

Общие вопросы экологии

1.1. Небольшая планета Земля

Единственный дом человечества — планета Земля, входящая в Солнечную систему. Последняя состоит из одной звезды — нашего Солнца, восьми планет с их спутниками, а также тысяч астероидов, комет, мириад частиц космической пыли. Все это множество обращается вокруг нашего Светила (его диаметр 1392 тыс. км). Поперечник Солнечной системы равен $\sim 13 \cdot 10^9$ км. По многим параметрам Солнце является рядовой звездой. Некоторые звезды-гиганты в миллион раз больше и ярче его, однако другие — карлики — намного меньше по размерам и количеству излучаемой энергии.

Солнце и Солнечная система расположены в одном из гигантских спиральных рукавов Галактики, называемой Млечным Путем. На земном небосводе его наблюдают в виде белесоватой полосы неправильной формы, состоящей из сливающихся в сплошное сияние далеких от нас звезд. Наша Галактика содержит более 100 млрд звезд, межзвездные газ и пыль, вращающиеся вокруг ее центра. В частности, Солнце движется со скоростью около 250 км/с, совершая полный галактический оборот примерно за 180 млн земных лет. Поперечник Галактики составляет около 100 тыс. световых лет (один миллиард миллиардов километров). Ближайшая к Солнцу звезда Галактики — Альфа Центавра, свет которой доходит до нас за четыре земных года.

В свою очередь, наша Галактика — одна из миллионов других, составляющих обозримую часть Вселенной и простирающихся на ~ 12 млрд световых лет ($116 \cdot 10^{21}$ км). Ближайшей к нашей галактикой является туманность Андромеды — гигантское скопление звезд, удаленных от Земли на 1,5 млн световых лет.

В бескрайних просторах Вселенной Земля видится крохотным бело-голубым шаром, песчинкой в глубинах Мироздания, но для человечества она единственная обитель, колыбель и место упокоения почти всех землян. Прах лишь одного из них нашел последнее прибежище на Луне. Какая же она — наша обитель?

Земля — третья по удаленности от Солнца планета, отстоящая от него в среднем на 149,6 млн км. Свет проходит их за 8,5 мин. Вокруг Солнца Земля обращается за 365,25 суток. Средний радиус Земли, принимаемой за шар, 6371 км, длина ее окружности по экватору ~ 40 тыс. км, площадь поверхности 510,2 млн км², плот-

ность 5518 кг/м³. Среднегодовая температура воздуха у поверхности Земли равна 13,6°C.

Астрономы предполагают, что Земля вместе с другими планетами возникла около 4,6 млрд лет назад из одного сжимающегося газопылевого облака, из которого образовалось и Солнце.

В соответствии с современными научными взглядами, Земля представлена тремя слоями (сферами). Ее поверхностный слой называют *корой*, средняя толщина которой примерно 35 км. Исследована лишь ее верхняя часть (около 5% ее объема). На 47-49% она состоит из кислорода, на 27-28% — из кремния, на 8% — из алюминия. Они составляют основу песчано-глинистых минералов, доля которых в коре достигает 80-85%. Эти же элементы, а также железо, кальций, натрий, калий, магний, титан образуют 99,6% ее массы. На долю остальных 83 химических элементов в земной коре приходится только 0,4%. Открытые к настоящему времени самые древние породы имеют возраст, превышающий 4 млрд лет. В некоторых случаях в земной коре выделяют ее верхнюю часть — *литосферу*, а в последней — ее поверхность, называемую *почвой*. Почва подвержена процессам физического, химического и биохимического выветривания, содержит помимо минерального также и органическое вещество (живое и неживое).

Следующий за корой слой Земли толщиной около 2880 км известен как *мантия*. Предполагают, что она в основном сложена плотными силикатными породами.

Третий слой толщиной порядка 3500 км называют *ядром*. По-видимому, оно состоит из внешнего жидкого слоя толщиной около 2080 км и твердой центральной части из никеля и железа при температуре ~6400 К.

Земля окружена атмосферой, простирающейся в Космос. Ее первичный состав в период, предшествовавший возникновению фотосинтеза на нашей планете, существенно отличался от нынешнего и был аналогичен составу современной атмосферы Венеры, близкой к Земле по размерам и расстоянию до Солнца (*Войткевич*), %:

Атмосфера	N ₂	O ₂	Ar·10 ⁻⁶	CO ₂
Современная Земли	78	21	9000	0,03
Первичная Земли	1,5	Следы	190	98
Современная Венеры	1,8	Следы	200	98

Первичная атмосфера Земли, существовавшая свыше 4 млрд лет тому назад, помимо диоксида углерода и элементарного азота могла содержать также аммиак NH₃ и метан CH₄, пары воды. Современная атмосфера планеты по составу относится к азотно-кислородному типу и этим качественно разнится от газовых оболочек всех известных ныне

небесных тел, включая планеты Солнечной системы. Состав ее сильно отличается от вулканических газов, за счет которых она возникла в далеком прошлом. Это свидетельствует о том, что в геологической истории Земли имели место мощные процессы, изменившие состав ее газовой оболочки (выделения из горных пород при формировании металлического ядра планеты, химические процессы в атмосфере под воздействием ультрафиолетовой радиации и др.).

Атмосфера подразделяется на несколько зон: тропосферу, стратосферу, мезосферу, ионосферу и экзосферу.

Тропосфера — нижняя часть атмосферы. В ней сосредоточено более 80% всей массы воздуха. Ее высота определяет интенсивность вертикальных (восходящих и нисходящих) потоков воздуха, вызванных нагреванием земной поверхности (на экваторе до высоты 16-18 км, в умеренных широтах — 10-11 км, на полюсах — до 8 км). Тропосфера характеризуется понижением температуры воздуха с высотой — в среднем на 0,6 К через каждые 100 м.

Стратосфера располагается выше тропосферы, до высоты 50-55 км, и отличается повышением температуры у ее верхней границы. Это связано с наличием здесь пояса озона О₃, интенсивно поглощающего световое излучение ультрафиолетового спектра. Одновременно озоновый слой защищает поверхность Земли от губительного воздействия этой части излучения Солнца (разд. 1.6.4).

Верхняя граница *мезосферы* простирается до высоты 80 км. В ней наблюдается резкое понижение температуры (до -75 ÷ -90°C) и образование серебристых облаков, состоящих из ледяных кристаллов.

Ионосфера (термосфера) достигает высоты 800 км. Для нее характерно значительное повышение температуры (до 1000°C и более). Под прямым воздействием ультрафиолетового излучения газ здесь присутствует в ионизированном состоянии, что способствует многократному отражению радиоволн, обеспечивающих дальнюю радиосвязь на Земле.

Экзосфера находится на высоте от 800 до 2000-3000 км и имеет температуру свыше 2000°C. Скорость движения газов в ней приближается к критической (11,2 км/с). Они представлены в основном водородом и гелием, образующими вокруг Земли корону, простирающуюся до высоты 20 тыс. км.

Атмосфера играет исключительную роль в жизни Земли, обеспечивая протекание важнейших биологических процессов в мире животных и растений.

Большую часть поверхности нашей планеты занимает *гидросфера*, включающая все типы водоемов. В наиболее общем виде гидросферу делят на Мировой океан, континентальные и подземные воды.

В Мировом океане сосредоточена основная масса воды. Его средняя глубина составляет 3,7 км, он занимает площадь, равную 361 млн км² (71% поверхности земного шара), и отличается высокой соленостью (~3,5%). Континентальные водоемы покрывают около 5% площади Земли. Из них на долю поверхностных вод (озера, реки, болота и т.д.) приходится весьма малая часть (~0,2%), ледников, подземных вод — по 1,7% общего объема гидросферы. Весь планетный запас воды достигает 1450 млн км³.

Гидросфера тесно связана с литосферой (подземные воды), атмосферой (пары воды) и живым веществом, в состав которого вода входит в качестве обязательного компонента. Она выступает в роли универсального растворителя практически всех веществ, взаимодействует со многими из них, но, как правило, не вступает с ними в химические реакции. Это взаимодействие обеспечивает обмен веществ, например между сушей и океаном, организмами и окружающей средой.

Кроме названных, выделяют еще одну весьма своеобразную оболочку Земли, которую называют биосферой.

1.2. Биосфера и ее развитие

Биосфера — это область распространения жизни на Земле, охватывающая несколько населенных организмами геосфер: тропосферу, гидросферу и часть литосферы (до ~3 км). Биосфера представляет собой устойчиво неравновесную систему, в которой обмен веществ и энергии осуществляются главным образом в процессе жизнедеятельности организмов.

Впервые понятие «биосфера» (гр. *bios* — жизнь и *sphaira* — шар) введено в биологию французским натуралистом Ж.-Б. Ламарком (1802 г.), а затем в геологию — австрийским ученым Э. Зюссом (1875 г.).

В.И.Вернадский назвал биосферой оболочку Земли, в формировании которой живые организмы играли и играют основную роль. Он отмечал, что биосфера состоит из нескольких типов веществ: биогенного, косного, биокосного и живого. *Биогенное вещество* — геологические породы (уголь, нефть, известняк и др.), созданные деятельностью живых организмов и служащие мощным источником энергии. *Косное вещество* образовано в ходе процессов без участия живых тел. *Биокосное вещество* — результат взаимодействия живых и косных начал (кора выветривания, почва, природные воды и т.п.).

Наиболее сложным является понятие «живое вещество», определение которого далеко от единообразного. Суммируя взгляды различных ученых, можно полагать, что к основным признакам живого относятся:

воспроизведение себе подобных; постоянство гомеостаза, т.е. внутренней среды организма; непрерывный обмен веществом и энергией с окружающей средой (открытые системы); сложный органический состав вещества, быстро распадающегося на простые соединения после смерти организма.

Четкой границы между живыми и неживыми субстанциями нет, что подтверждается существованием вирусов. Последние обладают признаками как живого, так и неживого. Общепринятого определения для них пока не сформулировано. Обычно полагают, что вирусы — это наименее организованные формы жизни, не обладающие собственным обменом веществ и способные существовать только внутри клеток других организмов. Вне клеток они не размножаются. Вместе с тем способность вирусов воспроизводиться, хотя бы и в контакте с другими клетками, является признаком живого.

Точного ответа на вопрос, как возникла жизнь на Земле, наука еще не имеет. Наиболее распространенная теория (космической эволюции) следующим образом объясняет появление живых организмов.

Около 4 млрд лет тому назад основными элементами земной атмосферы были газообразные соединения оксидов углерода, азота, водорода, метан, аммиак. Космические лучи и грозы в некоторых случаях сообщали им энергию, достаточную для их соединения в более сложные углеродсодержащие *органические молекулы*, например аминокислот, являющихся основной составляющей построения растительных и животных белков. По мере роста концентрации органических веществ происходили все более частые столкновения между ними в земных морях и Океане. Часть из них заканчивалась образованием еще более сложных молекул.

Следующий предполагаемый этап на пути возникновения жизни — появление *протоклеток*. Выдающийся советский биохимик А.И.Опарин показал, что в стоящих растворах органических веществ образуются кооцерваты — микроскопические «капельки», ограниченные полупроницаемой оболочкой — первичной мембраной. В них могут концентрироваться органические вещества, быстрее идут реакции и обмен веществ с окружающей средой; они даже могут делиться, как бактерии. Подобный процесс при растворении искусственных протеиноидов наблюдал Фокс, назвавший эти капельки микросферами.

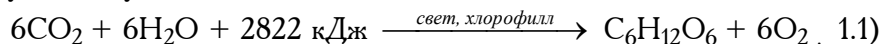
Живое вещество возникло тогда, когда, все более и более структурируясь, сложные органические вещества, а затем и протоклетки достигли уровня клеточного строения. Клетка — это система, состоящая из биополимеров, а также содержащая малые органические и неорганические молекулы. Клетки отделены от окружающей среды и друг от друга тонкой поверхностной пленкой-мембраной. Главными

их свойствами являются самовоспроизведение, постоянный обмен веществом и энергией с внешней средой и структурная обособленность от последней.

