такие сообщества, или экологические системы, как биоценозы и биогеоценозы, в которых сообщества живых организмов исследуются в тесной связи с неорганическими условиями их существования, например, почвой, микроклиматом, гидрологией местности и т.п. Еще более крупным системным объединением в экологии считается *биом*, который включает в свой состав живые системы и неживые факторы на обширной территории, например, листовые породы деревьев на среднерусской возвышенности. Наконец, биосфера охватывает, согласно В.И. Вернадскому, все живое, биокосное и косное вещество на поверхности нашей планеты. И хотя она в известных пределах функционирует автономно, но в конечном итоге может существовать и развиваться только за счет энергии Солнца и потому является также открытой системой, которую, в отличие от других систем, называют *экосферой*.

В экологии наибольшее значение для изучения структуры ее систем приобретает анализ тех *трофических*, или пищевых, связей, которые соединяют различные популяции друг с другом. О них кратко говорилось выше, но теперь мы обратимся к более подробной классификации, чтобы выяснить механизм функционирования трофических связей. Как и раньше, будем различать автотрофные и гетеротрофные организмы соответственно тому, питаются ли они самостоятельно за счет преобразования неорганической энергии или же поедают другие живые организмы. Поэтому в экосистеме можно выделить два уровня:

- на верхнем, *автотрофном* уровне, который называют также зеленым поясом, мы встречаемся с растениями, содержащими хлорофилл и перерабатывающими солнечную энергию и простые неорганические вещества в сложные органические соединения;
- на нижнем, *гетеротрофном* уровне происходит преобразование и разложение этих органических соединений в

простые. Таким образом, в механизме трофических связей можно выделить следующие элементы:

- *продуценты* автотрофных организмов, главным образом зеленых растений, которые могут производить пищу из простых неорганических веществ;

- *фаготрофы*, к которым принадлежат гетеротрофные животные, питающиеся другими живыми организмами, растительными и животными;

- *сапротрофы*, которые получают энергию путем разложения мертвых тканей или растворенного органического вещества. В связи с этим гетеротрофные организмы разделяют на *биофагов*, поедающих живые организмы, и *сапрофагов*, питающихся мертвыми тканями.

Одна из характерных черт всех экосистем состоит в том, что в них происходит постоянное взаимодействие автотрофных и гетеротрофных подсистем организмов. Такое взаимодействие приводит к круговороту вещества в природе, несмотря на то, что иногда организмы разделены в пространстве. Как мы видели, автотрофные процессы наиболее интенсивно протекают на зеленом ярусе системы, где растениям доступен солнечный свет, в то время как на нижнем ярусе усиленно протекают гетеротрофные процессы. Аналогичный разрыв между этими процессами может происходить и во времени, причем значительный разрыв между производством органического вещества автотрофами и гетеротрофами приводит к его накоплению. Именно благодаря такому временному разрыву на нашей планете образовались огромные запасы ископаемого топлива. Взаимодействия между частями и целым в экологических системах могут исследоваться двумя путями. С одной стороны, изучением свойств частей и экстраполяцией их на свойства целого. Такое сведение свойств целого к сумме свойств его частей представляет собой типичный случай редукционизма и потому сталкивается с немалыми трудностями. С другой стороны, признание специфичности свойств целого, несводимости их к свойствам частей открывает значительные перспективы для исследования и получения эффективных новых результатов. Обычно в конкретных исследованиях *системный* метод изучения становится совершенно необходимым в тех случаях, когда части целого настолько тесно связаны между собой, что их *трудно* отделять друг от друга и