По прошествии 1 млрд лет от возникновения Земли первыми ее обитателями стали *прокариоты* — организмы без оформленного клеточного ядра, похожие на современных *бактерий*. Они были *анаэробами*, т.е. не использовали для дыхания свободный кислород, которого еще не было в атмосфере. Источником пищи (энергии) для них являлись органические соединения, а также восстановленные неорганические вещества (сера, сероводород, железо и т.д.).

Сравнительно рано возник и *фотосинтез* — процесс поглощения организмами световой энергии Солнца с преобразованием ее в химическую энергию. Первыми фотосинтетиками также были бактерии, но в качестве источников ионов водорода (протонов) они использовали не воду, а сероводород H_2S или органические вещества.

Около 3,2 млрд лет назад одна из групп прокариот (цианобактерии) выработала современный, кислородный, механизм фотосинтеза с участием углекислого газа и воды:



При реализации процесса (1.1) образуются сахараиды и в атмосферу выделяется кислород, используемый затем животными и растениями в процессах дыхания, а также, после их гибели, на окисление мортмассы. Однако рост биомассы привел к повышению концентрации O_2 в атмосфере. Не исключено, что значительная часть кислорода могла выделиться из горных пород при формировании металлического ядра Земли.

Независимо от причин оксигенизация атмосферы имела важное значение для последующей эволюции жизни. Выделяющийся кислород в верхних слоях атмосферы под действием ультрафиолетовых лучей превращался в озон (разд. 1.6.4). Озоновый слой надежно защитил поверхность Земли от жесткого спектра солнечного излучения. *Кислородное дыхание*, т.е. использование кислорода для окисления органических веществ с освобождением энергии, необходимой для жизнедеятельности клеток, оказалось энергетически более выгодным, чем бескислородный путь получения энергии клетками. Это способствовало возникновению более крупных и сложно устроенных клеток — *эукариотов*, имеющих оформленное ядро — носитель генетической информации. Обычно считают, что появление эукариотов (простейших, одноклеточных водорослей и грибов) произошло 1,5 млрд лет назад. Тогда же появились первые многоклеточные, постепенно развившиеся до современных форм флоры и фауны.

Таким образом, биосфера с начала возникновения развивалась в направлении увеличения разнообразия видов, усложнения их организации, роста биомассы. В наше время на Земле известно более 2 млн видов организмов, из них растительных — около 500 тыс., животных — более 1,5 млн. Общая биомасса планеты оценивается величиной $2,4 \cdot 10^{12}$ т, из них доля континентальной растительности равна 99,2%, животных и микроорганизмов суши — 0,8%. На живое вещество океанов приходится всего лишь $3,2 \cdot 10^9$ т, в которых животные и микроорганизмы составляют 93,7%.

Последние данные науки существенно расширяют наши представления о границах биосферы. Обнаружено, что споры бактерий и мицелий некоторых грибов не теряют жизнеспособности в условиях высокого вакуума (10^{-11} мм рт. ст.). Бактерии обнаружены в водах атомных реакторов, часть из них выдерживает облучение порядка 2-3 млн рад. При температурах жидкого воздуха, гелия, водорода ряд бактерий остаются живыми. Даже отдельные высшие растения и насекомые переносят температуру, приближающуюся к абсолютному нулю ($-273,16^\circ\text{C}$). Живые бактерии, способные к размножению, обнаружены в нефтяных водах на глубине 2800 м, на дне океанов (11 км), в рассолах с концентрацией 250 г/л, при давлениях, равных 1000 атмосфер, после 5 суток кипячения, 150-250 лет анабиоза (Ковда). Тем не менее обычно считают, что биосфера как область жизни охватывает верхнюю часть литосферы, всю гидросферу, тропосферу и нижние слои стратосферы до 25 км в высоту. Повседневно реальные границы распространения живого являются более узкими.

Развитие живого в биосфере существенно изменило и ее неживое вещество. Помимо появления в атмосфере свободного кислорода, а в ее верхних слоях — озонового слоя, в отложениях угля и известняков консервируется углекислота, извлеченная организмами из воды и воздуха. Также надолго выключен из биохимического кругооборота ряд других веществ в залежах полезных ископаемых. Живые организмы принимают активное участие в процессах выветривания горных пород. Выделяя углекислоту, органические и неорганические кислоты, они способствуют миграции химических элементов. Постепенно эти процессы привели к образованию биогенного и биокосного вещества биосферы.

Резюмируя, в предыдущем развитии биосферы можно выделить несколько этапов. Первый характеризуется усложнением состава и структуры косного вещества с образованием органических соединений и возникновением на их основе простейших форм жизни (одноклеточных организмов). Второй сопровождается формированием многоклеточных организмов и дальнейшим усложнением форм жизни. Третий

этап связан с появлением человека и превращением его из обычного биологического вида в биосоциальное существо.

Однако этими этапами развитие биосферы не заканчивается. В настоящее время «на наших глазах совершается... переход от эволюции, управляемой стихийными биологическими факторами (период биогенеза), к эволюции, управляемой человеческим сознанием, к периоду *ноогенеза*» (Камшилов). Другими словами, речь идет о постепенном переходе биосферы в качественно новое состояние — *ноосферу* (гр. *noos* — разум и *sphaira* — шар).

Понятие о ноосфере введено в употребление Е. Ле Руа и П. Тейяром де Шарденом в 1927 г. Под ней они понимали особый, надбиосферный, «"мыслительный пласт", который окутывает планету». В настоящее время под ноосферой понимается такое состояние биосферы, когда *разумная* деятельность человека становится главной силой, обуславливающей ее развитие.

Решающий вклад в современное понимание ноосферы внес в 30-40-х годах прошлого века В.И.Вернадский. Он писал: «Ноосфера есть новое геологическое явление на нашей планете. В ней человек впервые становится крупной геологической силой. Он может и должен перестраивать своим трудом и мыслью область своей жизни, перестраивать коренным образом по сравнению с тем, что было раньше».

При переходе биосферы в ноосферу перед человечеством возникает огромная по масштабам и значению задача — научиться сознательно регулировать взаимоотношения общества и природы, обеспечить их органическое развитие, не ограниченное во времени. При этом *ноогенез* — этап становления ноосферы — предполагает развитие не только биосферы и общества, но и каждой отдельной личности.

Для преобразования биосферы в ноосферу требуется выполнить ряд условий. В частности, необходимо, чтобы человечество стало единым целым и по уровню развития производительных сил перешло на стадию постиндустриального развития (информационное общество). Ноосфера предусматривает социальное равенство всех членов общества и удовлетворение всех их потребностей, нужных для непрерывного духовного и культурного развития личности. Человечество должно овладеть также колоссальными источниками энергии, необходимыми для перестройки окружающей среды. И наконец, уровень науки должен быть столь высоким, чтобы позволить людям осмысленно управлять природными и социальными процессами, предугадывая все возможные последствия своих действий.

Зародившись на Земле, ноосфера, по мере освоения человеком околозвездного пространства, превратится, по В.И.Вернадскому, в особый структурный элемент Космоса.

1.3. Биогеохимический круговорот веществ

В современных научных концепциях биосфера рассматривается не только как пространство, занятое жизнью, но и как целостная функциональная система, на уровне которой реализуется неразрывная связь геологических и биологических процессов.

Условием существования и дальнейшего развития биосферы является круговорот биологически важных веществ. Имеется в виду, что после использования они вновь должны переходить в усвояемую для других организмов форму. Этот переход биологически важных веществ из звена в звено можно осуществлять только при определенных затратах энергии, источником которой служит Солнце.

Солнечная энергия обеспечивает на Земле два круговорота веществ: геологический, или большой, и малый, биологический (биотический).

Геологический круговорот четко проявляется на примере круговорота воды и циркуляции атмосферы. По оценкам, до половины поступающей от Солнца энергии расходуется на испарение воды. Ее испарение с поверхности Земли компенсируется выпадением осадков. При этом из Океана воды испаряется больше, чем возвращается с осадками, а на суше происходит обратное — осадков выпадает больше, чем испаряется воды. Излишки ее стекают в реки и озера, а оттуда — снова в Океан. В процессе геологического круговорота неоднократно изменяется агрегатное состояние воды (жидкая; твердая — снег, лед; газообразная — пары). Наибольшая циркуляция ее наблюдается в парообразном состоянии. Наряду с водой в геологическом круговороте в масштабах всей планеты с одного места в другое переносятся иные минеральные вещества.

С появлением живого начала на базе геологического, или абиотического, круговорота возникает *биологический круговорот*. По определению Н.П.Ремизова, Л.Е.Родина и Н.И.Базилевич с дополнениями Н.Ф.Реймерса, под биологическим круговоротом понимается поступление химических элементов из почвы и атмосферы в живые организмы, вхождение их в новые сложные соединения с последующим возвращением в почву и атмосферу, а также в воду в процессе жизнедеятельности (с ежегодным опадом части органического вещества или с полностью отмершими организмами, входящими в состав биогеоценоза). По мере развития живой материи в биохимический оборот вовлекается все большая часть элементов. И хотя он часть геологического, но скорость его в сотни тысяч, в миллионы раз больше, так как все биохимические пре-

вращения ускоряются биокаталазой (*ферментами*), которая на несколько порядков активнее неорганических катализаторов.

В отличие от простого перемещения неорганических веществ в большом круговороте, в малом круговороте наиболее важным являются *синтез и разрушение* органических соединений, лежащие в основе жизни и составляющие одну из главных ее особенностей.

Перенос вещества и энергии в биологическом обороте осуществляется в основном по трофическим (пищевым) цепям.

Первое звено в них составляют *автотрофные организмы*, или *продуценты* (зеленые водоросли и растения, др.). Они с помощью фотосинтеза способны создавать все необходимые для жизни организма вещества из исходных неорганических соединений.

Автотрофные организмы служат пищей (источником энергии) и первоначальным материалом, обеспечивающими существование *гетеротрофных* организмов. К ним относятся *консументы* (потребители) и *редуценты* (восстановители). Для консументов единственным источником питания являются автотрофы (для растительноядных животных) или другие организмы (для плотоядных животных). В процессе жизнедеятельности консументы потребляют также кислород и выделяют углекислый газ. Редуценты подразделяются на *сапрофаги* и *сапрофиты*. Сапрофаги питаются мортмассой — мертвым органическим веществом, органическими остатками (гнины, грифы, некоторые ракообразные, личинки мух и т.д.). Сапрофиты (большинство грибов и микроорганизмов) питаются органическими веществами (экскременты, слизь и т.п.), выделяемыми другими организмами. В целом редуценты способствуют минерализации органического вещества, его переходу в состояние, усваиваемое продуцентами, и являются завершающим звеном биологического круговорота.

Таким образом, с момента возникновения на Земле живой материи химические элементы непрерывно циркулируют, переходя из внешней среды в организмы и опять во внешнюю среду. Такая циркуляция по более или менее замкнутым путям называется *биохимическими циклами*. Основные из них — круговорот углерода, азота, воды, кислорода, фосфора, серы и биогенных элементов.

Круговорот углерода. Этот элемент существует в природе в различных неорганических и органических формах. В основе его биологического круговорота лежит диоксид углерода. В природных условиях он присутствует в атмосфере и в растворенном состоянии — в гидросфере. Включение углерода в органические вещества реализуется в процессе фотосинтеза (реакция 1.1), при котором возникают сахараиды. Последующие процессы биосинтеза преобразуют сахараиды в более сложные углеводы (крахмал, гликоген), а также в протеиды, липиды

и др. Все эти соединения не только формируют ткани фотосинтезирующих организмов, но и служат источником органических веществ для животных и незеленых растений.

Все организмы при дыхании окисляют сложные органические вещества. Конечный продукт этого процесса (CO_2) поступает во внешнюю среду, где вновь вовлекается в фотосинтез.

Ткани мертвых организмов подвергаются разложению редуцентами. Как следствие, углерод в виде углекислого газа также вновь вовлекается в круговорот. Этот процесс составляет сущность так называемого *почвенного дыхания*.

В некоторых случаях цепь разложения органических веществ бывает неполной. В частности, в почве деятельность сапрофагов может подавляться недостатком кислорода или повышенной кислотностью. В этом случае органические остатки накапливаются в виде торфа и углерод в форме CO_2 не высвобождается. Аналогичным образом в прошлые геологические эпохи образовывались залежи каменного угля и нефти.

В гидросфере приостановление круговорота углерода связано с включением CO_2 в состав CaCO_3 (известняк, мел, кораллы). В данном варианте углерод выпадает из кругооборота на целые геологические эпохи и не включается в понятие биосферного. Однако поднятие органогенных пород выше уровня моря приводит к возобновлению круговорота углерода за счет выщелачивания известняков и им подобных пород атмосферными осадками, а также биогенным путем — воздействием лишайников, корней растений.

Процесс захоронения органического углерода в осадочных породах охватывает 1/10000 часть биологической продукции биосферы и обеспечивает постоянство концентраций кислорода и углекислого газа в последней. При этом выводимый из биосферы углерод с точностью до 3-4 значащих цифр компенсируется потоком неорганического углерода из земных недр в окружающую среду.

В современном круговороте углерода все большее значение приобретает возрастающее по масштабам сжигание органических веществ с выделением CO_2 в атмосферу. Однако во всем объеме ископаемого топлива (угля, нефти, природного газа) содержится лишь тысячная часть общего углерода осадочных пород.

Полагают, что полный цикл круговорота CO_2 занимает 300 лет.

Круговорот азота. Атмосферный молекулярный азот служит основным источником для перевода азота в состав сложных органических веществ. Предварительно он переходит в доступные живым организмам соединения. Это может происходить различными путями, например при фотохимической фиксации азота или при грозах с образованием смеси NO_x оксидов азота. Последние с дождевыми водами попадают в почву

в виде селитры (нитратов аммония, натрия, калия, кальция и др.) или азотной кислоты. Далее азот в результате деятельности азотфиксирующих микроорганизмов переводится в сложные органические соединения — протеиды. Они представляют собой соединения белков (протеинов) с небелковыми веществами, например с углеводами или жироподобными. Азот наиболее эффективно фиксируется бактериями, находящимися в симбиотической связи с бобовыми и другими растениями. Далее он в органической форме диффундирует в ризосферу (часть почвы, непосредственно соприкасающуюся с корнями растений) и затем включается в наземные органы растения, где и используется для синтеза протеинов. Последние являются основой азотного питания животных.

Экскреты и мертвые организмы служат питанием для редуцентов, превращающих органические азотсодержащие вещества в неорганические.

Разложение азотсодержащих веществ (белков) протекает в два этапа. На первом под влиянием аэробных и анаэробных микроорганизмов белки расщепляются с выделением содержащегося в них азота в виде NH_3 (стадия аммонификации) и образованием пептонов (продуктов первичного распада белков), а затем аминокислот. Последующее окислительное и восстановительное дезаминирование и декарбонилирование приводят к полному распаду пептонов и аминокислот. Длительность первого этапа составляет от одного до нескольких лет. На втором этапе NH_3 окисляется сначала до HNO_2 , а затем до HNO_3 . Окончательное возвращение азота в атмосферу происходит под действием бактерий — денитрификаторов, которые разлагают нитраты молекулярного азота. Продолжительность периода минерализации составляет 30-40 лет и более.

Некоторые процессы, например аккумуляция в глубоководных осадках океана, прерывают круговорот азота. Процесс тления может совсем не начаться и при недостатке кислорода, большом количестве воды (глинистые влажные почвы), когда имеет место омыление трупов. Эту же прерывность наблюдают в сухом грунте (мумификация трупов). В последние годы выявлено, что на процесс минерализации азотных соединений отрицательно влияет техногенное загрязнение окружающей среды тяжелыми цветными металлами. В известной степени прерывание круговорота азота компенсируется его выделением с вулканическими газами.

В современных условиях в круговорот азота заметно вмешивается человек. На обширных площадях он выращивает азотфиксирующие бобовые растения, связывающие природный азот. Считают, что сельскохозяйственное хозяйство и промышленность дают почти на 60% больше фиксированного азота, чем естественные наземные экосистемы.

Круговорот воды. В начале раздела был рассмотрен ее геологический круговорот. В основном он сводится к процессам испарения воды с поверхности Земли и Океана и выпадению на них осадков. В пределах отдельных экосистем протекают дополнительные процессы, усложняющие большой круговорот воды (перехват, эвапотранспирация и инфильтрация).

В процессе *перехвата* растительность способствует испарению в атмосферу части осадков раньше, чем они достигают поверхности Земли.

Эвапотранспирация, или суммарное испарение, — это общий объем подачи воды из экосистемы в атмосферу. Он включает влагу, переходящую в атмосферу в виде пара при транспирации растений (физиологическое испарение содержащейся в них влаги через их поверхность, прежде всего листьями) и физическом испарении из почвы и с поверхности растительности. Данный процесс зависит от ряда климатообразующих факторов (температура воздуха, скорость ветра, влажность и др.) и состояния биокосного вещества (структура почвы, характер растительного покрова и т.д.).

Вода осадков, достигшая почвы, частично просачивается в нее (инфильтруется) и либо образует одну из форм почвенной влаги, выключаясь на время из большого круговорота, либо достигает уровня грунтовых вод. Таким образом, инфильтрация измеряется количеством выпадающих осадков за вычетом испарения и поверхностного стока.

В целом круговорот воды характеризуется тем, что, в отличие от углерода, азота, других элементов, она не накапливается и не связывается в живых организмах, проходя через экосистемы почти без потерь. На формирование биомассы используется лишь ~1% воды, выпадающей с осадками.

Из-за громадной общей массы цикл биологического круговорота всей воды океанов, морей и рек оценивается в 2 млн лет.

Круговорот кислорода. Биологический цикл этого элемента захватывает атмосферу, гидросферу и литосферу. Основной его формой является молекулярная (O_2), но встречаются также озон (O_3) и атомарный кислород (O). Круговорот кислорода весьма сложен, так как он присутствует во множестве органических и минеральных соединений. Однако в основном его круговорот совершается между атмосферой и живыми организмами. Это обуславливается реализацией двух разнонаправленных процессов. При фотосинтезе в зеленых растениях кислород выделяется в атмосферу. При дыхании растений, животных и почвенном дыхании (разложение органики) он потребляется. Таким образом, количество кислорода на отрезках времени порядка сотен лет практически постоянно при возможном локальном его недостатке на малой площади городов и лесных пожаров.

Незначительное количество кислорода в форме O_2 образуется также при диссоциации молекул воды и озона в верхних слоях атмосферы под воздействием ультрафиолетовой радиации. Часть его расходуется на окислительные процессы в земной коре, на оксигенизацию газообразных выбросов вулканических извержений.

Различные оценки показывают, что продолжительность круговорота кислорода составляет ~ 2 тыс. лет. Возможное влияние человеческой цивилизации на этот процесс рассмотрено в разд. 1.6.5.

Круговорот фосфора связан с обменом веществ в растениях и животных наземных и морских экосистем.

При разрушении ряда горных пород, прежде всего апатитовых, накопивших громадные залежи фосфора в прошлые геологические эпохи, этот элемент попадает в наземные экосистемы или выщелачивается водами и в конечном итоге оказывается в океане. В обоих случаях он поступает в пищевые цепи.

В наземных условиях в большинстве случаев редуценты превращают органические фосфорсодержащие соединения в неорганические фосфаты, которые опять используются растениями. В океанических водах фосфор усваивается фитопланктоном. Последний служит пищей для других организмов, и в их тканях накапливается фосфор. Частичный возврат его на сушу возможен с помощью морских птиц (скопление гуано на побережье Перу) и благодаря рыболовству, продукты которого используются в пищу и в качестве удобрений. Часть океанических фосфатов в составе отмерших органических остатков поступает в глубинные осадки и накапливается там, выключаясь из круговорота.

Процесс естественного круговорота фосфора в настоящее время искажается интенсивным применением в сельском хозяйстве фосфорных удобрений, источником которых служат залежи минеральных фосфатов. Избыток фосфора, смытый с полей в водоемы, приводит к их эвтрофикации, т.е. к накоплению в воде биогенных элементов.

Круговорот серы. Сера попадает в почву при разрушении сульфидных горных пород, а также при разложении органических остатков, главным образом растительных, до сероводорода, элементарной серы или сульфатов. Последние поглощаются корнями растений, т.е. вновь вступают в круговорот, входя в организмах в состав некоторых аминокислот. В наше время в круговорот во все больших масштабах вовлекается также сера промышленных выбросов и сбросов.

Круговорот биогенных элементов. Помимо рассмотренных основных элементов, в процессе обмена веществ живого организма принимает участие ряд других. Некоторые из них присутствуют в значительных количествах и относятся к категории *макроэлементов*, например натрий, калий, кальций, магний. Часть элементов содержится в

весьма малых концентрациях (*микроэлементы*), но они также жизненно необходимы (железо, цинк, медь, марганец и т.п.).

Главным источником биогенных элементов на суше служит почва, в которую они поступают при разрушении горных пород. Через корневую систему биогены попадают в растения, а затем по пищевым цепям — в гетеротрофные организмы. Частично эти элементы животные получают прямо из почвы (процесс солонцевания). Минерализация элементов и мертвых организмов возвращает биогены в почву и делает их доступными для включения в повторный круговорот.

Этот простой биологический цикл нарушается выносом элементов с поверхностным стоком, особенно с сельскохозяйственных полей, в реки и, в конечном итоге, в моря. Внесение минеральных удобрений компенсирует этот вынос лишь частично.

Все преобразования вещества в процессе круговорота связаны с затратами энергии. Ни один живой организм не продуцирует ее, она может быть получена только извне. Как уже отмечалось, главным источником энергии, используемой в биологическом круговороте, служит солнечная. Общий ее приток на планету составляет $\sim 5 \cdot 10^{20}$ ккал/год, из которых $1,1-1,7 \cdot 10^{20}$ приходится на сушу и $3,3-3,9 \cdot 10^{20}$ — на Мировой океан. Первым этапом использования и преобразования энергии в цепях круговорота является фотосинтез, в процессе которого создаются вещества для построения тела растительных организмов — автотрофов. По приблизительным подсчетам, на него приходится немногим более 0,1% солнечной энергии, направленной на Землю. Первичная энергия, аккумулируемая в тканях продуцентами, постепенно рассеивается в виде тепла и других форм энергии на всех следующих стадиях трофических цепей.

В целом рассмотренные выше и все другие биохимические циклы образуют в совокупности единый грандиозный круговорот веществ на Земле, в котором малые круговороты отдельных элементов тесно связаны между собой. О масштабности общего круговорота свидетельствует тот факт, что ежегодно на Земле образуется более 100 млрд т органических соединений, трансформируется 200 млрд т углекислого газа и 145 млрд т свободного кислорода.

1.4. Понятие об экологии и ее структуре

Как уже отмечалось, уникальность нашей планеты состоит в том, что в силу ряда не всегда еще ясных причин на ней возникла и эволюционирует особая оболочка — биосфера, область, населенная живыми организмами. Они взаимодействуют с другими элементами биосфе-

ры — биокосным, косным и биогенным веществом. Взаимодействие элементов биосферы друг с другом, все возрастающая роль в нем человеческого фактора и многие другие вопросы, связанные с наличием жизни на Земле, составляют предмет экологии.