посредством такого приема получать знание о свойствах системы в целом. В противоположность этому *суммативный* метод используется тогда, когда отдельные части совокупности могут изучаться относительно независимо друг от друга, и поэтому свойства целого можно выявить путем суммирования свойств частей. Отсюда становится ясным, что каждый из этих методов следует применять на своем месте, в зависимости от конкретных условий исследования, а следовательно, они не исключают, а предполагают и дополняют друг друга. Суммативный подход часто оказывается целесообразным при проведении экспериментов с такими экологическими совокупностями, которые исследуют, например, воздействие различных внешних факторов на систему. Системный подход нередко используется при построении теоретических моделей, когда необходимо выявить взаимодействие различных частей экосистемы. *Моделирование* представляет собой абстрактное выражение реальных процессов, происходящих в природе. Оно может осуществляться в словесной форме с помощью соответствующих понятий и величин, характеризующих поведение и развитие экосистем. Нередко для большей ясности и наглядности в этих же целях используются графические модели. Поскольку важной целью моделирования является предсказание поведения системы в различных условиях и в разные периоды времени, постольку в последние годы в экологии стали чаще прибегать к построению математических моделей, начиная от простейших, типа так называемого черного ящика, и кончая сложнейшими, в которых учитывается действие большого числа переменных. Для их расчета используются мощные компьютеры и другая вычислительная техника.

### **Взаимодействие экосистемы и окружающей ее среды**

В биологических исследованиях, в особенности в классической теории эволюции, обычно делается упор на изучение воздействия окружающей среды на живые организмы и их системы. Именно под таким углом зрения рассматривается действие различных факторов на их эволюцию. Однако живые системы отнюдь не являются пассивными в этом взаимодействии. Они, в свою очередь, оказывают мощное

воздействие на окружающую их среду. В наибольшей степени такое воздействие можно проследить на примере больших экосистем. Именно на такого рода факты опирается известная *гипотеза Геи*, выдвинутая в 1970-е гг. физиком и изобретателем Д. Лавлоком и микробиологом Л. Маргулис. Свое название эта гипотеза получила от древнегреческого слова «гея», обозначающего землю. Она предлагает совершенно иной подход к причинам и факторам становления жизни на нашей планете. Если традиционно допускают, что жизнь на Земле появилась после того, когда возникла сначала атмосфера со значительным содержанием в ней кислорода, то, согласно гипотезе Геи, образование кислорода и атмосферы в целом обязано воздействию тех простейших живых организмов, которые в анаэробных, т.е. бескислородных, условиях стали выделять в окружающее пространство кислород. Свое предположение авторы гипотезы подтверждают ссылкой на то, что на близких к Земле планетах Марсе и Венере их атмосфера состоит соответственно на 95 и 98% из углекислого газа, кислорода же Марс содержит 0,13%, а на Венере замечены лишь его следы. Примерно такая же картина наблюдалась бы на безжизненной Земле. Конечно, гипотеза Геи нуждается в дальнейших разработке и обосновании, но опирается она на важную и в общем виде признаваемую многими идею, что жизнь обеспечивает условия для своего дальнейшего существования и развития. Эта идея отнюдь не является чистым умозрением, а подтверждается многочисленными фактами из истории развития органического мира. Факты также свидетельствуют, что экосистема не только испытывает воздействие со стороны окружающей среды, но в свою очередь оказывает обратное действие на нее и соответствующим образом ее формирует. Поскольку экосистема – система открытая, она не может не взаимодействовать со своим окружением и тем самым не влиять на него. Только постоянное и непрерывное взаимодействие со средой поддерживает жизненные процессы в любой экосистеме. В результате такого взаимодействия осуществляется постоянный обмен энергией и веществом между экосистемой и средой, что проявляется, во-первых, в усвоении абиотических, или неорганических, факторов среды (солнечная энергия, вода, минеральные вещества и т.п.), во-вторых, биотических, или органических, факторов посредством тех трофических