Термин «экология» (от гр. *oikos* — дом, родина и *logos* — наука) предложил немецкий биолог Э.Геккель (1866 г.) для обозначения биологической науки, изучающей взаимоотношения животных с органическими и неорганическими средами. В своем капитальном труде «Всеобщая морфология организмов» он писал: «Под экологией мы понимаем сумму знаний, относящихся к экономике природы: изучение всей совокупности взаимоотношений животного с окружающей его средой, как органической, так и неорганической, и прежде всего — его дружественных или враждебных отношений с теми животными и растениями, с которыми он прямо или косвенно вступает в контакт». В дальнейшем, расширив формулировку Геккеля, многие ученые стали рассматривать экологию как науку об условиях существования не только животных, но всех живых организмов и их взаимодействии между собой и со средой обитания.

В такой трактовке экология как научная дисциплина имеет более чем вековую историю. Ее основы можно найти в трудах многих выдающихся ученых позапрошлого века (А.Гумбольдт, Ж.-Б.Ламарк, Е.Варминг, Н.А.Северцев и др.). В развитии экологии 20 в. значительный вклад внесли Е. Ле Руа, П. Тейяр де Шарден, В.И.Вернадский, Ю.Н.Куражковский, А.Пирс, Ф.Клементс и др.

В последние десятилетия термин «экология» приобрел особую популярность. Экологическая наука переживает вторую молодость, разговоры о ней и ее проблемах идут во всех слоях общества. Однако от этого понимание сути экологии не стало более ясным. Напротив, ее смысл, отраженный в определении Э.Геккеля, все более размывается новыми толкованиями, подчас далекими от начального понимания экологии как одной из биологических наук (биоэкологии). Распространена весьма широкая трактовка экологии как комплекса многих научных направлений (экономики, социологии, медицины, географии, геологии, технологии и т.д.), вобравших в себя, по существу, все известные дисциплины. Такое понимание лишает экологию собственных предмета, содержания и методологии.

С другой стороны, часто экология рассматривается как научное направление, основным содержанием которого является изучение только гигиенического состояния окружающей среды, все проблемы которой можно решить техническими средствами.

Не случайно поэтому появляются руководства по экологии, написанные с принципиально разных позиций. В одних она трактуется

как современная естественная история, в других — как учение о структуре природы, в котором конкретные виды рассматриваются в качестве форм трансформации вещества и энергии в биосистеме, в третьих — как учение о популяциях, в четвертых — как область науки, относящаяся не только к природе, но и к человеческому обществу, поскольку вскрытые биологические закономерности оказались применимы и к нему.

Не останавливаясь на всех существующих точках зрения относительно предмета и содержания экологии, приведем некоторые распространенные современные определения этого термина (*Охрана ландшафтов...* и др.), а также авторскую трактовку:

экология — одна из биологических наук, изучающая живые системы в их взаимодействии со средой обитания (формулировка, близкая к данной Э. Геккелем);

экология — особый общенаучный подход к исследованию проблем взаимодействия организмов, биосистем и среды (экологический подход);

экология — комплексная наука, синтезирующая данные естественных и общественных наук о природе и о взаимодействии ее и общества (эколого-социологический подход);

экология — наука, исследующая закономерности жизнедеятельности организмов в любых ее проявлениях на всех уровнях интеграции в их естественной среде обитания с учетом изменений, вносимых в среду деятельностью человека (эколого-антропосный подход);

экология — совокупность научных и практических проблем взаимоотношений человека и природы (антропосный подход);

экология — наука об антропосном воздействии на природу и ее ответных реакциях, потенциально или непосредственно опасных для человеческого сообщества (антропосный подход, формулировка автора).

Все приведенные определения образуют две самостоятельные группы. В одной из них экология рассматривается как биологическая наука, человек и его особое место в возникновении и решении экологических проблем не подчеркиваются (первые две формулировки). К другой группе относятся определения, в которых роль антропоса в проблемах экологии становится центральной (три и особенно две последние формулировки).

Представляется, что антропосный подход в большей степени объясняет причины все возрастающего внимания к экологии, перемещение ее в центр глобальных человеческих интересов. В общественном сознании в настоящее время экологические проблемы занимают место, по крайней мере, следующее за создаваемыми ядерным оружием. Ни од-

на из проблем фундаментальной науки не привлекала в прошлом такого пристального внимания широких слоев населения многих стран. Массовое внимание к экологии, масштабы ее проблем расширялись по мере роста производства с его все более усиливающимся воздействием на окружающую среду. Только присутствие человека на Земле породило экологические проблемы, и только он может их разрешить. В его отсутствие эволюционное изменение биосферы было синхронизировано с изменениями в геосфере и климатических факторах. Известно, что «у природы нет плохой погоды, всякая погода — благодать».

Великий Конфуций 2,5 тыс. лет тому назад сказал: «Первое, что сделал бы мудрец, став правителем — он бы вернул изначальный смысл словам». Возвращая этот смысл понятию «экология» (дом, родина), учитывая время его появления, мы неизбежно приходим к выводу, что главное здесь не само по себе взаимодействие живых систем со средой их обитания, а антропоносная составляющая биологического взаимодействия, отраженная в последних двух формулировках экологии, которые примерно равноценны и, возможно, отражают суть современных представлений об этой науке.

Противоречивость трактовок понятия «экология» предопределила столь же противоречивые взгляды на ее структуру. Четкая разработка последней — задача ближайшего будущего (*Радкевич*). Однако дело не только в неопределенности самого понятия. Основная причина заключена в том, что структурирование любых понятий должно производиться с соблюдением классических правил деления, известных из курсов логики: соразмерность деления, деление по одному основанию, непрерывность деления, непересекаемость членов деления. Несоблюдение этих правил буквально во всех работах по экологии приводит к логическим ошибкам. Основные из них: неполное деление, деление с лишними членами, подмена основания, скачок в делении, пересечение членов деления.

Придерживаясь правил деления и исходя из определения, что экология — совокупность научных и практических проблем взаимоотношений человека и природы, или из авторского определения, ее можно разделить на экологию общую и прикладную.

К *общей экологии* следует отнести разделы, изучающие антропоносное воздействие на живое (биоэкология) и неживое (геоэкология) вещество и их ответные реакции на это воздействие. Деление членов общей экологии, как и любых других понятий, может быть выполнено по множеству оснований (признаков).

Так, в *биоэкологии* при делении по уровню организации живого можно выделить *молекулярную* экологию, *морфологическую* экологию (клеток и тканей), *аутоэкологию*, изучающую живое вещество на

уровне особи (организма), *демэкологию* (популяций), *эйдэкологию* (экологию видов), *синэкологию* (сообществ), *глобальную* (учение о биосфере). При делении по *типу структурирования живого в биологической системе* биоэкологию можно разделить на экологию *многоклеточных организмов* (грибов, растений, животных) и *одноклеточных* (микроорганизмов).

К предмету *геоэкологии*, как отмечено, относятся проблемы воздействия в системе антропос-неживое вещество. Принимая за признак деления агрегатное состояние этого вещества, получим, например, деление геоэкологии на *экологию суши, гидросферы и атмосферы*.

К области *прикладной экологии* необходимо отнести следующие вопросы:

выработка общих решений, прогнозов и рекомендаций, касающихся путей выхода из тех или иных глобальных кризисных ситуаций экологического характера;

разработка конкретных управленческих, юридических, технологических, экономических и других решений, улучшающих экологические параметры развития.

Исходя из сказанного, прикладную экологию можно разделить на экологию *глобальных кризисных проблем* и экологию *природопользования* (терминология автора).

К глобальным кризисным относятся, например, проблемы парникового эффекта, озонового слоя Земли и др. (разд. 1.6).

Экология природопользования в нашем понимании — это научно-техническое направление, разрабатывающее конкретные управленческие, юридические, технологические, экономические и другие решения, улучшающие экологические параметры развития материального производства и коммунального хозяйства. В зависимости от того, для какой области разрабатываются решения, экология природопользования подразделяется на *промышленную, сельскохозяйственную, промысловую* (рыболовство, охота), *быта*.

Промышленная экология — ядро экологии природопользования. Первое ее определение, согласованное десятью странами-участниками, дано на международной конференции 1992 г. в Сноумас-Виллидже (США). Оно гласит: «промышленная экология — это научно-технический подход к развитию промышленности и сельского хозяйства, учитывающий взаимосвязь между всеми этапами производства, от добычи природного сырья до удаления отслуживших свой век товаров на свалки, и их отрицательное воздействие на человека и окружающую среду» (Сидельникова...). Включение в это понятие промышленного и сельскохозяйственного производства и обращения с отходами расширя-

ет, по сути, приведенную формулировку до понятия «экология природопользования», содержащую ошибку слишком широкого определения.

Очевидно, что ни приведенная, ни любая другая систематизация экологических дисциплин не может быть доведена здесь до конца из-за весьма большого числа членов деления. Представленная автором классификация охватывает преимущественно родовые понятия и виды первого-второго порядков. Последующие порядки можно получить делением ближайших родов по видовому отличию.

Так, например, экологию животных, в соответствии с их зоологическими классами, следует разделить на экологию млекопитающих, птиц, земноводных, рыб, насекомых и др. В свою очередь, экологию млекопитающих, в согласии с их подклассами, можно расклассифицировать на экологию яйцекладущих (первозверей), сумчатых, плацентарных (высших зверей). Экология плацентарных, в соответствии с их отрядами, разделяется на экологии приматов, хищных, грызунов, насекомоядных и т.д. В экологии приматов по аналогии с их подотрядами следует выделить низших и высших приматов. И наконец, в экологии высших приматов можно вычленить экологию человека. Деление нетрудно продолжить и далее, но главное при этом — соблюдение перечисленных ранее правил деления.

Экологию (царство) растений, в соответствии с их общепринятой (ботанической) классификацией, очевидно, следует разделить на экологии (подцарства) багрянок, настоящих водорослей, высших растений. При необходимости дальнейших классификаций каждое из подцарств и соответствующих им экологий можно разложить на составляющие их виды последующих порядков, например, экологию высших растений — на экологию высших споровых и семенных.

Таким образом, при разработке классификаций пригодны различные существенные признаки деления. Важно лишь, чтобы на любом конкретном уровне оно проводилось только по одному признаку (основанию). Это позволяет исключить весьма распространенную логическую ошибку — деление с лишними членами.

В качестве пояснения укажем, что такая ошибка возникает, например, когда людей делят на мужчин, женщин и детей. В данном случае на одном уровне деления использованы два признака: пол человека и его возраст. Поэтому при делении по полу получили лишний член деления (дети), а при делении по возрасту лишними оказались члены деления «мужчины» и «женщины», но не хватает члена деления «взрослые», т.е. совершена еще одна логическая ошибка (неполное деление).

Естественно, что на последующих уровнях деления используются другие признаки. Например, взрослых можно по признаку пола разде-

лить на мужчин и женщин, женщин — на замужних и незамужних, замужних — на имеющих детей и не имеющих их и т.д.

К сожалению, к приводимым в современной литературе структурам экологических дисциплин правила логического деления не применялись. Однако анализ логических нарушений, допущенных в ряде работ по экологии, требует отдельного рассмотрения. (Авт.: «*Природопользование...*»).

Таким образом, предвидимое В.А.Радкевичем четкое деление структуры экологии, как задача ближайшего будущего, будет реализовываться по мере освоения экологами основ логического деления.

Резюмируя, еще раз подчеркнем, что экология как наука и ее прикладные аспекты перемещались в центр внимания человеческого сообщества по мере развития материального производства и возрастания масштабов антропоного давления на окружающую среду. Рассмотрим последнее более подробно.

1.5. Масштабы антропоного давления на биосферу

Влияние деятельности человека на природные сообщества весьма разнообразно и прослеживается во всех частях биосферы. В первую очередь оно связано с такими формами антропогенного воздействия, как прямое истребление ряда видов живых организмов, а также с загрязнением биосферы промышленными и бытовыми отходами, пестицидами и т.п.

Катастрофические результаты влияния человечества на природу впервые были осознаны через мартиролог (скорбный список) истребленных им растений и животных. В него, в частности, входит более ста видов крупных млекопитающих и еще большее количество видов и подвидов птиц.

Масштабы истребления животных неуклонно возрастали. Уже в палеолите древний человек начал оказывать влияние на их численность. Примерно 100 тыс. лет назад не без его участия в Европе исчезли лесные слоны и носороги, затем мамонты, шерстистые носороги, гигантский олень. Не пощадили и птиц. Около 200 лет назад в Новой Зеландии истребили моа (динорниса), огромную, высотой до 3 м, бегающую птицу. В 19 в. на острове Маврикий в Индийском океане был уничтожен дронг, единственная из известных гладкокожая птица (без перьев, бегающая). Всего в 17-20 вв. истреблено 65 видов млекопитающих и 122 — птиц.

Что касается воздействия на биосферу загрязнителей антропогенного происхождения, то на протяжении многих столетий они не оказыва-

ли заметного влияния, хотя некоторые отрасли материального производства, в частности металлургия и обработка металлов, возникли до нашей эры. Изготавливали также стекло, мыло, гончарные изделия, краски, пищевые продукты, вино и др. При этом в атмосферу выделялись оксиды углерода, серы, пары металлов, особенно ртути, в водоемы сбрасывались отходы красильных и пищевых производств — все в количествах, не представлявших заметной опасности для окружающей среды.

В средние века в Европе начали складываться централизованные государства с четко очерченными границами, требовавшими защиты. Это, а также появление огнестрельного оружия на вооружении армий ускорило развитие химии, вызванное необходимостью получения относительно больших количеств азотной и серной кислот, селитры, пороха, медного купороса, поташа, используемых при изготовлении взрывчатых веществ и в сельском хозяйстве. Переход от феодальной раздробленности к образованию единых государств с централизованной властью способствовал также дальнейшему прогрессу металлообработки при одновременной концентрации производства. Уже тогда появились первые признаки промышленного загрязнения окружающей среды медью и цинком (Уэльс), серой (Сицилия), хлоридом ртути (Италия). Это привело к исчезновению растительности на прилегающих к производству территориях и к ухудшению здоровья их жителей.

Однако до 18 в. основными источниками загрязнения оставались бытовые сточные воды и продукты сгорания топлива для обогрева жилищ: CO, CO₂, сажа, зола, SO₂ (при использовании каменного угля). Накопление отходов существенно не влияло на общую экологическую обстановку.

Тем не менее идеи о необходимости сохранения окружающей среды зародились уже в Древнем Мире. Например, вавилонский царь Хаммурапи (18 в. до н.э.) издал закон об охране лесов, индийский император Ашока (3 в. н.э.) выпустил большое количество оправившихся на религию законов об охране природы (Платонов...).

Первым европейским законом о защите окружающей среды следует считать эдикт английского короля Эдуарда IV (1273 г.), запрещавший использование каменного угля для отопления жилищ Лондона. За нарушение эдикта (особо важного указа) по законам того времени полагалась смертная казнь. Вот еще некоторые даты истории мирового и отечественного природоохранного и экологического движения 17-19 вв.:

1639 г. — законы по ограничению загрязнения городов мусором и помоями (в Испании предписывалось не выливать их ранее 23 часов летом и 22 часов зимой);

1714 г. — указ Петра I о сборе ветоши для бумажной фабрики в Петербурге — один из первых актов, направленных на использование вторичного сырья;

1811-1820 гг. — законы по борьбе с загрязнением атмосферы (Австрия и Германия);

1832 г. — организация национального парка в США (горячие ключи в Арканзасе);

1853 г. — учреждение государственного заповедника во Франции (Фонтенбло);

1881 г. — возникновение национальной лесной ассоциации США — одной из первых лесоохранных организаций;

1895 г. — создание Английского национального объединения по охране природы.

Загрязнение окружающей среды заметно возросло с началом первой промышленной революции. Так, изобретение паровой машины обусловило резкое увеличение потребления топлива и выбросов в атмосферу. К этому же, а также к образованию сточных вод и твердых отходов привело дальнейшее развитие металлургии и сопряженных с ней отраслей (добыча угля, обогащение, коксохимия). По мере развития железных дорог солидным источником загрязнения воздушного бассейна стал транспорт.

С появлением автомобилей с двигателями внутреннего сгорания и крупных ТЭС, а также с дальнейшим развитием химической промышленности существенно изменился состав загрязнителей. В атмосферу начали поступать значительные количества оксидов азота и серы, соединения свинца и ртути, аммиак, сероводород, углеводороды, альдегиды, бенз(а)пирен и др; в водоемы сбрасывается большая масса различных химических соединений. Возрастают отвалы золошлаковых отходов и терриконы горелых пород, сооружаются шламонакопители. Создание атомной энергетики, ядерного оружия обусловило возникновение весьма сложной проблемы обращения с радиоактивными отходами.

Развитие промышленного производства и транспорта привело к повышенной концентрации людей на относительно небольших территориях (с плотностью до 15 тыс. чел./км²). Уже в 80-е годы прошлого столетия имелось свыше 20 городов с населением более 5 млн жителей в каждом (в Мехико их число превысило 17 млн). Растут агломерации городов в США, Японии, Европе, насчитывающие по 30-40 млн чел. и более. Все это предопределило интенсивное загрязнение окружающей среды, быстрое накопление бытовых отходов и стоков на ограниченных площадях.

Наличие бытовых стоков, богатых органикой, привело к повышению эвтрофикации водоемов, неблагоприятно сказалось на их продуктивности. Произошло также резкое усиление развития фитопланктона («цветение воды»), многих других гидробионтов, прибрежных зарослей высшей растительности. Одновременно возник дефицит кислорода, возросли глубинные зоны с анаэробным обменом, накоплением сероводорода, аммиака и т.д. Это вызвало гибель ценных видов рыб и ухудшение питьевых качеств воды, многие водоемы потеряли хозяйственное значение.

Вещественные загрязнения от крупных промышленных центров распространяются на десятки, сотни и даже тысячи километров от источников их образования, создавая трудно разрешаемые проблемы ликвидации их трансграничных переносов. Так, радиоактивные выбросы веществ при катастрофе на Чернобыльской АЭС достигли Севера Европы — Скандинавских стран.

Неблагоприятное влияние на жизнедеятельность человека оказывают механические (шумы, вибрации, инфра- и ультразвуки) и электромагнитные колебания в виде различных излучений (рентгеновского, ультрафиолетового, инфракрасного и др.). Вещественное и энергетическое загрязнения среды обитания дополняются возрастанием психологических стрессов, напряженным темпом жизни на урбанизированных территориях, ослаблением и потерей связей между людьми и т.д.

Масштабы изъятия природных ресурсов и воздействия человека на окружающую среду становятся в настоящее время сопоставимыми с геологическими. Так, на территории России создано Куйбышевское водохранилище, площадь зеркала которого (5900 км²) больше, чем у российских озер Таймыр, Ханка, Чудское с Псковским, и превышает акватории Ильменского озера в 5, а Телецкого в 25 раз. Глубина карьеров по добыче полезных ископаемых достигла 1 км при их площади в десятки квадратных километров. Это вполне сопоставимо с предполагаемым следом у западного побережья Америки (~200 м в глубину и около 200 км в длину) от столкновения нашей планеты примерно 65 млн лет тому назад с крупным небесным телом. Его последствиями считают быстрое в геологическом масштабе времени (порядка 1 млн лет) исчезновение в конце мелового периода динозавров и последующее бурное развитие млекопитающих и птиц. В районе г. Нижний Тагил полностью скрыта гора Высокая высотой около 400 м, служившая железорудной базой Нижнетагильского металлургического комбината.

Более общее представление о повседневной человеческой деятельности геологических масштабов дают размеры современных изъятий полезных ископаемых и количество образующихся при их переработке загрязнителей природной среды.

По различным оценкам, в мире ежегодно извлекается и перемещается 100-150 млрд т полезных ископаемых, отвалов и вскрышных пород, производится свыше 2 млрд т цемента и 1 млрд т металлов, выпускается более 120 млн т синтетических материалов, вносится на поля 500 млн т минеральных удобрений и 3 млн т ядохимикатов. В производственных и бытовых целях используется 13% речного стока. Соответственно в окружающую среду выбрасываются весьма существенные количества газообразных, жидких и твердых загрязнителей.

В атмосферу, по данным разных авторов, ежегодно поступает, т: около 25 млрд CO_2 , более 200 млн CO , свыше 150 млн серосодержащих газов, 80-110 млн оксидов азота, до 1 млрд пыли. Объем промышленных и бытовых стоков составляет 700 км³/год. Последняя цифра означает, образно говоря, что ежегодно стоки образуют непреодолимую для человека без подручных средств преграду длиной 10 тыс. км (от Калининграда до Владивостока), шириной 35 км и глубиной 2 м. В Мировой океан за этот срок сбрасывается до 50 млн т нефти и нефтепродуктов, 6 млн т фосфора, более 2 млн т свинца, 5 тыс. т ртути, 50 тыс. т пестицидов. Нефтяная пленка покрывает $\sim 1/3$ поверхности морей и океанов, существенно затрудняя газообмен между гидросферой и атмосферой.

В мире накоплено 200-300 млрд т твердых отходов, в том числе на территории СНГ — 80 млрд т. Ежегодно объем накапливаемых на поверхности Земли перерабатываемых отходов превышает 2 млрд т, из них 340 млн т — потенциально опасных. Объем ВАО к 2000 г., по оценкам, достиг 1 млн м³. В развитых странах на одного жителя приходится 300-750 кг коммунальных и 1,0-2,5 т промышленных отходов в год.

Основной загрязнитель окружающей среды — промышленность. Она потребляет 37% мирового производства энергии, выделяет в атмосферу 50% всех выбросов CO_2 и 90% оксидов серы. На долю черной металлургии приходится до 20% всех промышленных загрязнений. Транспорт расходует до 30% энергии, выбрасывает 60% CO , более 40% оксидов азота и летучих углеводородов, до 20% CO_2 . Теплоэлектростанции дают $\sim 25\%$ вредных выбросов в атмосферу. Крупнейшим загрязнителем окружающей среды является сельское хозяйство, в котором только навозных стоков образуется ежегодно несколько миллиардов тонн.

Особенно быстро (на 3% в год) увеличивается выход ТБО. Из них утилизируется не более 20%. Даже в Западной Европе сбор и переработка отходов дают только 1,5% ВВП стран «Общего рынка».

Антропоное воздействие на окружающую среду в нынешних масштабах уже не всегда может быть ликвидировано происходящими в

ней естественными процессами. Во многих регионах мира оно подвело биосферу к грани экологического кризиса. Под угрозой исчезновения в настоящее время находится почти 1 тыс. видов животных и 25 тыс. видов растений.

Все более очевидной становится мысль о том, что типичной характерной и *постоянной причиной* загрязнения окружающей среды тем или иным материальным объектом является его *изначальная* технологическая, конструкторско-техническая порочность, заложенная еще на этапе проектирования. В связи с этим на первый план в борьбе с загрязнением окружающей среды выдвигается экология природопользования. Прежде всего ее усилиями могут быть существенно смягчены те глобальные экологические проблемы, которые уже стоят перед человечеством.

1.6. Глобальные экологические проблемы

Эти проблемы в настоящее время находятся в центре внимания как специалистов различного профиля, так и общественности. Отношение к ним неоднозначно — от страха перед приближающимся концом цивилизации до глубокого скепсиса в отношении существования многих из них.