(пищевых) связей, которые существуют *между* разными живыми системами. Функционирование и эволюция экосистем зависят не только от круговорота вещества и энергии, существующего в природе. Чтобы выжить, а тем более развиваться, экосистемы должны соответствующим образом регулировать свою деятельность и управляться, а это требует установления информационных связей между различными подсистемами и элементами системы. Наряду с потоками энергии и круговоротом вещества, экосистемы связаны также информационными сетями. Управление и регулирование в них осуществляется с помощью физических и химических элементов. Такие управляющие системы по своему функциональному назначению можно рассматривать как *кибернетические*. Однако в отличие от искусственных систем, созданных человеком, в природных экосистемах элементы управления рассредоточены внутри самой системы, и поэтому процесс регулирования и управления в них не происходит из внешнего специального органа управления, как в технических кибернетических системах. Согласно кибернетическим принципам, всякий процесс управления связан с передачей и преобразованием информации. Для устойчивого динамического функционирования системы необходимо, во-первых, наличие *прямых сигналов*, несущих информацию от управляющего к исполнительному устройству, во-вторых, *обратных сигналов*, которые информируют управляющее устройство об исполнении команд. Получив такие сигналы, управляющее устройство отдает команду о корректировке системы, если ее положение отклоняется от заданного или установленного. Именно таким способом осуществляется автоматическое регулирование не только в кибернетических системах, но и в живых организмах. В физиологии этот способ поддержания динамического равновесия был сформулирован американским физиологом У. Кенноном (1871–1945) в виде принципа *гомеостаза*, согласно которому все важнейшие параметры организма (температура тела, частота пульса и дыхания, состав крови и кровяное давление и др.) поддерживаются на постоянном уровне благодаря обратным сигналам, поступающим из органов в головной мозг. Кибернетика обобщила это положение в виде *принципа обратной связи*. Нетрудно понять, что указанный принцип объясняет лишь процесс достижения и сохранения

динамического равновесия в любой системе, но для того чтобы понять, как происходят эволюция и развитие систем, необходимо признать возникновение изменений в состоянии и структуре систем. А для этого следует ввести принцип *положительной обратной связи*, согласно которому непрерывные воздействия на систему, постепенно накапливаясь, приводят к разрушению прежних связей между ее частями и возникновению новой ее структуры.

В экосистемах живой природы действие этих принципов приобретает более сложный характер, поскольку, как мы видели, регулирующие центры в них диффузны или распределены внутри всей системы, а наличие *избыточности*, когда одна и та же функция выполняется несколькими компонентами, обеспечивает необходимую *стабильность* системы. Эта стабильность зависит от множества условий, но определяющие среди них — степень сопротивления внешней среды и эффективность работы управляющих механизмов самой системы. Для более конкретной характеристики стабильности экосистем обычно вводят понятие *резистентной устойчивости*, которая определяется как способность системы сопротивляться внешним нагрузкам и оставаться при этом устойчивой. Понятие *упругой устойчивости* характеризует способность системы быстро восстанавливать свою устойчивость. При благоприятных условиях внешней среды экосистемы обычно повышают свою сопротивляемость усложнением внутренней структуры. Внезапные и случайные изменения внешней среды (например, штормы) могут резко снизить устойчивость экосистемы и даже разрушить ее. Таким образом, тесная взаимосвязь и взаимодействие между живыми организмами и окружающей средой представляют собой характерную особенность всех экосистем. Хотя отдельный организм, будучи открытой системой, также взаимодействует с окружением, тем не менее, взаимодействие экосистемы со средой имеет более эффективный и устойчивый характер. Эта особенность проявляется прежде всего в достижении большей стабильности функционирования и развития экосистем в сравнении с отдельными организмами в результате установления информационных связей между отдельными организмами в рамках системы, возникновения иерархических отношений между отдельными подсистемами, которые приводят



к усложнению ее структуры. В связи с этим, еще раз следует подчеркнуть, что любая экосистема, начиная от популяции и кончая экосферой, представляет собой *над-организменный* уровень организации живого в природе, качественно отличающийся от отдельного организма. Именно в результате единения отдельных организмов в рамках целого, их взаимодействия друг с другом экосистема приобретает новые, системные свойства, которые отсутствуют у отдельных организмов. Соответственно этому, меняются и различные отношения и связи экосистемы с окружающей средой. Наиболее важными и по существу решающими являются энергетические связи.