Можно полагать, что все глобальные экологические проблемы в значительной степени обусловлены хозяйственной деятельностью человечества, масштабы которой, как уже отмечалось, становятся сопоставимыми с геологическим и космическим воздействиями. К возможным последствиям этого относят «парниковый» эффект, влияние аэрозолей, «озоновую дыру», нарушение биохимического круговорота веществ и ряд других далее рассматриваемых проблем. Для их разрешения на Стокгольмской конференции ООН по проблемам окружающей среды (1972) была принята Декларация, содержащая основные принципы международного сотрудничества в данной области, и создана ЮНЕП. В 1982 г. Генеральная Ассамблея ООН одобрила Всемирную хартию природы. Подробнее вопросы международного экологического сотрудничества рассматриваются в кн. 4 (разд. 10.4).

1.6.1. Парниковый эффект

Понятие парникового эффекта сформулировано в 1863 г. Тиндалом. В 1938 г. Каллендер впервые высказал предположение о возможном влиянии антропогенных выбросов углекислого газа на климат (Юсфин...).

Впервые всестороннее обсуждение возможности парникового эффекта, связанных с ним изменений климата и экосистем произошло в рамках международной конференции ЮНЕП, ВМО и МСНС в Филлахе (Австрия) 5-15 октября 1985 г. Общая картина, изложенная на конференции и в последующих исследованиях проблемы парникового эффекта, представляется следующим образом (*Парниковый эффект...*).

В настоящее время в атмосфере наблюдается рост содержания некоторых малых газов, таких как углекислый газ CO_2 , закись азота N_2O , метан CH_4 , озон O_3 , пары воды, хлорфторуглероды и другие галогенпроизводные углерода (фреоны). Эти так называемые парниковые газы, как и основные составляющие атмосферы (азот, кислород), пропускают к поверхности Земли ультрафиолетовую и видимую (световую) части солнечного излучения оптического диапазона. Поглощаемая земной поверхностью солнечная энергия нагревает ее, что приводит к тепловому длинноволновому (инфракрасному) излучению оптического диапазона в окружающее пространство. Однако оно в значительной степени задерживается компонентами атмосферы и прежде всего парниковыми газами; часть тепла вновь отражается на поверхность Земли. Задержание тепловой энергии у приповерхностного слоя приводит к повышению его температуры («парниковый эффект»).

Представленная картина возникновения парникового эффекта опирается на квантовую теорию света. В соответствии с ней, энергия ε кванта выражается формулой:

$$\varepsilon = h\nu, \quad (1.2)$$

где h — постоянная Планка ($6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж·с); ν — частота, присущая кванту.

Поскольку частота видимой и ультрафиолетовой частей солнечного излучения заметно выше, чем инфракрасной, то и энергия кванта в ней больше, чем кванта теплового излучения — примерно в 1000 раз (разд. 6.2.3). Поэтому значительно менее мощные кванты последнего задерживаются атмосферой сильнее, чем падающие на поверхность кванты. Задержанию в существенной степени содействуют более крупные молекулы парниковых газов. Действительно, диаметр молекул основных газовых составляющих атмосферы (N_2 , O_2) разными методами расчета оценивается соответственно в $3,15\text{--}3,70 \cdot 10^{-8}$ и $2,94\text{--}3,56 \cdot 10^{-8}$ см, а для CO_2 и CH_4 , например, он составляет $3,24\text{--}4,54 \cdot 10^{-8}$ и $3,24\text{--}4,30 \cdot 10^{-8}$ см (*Кэй...*).

В основе рассмотренного механизма возникновения парникового эффекта лежит идея знаменитого шведского физико-химика С.Аррениуса о прогреве атмосферы за счет поглощения ею инфра-

красного излучения (1896 г.) и представление о том, что передача тепла в тропосфере происходит за счет его радиации.

В настоящее время, с учетом концентраций и продолжительности существования парниковых газов в атмосфере, их вклад в возможное потепление примерно равен, %: CO_2 — 55; CH_4 — 15-17; N_2O — 5-6; O_3 — 14, другие — 9 (Изменения...; Кондратьев... 2004). Поскольку основная доля парникового эффекта приходится на CO_2 , то обычно анализ этой проблемы связывают с изменением его концентрации. Ее значения в различные периоды времени оцениваются следующим образом, млн⁻¹: начало голоцена, или послеледниковое время 8 тыс. лет назад, — 500 (анализ пузырьков воздуха из ледниковых кернов); доиндустриальная эпоха (середина 19 в.) — 275; 1958 г. — 315, 1984 г. — 354 (Парниковый...; Рябчиков), 2002 — 373.

В соответствии с различными сценариями, удвоение содержания CO_2 в атмосфере в сравнении с доиндустриальным периодом может произойти в середине 21 в. или после 2100 г. Удвоение, как полагают, приведет к повышению температуры на 1,5-4,5 К. Что касается вклада других газов в парниковый эффект, то для бывших ранее вторыми по значимости после диоксида углерода ХФУ он снижается (производство ХФУ в ряде высокоразвитых стран запрещено и сокращается в связи с негативной ролью не только в создании парникового эффекта, но и в развитии «озоновой дыры»). Считают также, что отсутствие парниковых газов и, особенно, водяного пара в атмосфере снизило бы современную температуру у земной поверхности (+15,2°C) на 32-40°C и привело к существованию биоты на Земле в формах, весьма отличных от ныне существующих (Рябчиков; Шилов).

Для биосферы Земли развитие парникового эффекта может иметь как положительные, так и отрицательные экологические последствия.

К положительным следует отнести то, что при глобальном потеплении увеличится испарение с поверхности Океана и возрастет влажность атмосферы. Это благоприятно скажется на снижении засушливости аридных областей. Повышение концентрации CO_2 в воздухе может интенсифицировать фотосинтез, а значит, способствовать росту продуктивности как естественных лесных формаций, так и культурных растений. Применительно к России урожай зерновых может подняться в среднем на 67%, кормовых трав — на 95% (Вронский).

При увеличении концентраций парниковых газов модели климата предсказывают больший рост температуры в высоких широтах и меньший — в низких. Анализ в некоторых работах приводит к выводу, что при потеплении на 1 К границы зернопроизводящих областей средних и высоких широт отодвинутся на несколько сотен километров

к северу, а в холодных горных районах возможно перемещение продуктивных зон вверх более чем на 100 м (Парниковый...).

К отрицательным последствиям парникового эффекта относят прежде всего вероятное поднятие уровня Мирового океана (разд. 1.6.3). К негативным последствиям для России, где до 60% территории занято вечной мерзлотой, причисляют также усиление сезонного протаивания грунтов. Это создаст угрозу дорогам, строениям и коммуникациям, активизирует процессы термокарста, заболачивания, ухудшит состояние лесных массивов на вечной мерзлоте и др.

В свете предполагаемых отрицательных последствий влияния парниковых газов на состояние биосферы и условия жизни людей, по линии ряда международных организаций (ЮНЕСКО, ФАО, ЮНЕП) уже действует межправительственный комитет по предотвращению глобального потепления климата. Он проводит оценку ущерба от затопления прибрежных территорий, ухудшения качества водных ресурсов, ведет поиск экологически чистых альтернативных источников энергии. В соответствии с решением конференции в Киото (разд. 1.9), к 2008-2012 гг. объемы выбросов углекислого газа в промышленно развитых странах должны быть снижены до 92-95% от уровня 1990 г.

Кроме того, предложен ряд эффективных технологий связывания и утилизации CO_2 , выделяющегося при сжигании топлива. Они, в частности, предусматривают захоронение диоксида углерода в море: закачку компримированного до жидкого состояния CO_2 в глубинные скальные породы морского дна (A watery...), в океанскую толщу на глубину (Proc. 27th...; Frobose), переработку в твердую блочную кислоту с затоплением ее на большую глубину с последующим газированием морской воды (Frobose), подачу компримированного до ~50 атм и охлажденного до примерно 40°C CO_2 на морское дно на глубину около 3200 м, где находится наиболее плотная вода с постоянной температурой 4°C и достигается давление порядка 370 атм. В последнем случае CO_2 сжижается и, имея большую, чем вода, плотность, остается на дне, где постепенно взаимодействует с морскими породами и карбонизирует их, переходя в твердое состояние.

Известны предложения по использованию CO_2 для синтеза сахаров, метанола, диметиллов или пироуглерода, предназначенного для долгосрочного хранения в земле (Розовский; Стейнбек).

В стадии практической реализации с 2002 г. находится проект США, предусматривающий сокращение выбросов углекислого газа с одновременным получением метана. В соответствии с ним, в штате Колорадо на двух шахтных участках пробурено в совокупности 16 скважин для закачки 550-600 тыс. м³/сут. CO_2 , что увеличивает вы-

ход метана из угольных пластов: через 23 скважины со 140 тыс. до 830 тыс. м³/сут (Reeves).

Однако ряд специалистов аргументированно полагает, что роль диоксида углерода и других газов в возникновении парникового эффекта, как и наличие самого эффекта, сильно преувеличены. Уже на конференции в Филлахе отмечалось, что повышение глобальной температуры на 0,3-0,4 К в течение последних 100 лет, строго говоря, нельзя объяснить только увеличением концентрации парниковых газов и что приведенные показатели роста температуры и уровня океана — это не прогноз, а лишь возможные сценарии. Указывалось также, что сценарии потепления не моделируют всех процессов чрезвычайно сложной геосферы в целом, не учитывают взаимосвязи подсистем атмосфера-суша-океан-биосфера (биота и человек), выбросы загрязняющих веществ. Совокупность данных подсистем практически не поддается моделированию и прогнозу, поскольку требует учета количества связей, число которых ни с чем не сравнимо в человеческой практике.

Основные факторы, не оставляющие места явлению парникового эффекта, в последнее время достаточно последовательно рассмотрел, в частности, проф. О.Г.Сорохтин (Глобальные...).

Он и его сторонники подчеркивают, что, в отличие от основополагающей идеи С.Аррениуса о нагревании атмосферы за счет поглощения ею инфракрасного излучения, в плотных тропосферах (с давлением, большим 0,2 атм) доминирует конвективный вынос тепла, применительно к Земле — вплоть до высоты 10-12 км. В этом случае поглощение инфракрасного излучения поверхности Земли не играет существенной роли в распределении температуры по высоте тропосферы.

Отмечается, что при реально существующем парниковом эффекте любое повышение приземной температуры усиливало бы испарение влаги и увеличивало облачность Земли, а это, в свою очередь, повысило бы альбедо (отражательную способность) атмосферы. В результате уменьшилось бы поступление тепла на Землю и средняя температура ее поверхности вновь бы снизилась до прежнего уровня. Более того, как показали расчеты метеорологов Гамбургского университета и Института физики плазмы им. М.Планка в Мюнхене, эффект альбедо может привести к похолоданию (Рябчиков). По расчетам О.Г.Сорохтина, замена азотно-кислородной атмосферы Земли на углекислотную с давлением 1 атм понизит среднюю приземную температуру на ~5 К.

Указывается также, что прогнозируемое конференцией в Филлахе повышение содержания CO₂ в атмосфере с 354 до 500 млн⁻¹ невозможно: если даже сжечь все леса на Земле, то концентрация диоксида углерода возрастет не более чем на 25 млн⁻¹ (Рябчиков).

Отмечается, что возможное небольшое потепление обусловлено не столько парниковым эффектом, сколько зафиксированным повышением солнечной активности. Кроме того, не учитывается термическая инерция океана (разд. 1.6.3).