### **Энергетическая характеристика экосистем**

Если проследить процессы превращения и получения энергии в экосистемах, то нельзя не прийти к тому выводу, который сделал упоминавшийся выше Майер, утверждавший, что жизнь есть создание солнечного луча. Действительно, лучистая энергия Солнца посредством фотохимического синтеза сначала преобразуется зелеными растениями в органические соединения, которые впоследствии служат пищей для растительноядных животных, а последние, в свою очередь, – пищей для других животных. Кроме того, задолго до этого органическое вещество, заготовленное на протяжении тысячелетий растениями, как и сами растения, особенно деревья, подверглось многочисленным химическим превращениям и образовало то ископаемое топливо, которое до сих пор служит важнейшим источником энергии для общества. В экосистемах происходит постоянное преобразование рассеянной в пространстве солнечной энергии в более концентрированные ее формы сначала автотрофными растениями, а затем гетеротрофными животными и человеком. При этом на каждой стадии превращения энергии происходит также ее диссипация, или рассеяние, в окружающее пространство. Для характеристики этих процессов нам необходимо привлечь законы термодинамики, но их необходимо конкретизировать применительно к экосистемам. Закон сохранения энергии полностью применим и к этим системам, ибо никогда не наблюдались случаи создания энергии из ничего.

Энергия может лишь превращаться из одной формы в другую, но она никогда и никуда не исчезает.

Второй закон термодинамики, который в физике обычно формулируют с помощью понятия энтропии, в экологии предпочитают выражать посредством утверждения о преобразовании концентрированной энергии в рассеянную. Процесс концентрации рассеянной солнечной энергии происходит, как уже говорилось выше, в различных живых системах и охватывает длительный период времени. Полученная концентрированная энергия может быть в дальнейшем использована в экосистемах в виде пищи, а в технике — как ископаемое топливо. В обоих случаях будет происходить преобразование концентрированной энергии в рассеянную. Какую энергию можно считать концентрированной?

***С экологической точки зрения, энергия по способу своего получения будет тем больше концентрированной, чем дальше отстоит источник ее получения, например, пища, от начала превращения рассеянной солнечной энергии, т.е. от автотрофных организмов, а именно зеленых растений и микроорганизмов.***

В физических терминах концентрированную энергию можно определить как обладающую низкой степенью энтропии, т.е. характеризующуюся меньшей степенью беспорядка. Ведь в результате концентрации энергии происходит выведение беспорядка из системы во внешнюю среду. Поэтому, если беспорядок в системе уменьшается, то во внешней среде он увеличивается. В отличие от концентрации, рассеяние энергии сопровождается возрастанием беспорядка в системе. Поэтому если система останется закрытой, то она окажется полностью дезорганизованной, т.е. придет в состояние максимального беспорядка, соответствующего установлению теплового равновесия в системе. Таким образом, с энергетической точки зрения системы могут описываться не только количественно, но и *качественно*, причем высококачественными будут считаться наиболее концентрированные формы энергии, которые могут обладать более высоким рабочим потенциалом, т.е. возможностью произвести соответствующую работу. Так, например, ископаемое топливо обладает большим рабочим потенциалом, чем рассеянная солнечная энергия. Аналогично этому, животная пища является более качественной, чем

растительная. Опосредованно качество используемой энергии определяется химической структурой ее источника.

Все приведенные выше рассуждения показывают, что при энергетическом подходе задача экологии по сути дела сводится к изучению связи между рассеянным солнечным излучением и экосистемами, а также процессами последовательного превращения менее концентрированных форм энергии в более концентрированные. Поскольку материальное производство общества существенным образом зависит от использования энергии, постольку представляется целесообразным провести классификацию экосистем с точки зрения применения их энергии в интересах развития общества и, прежде всего, производительных сил. На этой основе можно выделить четыре фундаментальных типа экосистем.