Весьма существенно, что увеличение парциального давления CO_2 в атмосфере является, как отмечает О.Г.Сорохтин, не причиной, а следствием потепления климата. Этот чрезвычайно важный вывод опирается на исследование изменения концентраций углекислого газа в пробах древнего льда Антарктиды (наибольшая глубина бурения 3,2 км, достигнута Германией). Исследования, проведенные на российской научной станции «Восток», показали, что на временных отрезках 5, 20 и 100 тыс. лет это изменение имеет одинаковый характер. Оно всегда запаздывает в сравнении с изменением температуры атмосферы. Концентрация CO_2 продолжает расти еще некоторое время и после того, как температура воздуха начинает снижаться. Временной лаг запаздывания составляет 2-3 тысячи лет.

Таким образом, если, в соответствии с идеей С. Авенариуса, температура атмосферы есть функция CO_2 в ней, или $T = f(\text{CO}_2)$, то из изложенного выше следует, что концентрация CO_2 атмосферы есть функция температуры, или $\text{CO}_2 = f(T)$.

По нашему мнению, зависимость $\text{CO}_2 = f(T)$ коррелирует с известными данными о снижении растворимости CO_2 в воде при повышении температуры. В водах океанов углекислого газа растворено значительно (в 60 раз) больше, чем в атмосфере, поэтому при потеплении климата и соответствующем повышении температуры океанических вод парциальное давление CO_2 в атмосфере с определенным временным лагом будет увеличиваться. Справедливо и обратное рассуждение, относящееся к варианту снижения температуры океанов.

Временной лаг запаздывания изменения концентрации CO_2 в атмосфере по отношению к ее температуре объясним тем, что эту концентрацию определяет температура Океана. Однако последняя и связанные с ней выделения CO_2 из Океана вследствие его гигантского теплосодержания (тепловой инерции) изменяются с запозданием по отношению к температуре уже более прогретой атмосферы.

Инерционность Мирового океана как гигантского аккумулятора тепла особенно наглядно проявила себя в расчетах американских и советских ученых, касающихся последствий глобального ядерного столкновения двух сверхдержав (СССР и США). Расчеты показали, что в данном случае в результате поступления в атмосферу громадных количеств пыли, прикрывающих поверхность земли от солнечных излучений, ее температура понизится и наступит «ядерная» зима: в течение нескольких лет температура будет соответствовать $(-20)^{\circ}\text{C}$ – $(-40)^{\circ}\text{C}$. При

этом температура Океана изменится только в небольшом поверхностном слое и не более чем на 1,5-2,0 м.

И наконец, основным результатом российских антарктических экспедиций 2000-2004 гг. был вывод о неизменности температуры в пределах, по крайней мере, этого ледового континента, что, наряду с высокой инерцией Океана, является весьма серьезным аргументом в пользу ее стабильности в масштабах планеты.

В любом случае отмеченные выше причинно-следственные связи диктуют первоочередную необходимость получения данных об изменении/неизменении температуры Океана. И если даже механизм возникновения парникового эффекта по Аррениусу реален, то и в таком случае этот эффект возможен при наличии явно выраженного потока CO_2 из Океана в атмосферу. Однако пока новейшие данные свидетельствуют, что подъем CO_2 с глубины водами ($40 \cdot 10^9$ т/год) больше, чем опускание его масс с поверхностными водами ($69 \cdot 10^9$ т/год) за счет гравитационного оседания (Кондратьев..., 2004). Данные по притоку CO_2 в Океан можно интерпретировать как понижение температуры его поверхностного слоя, т.е. проявления в настоящее время процесса похолодания поверхности Океана (и атмосферы).

Таким образом, возможной причиной изменения климата в общем случае могут являться долговременные тренды температуры, причины которых не связаны с концентрациями CO_2 . Очевидно, что проблема изменения климата, будучи одной из самых важных, еще далека от однозначного разрешения в настоящее время.

Другие аргументы более общего плана против наличия парникового эффекта и экономические последствия для мировой и российской экономики реализации мер Киотского протокола «по борьбе с парниковым эффектом» рассмотрены нами в кн. 4, разд. 9.6 (продажа прав на загрязнение).

1.6.2. Влияние аэрозолей

Твердые аэрозольные частицы природного и антропогенного происхождения играют существенную роль в изменении климата. Их важное значение подчеркивает создание в 1987 г. двумя комиссиями Международной ассоциации метеорологии и физики атмосферы специальной группы, работающей в рамках международной программы по геосфере и биосфере над направлением «Глобальная аэрозольная климатология и эффекты».

Действие аэрозолей основано на том, что они непрозрачны не только для инфракрасной, но и для видимой и ультрафиолетовой час-

тей излучения оптического диапазона. Это ослабляет поток солнечной энергии, падающий на Землю, что, в принципе, должно приводить к похолоданию климата. Кроме того, аэрозольные частицы как ядра конденсации могут способствовать образованию облаков, а это повышает альбедо атмосферы и также приводит к понижению температуры поверхности Земли.

К настоящему времени накоплено достаточно много наблюдений, подтверждающих эти рассуждения. Так, следующий год после извержения вулкана Тамбора в 1815 г. стал известен во многих районах мира как «год без лета». После извержения вулкана Кракатау в 1883 г. средняя температура поверхности земного шара в последующий год понизилась на 1 К. И наоборот, температуры имеют тенденцию к росту при спаде вулканической деятельности. В частности, их максимальные значения отмечались между 1870-1880 и 1920-1945 гг., т.е. в периоды минимальных концентраций вулканической пыли в стратосфере.

Согласно Разулу и Шнейдеру (1971 г.), возможное в 21 в. увеличение массы атмосферных примесей в 4 раза приведет к понижению температуры воздуха вблизи поверхности Земли на 3,5 К, что будет соответствовать новому ледниковому периоду.

Митчел (1963 г.) оценил изменение температуры с учетом увеличения в воздухе концентраций CO_2 и массы атмосферных примесей. Его вывод совпадает с мнением Разула и Шнейдера о преобладающем влиянии примесей на глобальную температуру после 2000 г., которое вызовет ее существенное понижение у земной поверхности.

В целом большинство специалистов склоняется к выводу, что глобальная температура будет повышаться или понижаться в зависимости от того, какое влияние станет преобладающим — CO_2 или примесей аэрозолей антропогенного происхождения (*Рамад*). Полагаю, однако, что человечество имеет практическую возможность влиять на соотношение CO_2 /аэрозоль. Это означает, что оно может также поддерживать температурно-влажностные параметры поверхностного слоя Земли на оптимальных для себя значениях.

1.6.3. Повышение уровня Мирового океана

Этот процесс связывают с наличием парникового эффекта. Полагают, что увеличение средней глобальной температуры в пределах 1,5-4,5 К приведет к повышению уровня океана на 20-165 см за счет таяния материковых, горных и морских льдов, теплового расширения океанских вод и т.п. (*Парниковый...*). Это обусловит возникновение ряда экологиче-

ских и социально-экономических проблем: затопление приморских равнин, усиление абразионных процессов, ухудшение водоснабжения приморских городов, деградацию мангровой растительности и т.д.

Подсчитано, в частности, что при подъеме уровня океанов на 1-2 м будет затоплено 20% территории Бангладеш и сельскохозяйственных угодий Египта, пострадают крупные города Китая и Нигерии (Шанхай, Лагос). Более низкий уровень подъема морских вод также приведет к существенным последствиям. Его повышение на 0,2 м обусловит изменение периодичности затопления приморских территорий со ста до 5-20 лет. При возрастании уровня на 0,3 м катастрофическим наводнениям подвергнется Венеция: площадь Сан-Марко в ней только в результате приливов станет затопляться ~ 360 раз в году. Повышение уровня океана на 0,6 м, по-видимому, приведет к отступлению береговой линии в глубь суши на 40-120 м.

Резко усилятся экологические катастрофы открытых морских акваторий, побережий морей и океанов, обусловленные ветровыми волнениями, штормовыми накатами и нагонами. Их ущерб может быть чрезвычайным. Так, в 1990 г. штормовой накат на побережье Мексиканского залива унес около 2 тыс. человеческих жизней, в 1973 г. аналогичная участь постигла Бангладеш (300 тыс. погибших), в 2004 г. волны цунами погубили более 300 тыс. человек в районах Юго-Восточной Азии.

В целом повышение уровня Мирового океана в результате «парникового» эффекта может отрицательно повлиять на жизнь населения 30 стран.

Вместе с тем выдвигаемые причины развития мировой экологической катастрофы в результате повышения уровня Мирового океана при внимательном анализе представляются весьма уязвимыми для критики.

Действительно, как уже отмечено, эти причины сводятся к таянию материковых и плавучих (морских) льдов, тепловому расширению океанических вод. Оценим, насколько угрожающи эти факторы в настоящее время и в реально прогнозируемом будущем. Прогнозы, судя по судьбе всемирно известных эколого-экономических сценариев, подготовленных лучшими научными силами, становятся очевидно несостоятельными уже через несколько десятилетий. Наиболее известный пример этого — модель Медоузов 70-х годов 20 в., показавшая исчерпание основных природных ресурсов к концу 20 в. По нашему мнению, прогнозы экологического характера пока еще близки к гипотезам, т.е. предположениям, требующим дополнительного подтверждения (Кн. 4, разд. 7.4.3).

Итак, причина первая: *таяние материковых льдов*. Оценка по справочным данным (*Малый...*) показывает, что подавляющее коли-

чество материкового льда находится в ледниковых щитах Антарктиды (более 85%) и Гренландии (около 15%). На долю горных ледников на других участках планеты приходится не более 1%. Таким образом, изменение уровня Мирового океана есть, по существу, функция устойчивости льдов Антарктиды и Гренландии.

Глобальный экологический кризис при наличии первой причины неизбежен, так как она приведет к поступлению значительных дополнительных объемов вод Антарктиды и Гренландии в Океан. Его уровень при этом заметно повысится.

Покажем возможные значения подъема уровня, приняв для расчета следующие незначительно округленные исходные данные (*Малый...*): площадь Мирового океана — 360 млн км², Антарктиды — 12,5 млн км², плотность воды и льда соответственно 1,0 и 0,9 г/см³, средняя высота ледникового щита Антарктиды около 2 км. Простейший расчет $(12,5 \cdot 0,9 \cdot 2 / 360)$ с переводением результата в метры показывает, что повышение уровня Океана составит 62,5 м. Учет массы Гренландских льдов при площади острова 2,18 млн км² и толщине ледового покрова 1,79 км повысит уровень до 72 м. Поскольку часть растаявшего льда не попадет в Океан, а образует озера на суше, то данные расчета в какой-то степени завышены. Однако в любом случае реализация рассмотренного сценария была бы катастрофой для современной человеческой цивилизации. Но сценарий нереален, поскольку нет никаких оснований в обозримом будущем для хотя бы начала потепления в Антарктиде (разд. 1.6.1) и, как показывает нижеследующий расчет, для Гренландии.

Оценим толщину льда Гренландии, которая может истаять за год под влиянием антропогенных тепловых выбросов в окружающую среду.

Исходные данные: глобальное энергетическое потребление органического топлива (нефть, газ, уголь, др.) — 12 млрд т условного топлива (т.у.т) в год с начала текущего века, что составляет 80% всех энергетических ресурсов от используемых человечеством; теплота сгорания условного топлива — 7000 ккал/кг; теплота плавления льда — 79,7 кал/г; плотность льда 0,9 г/см³; выделяемое тепло полностью и равномерно поглощается сушей и поверхностью Океана. Тогда, учитывая площадь Гренландии, толщину ее ледяного покрова и выполняя расчеты в единой размерности, при площади Земли 510 млн км², получим, что масса растапливаемого льда $(2,18 \cdot 12 \cdot 10^9 \cdot 7 \cdot 10^9) / (510 \cdot 79,7 \cdot 10^6)$, т.е. 4,5 млрд т, или 5 млрд м³. Толщина растаявшего льда составит $5 \cdot 10^9 / 2,18 \cdot 10^{12}$ м, или 2,3 мм, подъем уровня Мирового океана $(2,3 \cdot 0,9 \cdot 2,18 / 360)$ не превысит 0,0125 мм/год. Продолжительность таяния льдов Гренландии — 780 тыс. лет.