1. *Природные системы, полностью зависящие от энергии солнечного излучения*, которые можно назвать *системами, движимыми Солнцем*. Несмотря на то, что такие системы не в состоянии поддерживать достаточную плотность населения своих особей, они тем не менее важны для сохранения необходимых экологических условий на планете. Следует также отметить, что такие природные системы занимают огромную площадь на земной поверхности. Ведь только одни океаны покрывают 70% этой поверхности.

2. *Природные системы, движимые Солнцем, а также получающие энергию из других природных источников*, к которым относятся прибрежные участки морей и океанов, большие озера, тропические леса и некоторые другие экосистемы. Кроме солнечной энергии, такие системы функционируют и растут за счет энергии, например, морских прибоев, приливов, глубоководных течений, рек, дождей, ветра и тому подобных источников.

3. *Природные системы, движимые Солнцем и получающие энергию от ископаемого топлива (нефть, уголь, древесина и др.)*. Исторически такие смешанные естественные и искусственные экосистемы впервые возникли в сельском хозяйстве для возделывания культурных растений и улучшения пород домашних животных. Сначала там применялась мышечная сила человека и животных, а впоследствии и энергия машин, работающих на ископаемом топливе.

4. *Современные индустриально-городские системы, использующие главным образом энергию ископаемых горючих, преимущественно нефти, угля, газа, а также радиоактивных веществ для получения атомной энергии.* В этих системах производится основное богатство страны в виде разнообразных промышленных товаров, а также переработка пищевых продуктов для питания больших масс сконцентрированного в городах и индустриальных центрах населения. Сырье для такой переработки они получают из сельскохозяйственных экосистем. Энергетическая зависимость индустриальных центров от Солнца минимальна, так как энергоносители они получают от добывающей промышленности, а продукты питания — от сельского хозяйства. Интенсивный рост промышленности в развитых странах сопровождается все возрастающим потреблением энергии и одновременно все увеличивающимися отходами производства. Загрязнение атмосферного воздуха, отравление водных источников, накопление радиоактивных отходов — неизбежные спутники жизни в крупных индустриальных центрах.

Хищническая эксплуатация быстро сокращающихся запасов ископаемого топлива, погоня за прибылью любой ценой и особенно за счет нарушения экологического баланса в окружающей среде — все это с особой остротой выдвигает перед человечеством и прежде всего перед промышленно развитыми странами глобальную экологическую проблему сохранения динамического равновесия биосферы и нормального жизнеобеспечения людей. Поскольку сейчас наша цивилизация находится в процессе перехода от биосферы к ноосфере, когда разум становится определяющей силой общества, то вполне естественно задуматься над глобальной стратегией и перспективами *дальнейшего развития* мира. Хотя строить прогнозы всегда рискованно, тем не менее, они необходимы для того, чтобы наметить основные направления, по которым с определенной степенью вероятности можно эффективно подготовиться к встрече будущего.

Недостатка в таких прогнозах и сценариях будущего развития не ощущается. Одни из них имеют оптимистический характер и делают ставку главным образом на то, что новая технология будет принципиально отличаться от современной, станет безотходной, менее энергоемкой и более совершенной

по другим параметрам. Другие считают, что при установившейся тенденции развития никакая технология не спасет общество, если люди будут непрерывно увеличивать потребление, предприниматели добиваться получения максимальной прибыли, а промышленно развитые страны неизменно стремиться к экономическому росту. Выход из надвигающегося экологического кризиса многие видят в радикальном изменении сознания людей, их нравственности, в отказе от взгляда на природу как объект бездумной эксплуатации ее человеком. Однако одного изменения и совершенствования взглядов и нравственности людей явно недостаточно для выхода из экологического кризиса и решения экологических проблем в будущем. Для этого необходимо прежде всего, чтобы общество в своей экономической деятельности учитывало не только непосредственные материальные и трудовые ресурсы, затрачиваемые на производство товаров и услуг, но и тот вред, который наносится окружающей среде в результате такого производства. Все признают, что рыночная экономика пока еще не научилась это делать. Очевидно, что экономия энергоносителей и других быстро уменьшающихся запасов сырья, создание малоотходной и безотходной технологии, поиски и использование альтернативных источников энергии — все это во многом сможет помочь решению экологической проблемы, по крайней мере, ослабить ее остроту.

В этой связи заслуживает особого внимания инициатива ученых и общественных деятелей, объединившихся в рамках *Римского клуба*, участники которого собрались в 1968 г. для обсуждения актуальных глобальных проблем человечества. Первый же доклад «*Пределы роста*», представленный американскими учеными Делонсом и Донеллой Медоуз в 1972 г., вызвал сильнейший шок среди многих политических деятелей и представителей общественности. *Основываясь на фактических данных и тенденциях экономического, технического и социального развития*, авторы построили компьютерную модель современного общества, в которой были учтены связи между различными подсистемами общества и воздействие на них разных факторов роста. Они показали, что если потребление ресурсов и промышленный рост вместе с увеличением численности населения будут продолжаться прежними темпами, то будет достигнут «предел роста», за которым неизбежно

последует катастрофа. Хотя многие специалисты критиковали доклад за то, что в нем не учитываются усилия общества по совершенствованию технологии, поискам новых источников энергии и сырья и т.д., но все вынуждены были признать, что в нем содержится обоснованная тревога за будущее человечества.

Во втором докладе – «Человечество на перепутье», представленном М. Месаровичем и Э. Пестелем, преодолены некоторые недостатки первого и намечены перспективы развития не столько мирового сообщества, сколько отдельных его регионов. Такой подход учитывает конкретные особенности и условия роста отдельных регионов мира и поэтому лучше подходит для решения экологических, энергетических, сырьевых и других глобальных проблем. В последующих докладах обсуждались более конкретные проблемы, касающиеся отношений со слаборазвитыми странами, переработки отходов, использования энергии и др.

Деятельность Римского клуба привлекла внимание широкой публики к актуальным проблемам современности, в частности, к такой жизненно важной для человечества проблеме, как сохранение окружающей среды. Поэтому следует рассмотреть, что приводит человеческое общество в противостояние с окружающей природой и каковы пути разрешения этих противоречий. Вследствие того, что большинство населения считает химию основной причиной все ухудшающегося состояния окружающей среды, рассмотрим источники загрязнения природы и некоторые способы устранения или уменьшения вредного воздействия человеческой деятельности на окружающий мир.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ

1. Дайте определение понятия «экология».
2. Почему экологические проблемы вышли на первый план в наше время?
3. Каковы основные задачи экологии?
4. Что подразумевается под глобальной экологией?
5. Что понимают под социальной экологией?
6. Что относится к биосфере?

7. Каково воздействие живых организмов на неорганическую природу?
8. Каково воздействие неорганической природы на живые организмы?
9. Каковы способы питания живых организмов?
10. Почему биосферу нельзя рассматривать в отрыве от неживой природы?
11. Приведите суть учения Вернадского о биосфере.
12. Какова геохимическая роль живых организмов?
13. Каково решающее отличие живого вещества от косного?
14. Есть ли начало жизни?
15. Может ли жизнь произойти от неорганического вещества?
16. Каковы формы работы живого вещества в биосфере?
17. Какова суть биогенной миграции I рода?
18. Какова суть биогенной миграции II рода?
19. Приведите имена советских и российских ученых, занимавшихся проблемами биосферы.
20. Каково взаимодействие человека и биосферы?
21. Что означает термин «ноосфера»?
22. Каковы условия существования ноосферы?
23. Что сделано человечеством для выполнения условий существования ноосферы?
24. Какова геологическая роль человека?
25. Почему для исследования экологических проблем человечества необходим междисциплинарный подход?
26. Что понимают под «качеством природной среды»?
27. Что относят к экологическим системам?
28. Сколько фундаментальных типов экосистем обычно выделяют?
29. Каковы уровни экосистем?
30. Как взаимодействуют экосистемы с окружающей средой?
31. Каковы энергетические проблемы экосистем?
32. Что понимают под концентрированной энергией?