Представленный расчет дает завышенный результат таяния, так как исходные данные предусматривают равномерное распределение тепловой энергии антропогенного происхождения по поверхности суши и океана, не учитывается рассеивание энергии в атмосфере. Однако район Гренландии безлюден, рассеянная энергия антропогенного характера может поступать туда только из обжитых территорий, т.е. с мощностью ниже средней. Кроме того, лишь несколько процентов энергии реально поступает на таяние льда, с учетом ее отражения от него и рассеивания в окружающем пространстве. Учет этих допущений снизил бы результат расчета (толщину протаявшего льда) на 1-2 порядка. Но в нашем случае это не имеет особого значения. Даже полученный результат расчета достаточен для уверенного вывода об отсутствии реальной угрозы таяния льдов Гренландии и, с еще большим основанием, Антарктиды вследствие антропогенного воздействия.

Напомним, что имеется в виду только глубина прогноза, основанного на современных масштабах и тенденциях роста мирового энергетического потребления (в пределах одного порядка).

Причина вторая: *таяние плавучих льдов*. При ближайшем рассмотрении оказывается (это отмечает Ю.В. Лупачев в качестве парадоксального), что таяние плавучих морских льдов не может привести к повышению уровня Океана. Однако это парадоксальное, только на первый взгляд, утверждение объясняется фундаментальной особенностью кристаллического строения льда. Она приводит к тому общеизвестному факту, что плотность льда меньше, чем жидкой воды, и он плавает, а не тонет. В общем случае, как правило, вещество в твердом состоянии имеет большую плотность, чем в жидком, и жидкая фаза вещества располагается над его твердой частью (Кн. 1, разд. 2.5.4). Поэтому при таянии плавучих льдов, в том числе Северного ледовитого океана и Антарктики, объем образовавшейся воды окажется меньше, чем льдов. Следовательно, уровень Океана даже понизится.

Однако в настоящее время отсутствуют какие-либо предпосылки для реализации этого сценария. По отношению к антарктическим морям вопрос об истаянии их ледового покрова пока вообще не ставится. Правда, имеется достаточно много публикаций, в которых допускается истончение льдов и сокращение их площади в Северном ледовитом океане в тот или иной период, например, ориентировочно, с 3 м во время дрейфа «Фрама» (1893-1896) до 2,2 м во время дрейфа «Седова» в 1937-1940 г.г. Однако анализ более длительного периода (весь 20 в.) выявил четыре внутривековые стадии разрастания и сокращения ледового покрова. По данным ученых Арктического и Антарктического НИИ (Санкт-Петербург), первая стадия — два начальных десятилетия века с повышением температуры на 1°С в широтном поясе 65-85 градусов.

Вторая стадия — сокращение льдов с 1918 г., отступление их кромки на 120 км к Северу, уменьшение площади ледникового покрова на 1 млн км². Третья стадия — с конца 40-х до конца 60-х годов, сопровождаемая увеличением площади и толщины льда, снижением скорости дрейфа. Четвертая стадия — конец 60-х годов и вплоть до начала нового века с сокращением площади льдов к 1990 г. на 1 млн км² (Лед...). Эти внутривековые стадии изменения ледовой обстановки, в соответствии с данными акад. К.Я. Кондратьева, хорошо коррелируют с изменением средней температуры в течение 20 в. Аналогичные, а иногда и более сильные, циклические колебания климата известны и в геологическом прошлом Земли, в отсутствие человеческого фактора. При этом изменения уровня Мирового океана превосходили 100 м при их скорости более 1 м за 1000 лет, т.е. 1 мм/год (Кондратьев..., 2001). Но данные факты свидетельствуют не о том, что повышение уровня Мирового океана связано с температурными аномалиями атмосферы или океанического бассейна, а о других причинах, например тектонических подвижках океанического дна (см. далее).

Таким образом, указание на таяние плавающих льдов как возможную причину повышения уровня Мирового океана — плод недостаточной естественно-научной подготовки дискуссуторов.

Причина третья: *тепловое расширение океанических вод*. Ю.В. Лупачев для оценки этого явления принял повышение ΔT температуры воды, в результате парникового эффекта, на 1 К в верхнем слое H_n перемешивания вод (50 м) и коэффициент K объемного расширения воды $1 \cdot 10^{-4}$. Формула для расчета повышения среднего уровня Δh Океана:

$$\Delta h = K H_n \Delta T \quad (1.3)$$

Найдено, что Δh равно 5 мм.

Приняв K по фундаментальному справочнику равным $2,1 \cdot 10^{-4}$ (*Кэй...*), получим h соответствующим 10 мм (при равной площади коэффициенты объемного и линейного расширения численно совпадают).

Можно полагать, что оценка уровня подъема Океана, выполненная Ю.В. Лупачевым, дает очевидно завышенный результат из-за нерелевантных принятых значений H_n и ΔT .

Действительно, уже отмечавшиеся (разд. 1.6.1) оценки американскими и советскими учеными последствий глобального ядерного столкновения двух сверхдержав показывают, что в результате наступления «ядерной» зимы температура атмосферы упадет в среднем на 45°K, но температура океана понизится только на 1,5°С в его поверхностном слое. Используем эти данные применительно к развитию парникового эффекта — процесса, противоположного похолоданию (ядерной зиме).

Примем, что температура повысится на $4,5^{\circ}\text{K}$. В настоящее время это наиболее высокая из имеющихся оценка прогрева атмосферы к середине 21 — началу 22 в.в., но и она в 10 раз меньше, чем похолодание в условиях ядерной зимы. Снижение градиента температур в 10 раз (с 45 до $4,5\text{K}$) означает, в соответствии с формулой (1.3), такое же снижение степени прогрева воды (с 1,5 до $0,15\text{K}$) в слое ее, равном 50 м. Расчет по формуле (1.3) при $\Delta T=0,15\text{K}$, $h=50$ м и $K=2,1\cdot 10^{-4}$ дает величину теплового расширения Океана, равную 1,575 мм.

Оценки Ю.В. Лупачева и наша при H_n , равном 50 м, заведомо некорректны. Известно, что 94% падающей на поверхность воды энергии поглощается в слое 1 см (Лазарев). Оценки теплового расширения океанических вод с произвольно выбираемыми, без доказательств согласованности, значениями H_n и ΔT , как в работе Ю.В. Лупачева, дают, в общем, случайный результат.

Повысить степень согласованности до научной можно, приняв во внимание, что для участка площадью S произведение $H_n\cdot\Delta T\cdot S$ имеет ясный физический смысл. Он в том, что есть некий объем $H_n\cdot S$, в котором температура изменилась, допустим, повысилась, вследствие подвода в него тепла. Тогда при постоянном S произведение $H_n\cdot\Delta T$ пропорционально количеству тепла, а при стабильном его притоке $H_n\cdot\Delta T$ также const. Следовательно, при известном количестве подводимой теплоты можно, например, задать значение H_n и вычислить ΔT . Или, выбрав ΔT , определить H_n . И в том и в другом случае, используя (1.3), при $H_n\cdot\Delta T$ const получим одно и то же значение Δh , зависящее только от количества подведенного тепла.

Оценим изменение уровня Мирового океана при изложенном подходе. Исходные данные частично повторяют использованные при расчетах таяния льдов Гренландии (глобальное энергетическое потребление органического топлива, теплота сгорания условного топлива, равномерное распределение тепловой энергии антропогенного происхождения по поверхности Земли, неучет рассеивания энергии в атмосфере). Дополнительно в расчетах использовали величины площади Земли (510 млн км^2), Океана (360 млн км^2), прогреваемого слоя последнего (1 см), удельной теплоемкости воды ($1 \text{ кал/г} \cdot ^{\circ}\text{C}$). Результаты расчетов:

теплота, поглощаемая Океаном $= 12\cdot 10^9\cdot 7\cdot 10^9\cdot (360/510) = 59,3\cdot 10^{18}$ кал;

объем прогреваемого слоя Океана $= 360\cdot 10^{16}\cdot 1 = 3,6\cdot 10^{18} \text{ см}^3$;

повышение температуры прогреваемого слоя $= 59,3\cdot 10^{18}/3,6\cdot 10^{18}\cdot 1 = 16,5^{\circ}\text{C}$;

термическое расширение Δh Океана $= 2,1\cdot 10^{-4}\cdot 1\cdot 16,5 = 34,6\cdot 10^{-4} \text{ см} = 0,035 \text{ мм/год}$.

Полученный порядок величины теплового расширения Океана за счет антропогенного фактора исчезающе мал, но и он, как и в расчете по таянию гренландских льдов, завышен на 1-2 порядка. Из оценки следует явно успокаивающий вывод, что даже при 100-кратном повышении человечеством уровня энергопотребления подъем Мирового океана не превысит нескольких десятых миллиметра в год.

Таким образом, оценка всех трех выше рассмотренных причин возможного изменения уровня Мирового океана дает результаты, не сопоставимые с известными ранее прогнозами, предсказывающими повышение уровня океанических вод на несколько метров в обозримом будущем за счет развития парникового эффекта, или, по-видимому, с фактическим его увеличением на 0,1-0,2 м в 20 в. (Кондратьев... 2001), а также с данными об интенсивности подъема его уровня до 3-6 мм ежегодно (Лупачев) и т.д.

Неизбежен вывод, что должна быть какая-то иная причина возможного возрастания уровня Мирового океана, не связанная с температурными аномалиями атмосферы и, тем более, океанического бассейна. И она известна.

Так, по данным докладов японских геологов на 29 сессии Международного геологического конгресса в Киото (1991 г.), действительная величина общего подъема уровня Мирового океана не превышает 0,8 мм/год, или 8 см за столетие. Эта цифра более чем на порядок уступает размаху современных вертикальных тектонических движений, которые являются определяющими как для трансгрессий (наступление моря на сушу) на одних участках побережий, так и регрессий (отступление моря) — на других (К проблеме...).

Возможны также поступление подземных вод через разломы океанического дна и неизвестные пока науке причины типа обуславливающих быстрый рост уровня Каспийского моря в настоящее время, которому несколько десятилетий тому назад предшествовало его столь же быстрое снижение.

Заканчивая обсуждение возможного антропогенного воздействия на уровень Мирового океана, можно полагать, что расчеты автора лишь подтвердили очевидное, которое, что невероятно, не принимают во внимание апологеты очередного мирового катаклизма, обусловленного, как они полагают, человечеством. Но это не так.

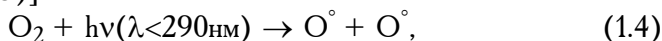
Возможности человечества заметно изменить тепловой поток на поверхность Земли чрезвычайно низки. Он всецело определяется падающей на нее солнечной энергией, которая составляет 10^{25} Дж/год. Общее энергопотребление человеческой цивилизации, включая энергию ГЭС и АЭС, составляет лишь 4-5 сотых тысячных солнечного потока. И если уровень солнечной активности снижается — идет похолодание,

повышается — неизбежно потепление. Поэтому вклад четырех-пяти человеческих сотысячных в изменение уровня Мирового океана всегда будет исчезающе мал в сравнении с возможностями могучего природного источника — Солнца. Во всяком случае, этот вклад далек от включения правила 1%. В соответствии с ним, лишь отклонения, достигающие 1% энергетического потока, могут коренным образом изменить характер экосистемы (разд. 1.8.1).

1.6.4. Разрушение озонового слоя

Этот слой (озоносфера, озоновый экран) расположен в пределах стратосферы на высотах от 7-8 на полюсах до 50 км на экваторе. Концентрация молекул O_3 в нем в 10 раз больше, чем у поверхности Земли. Озоновый слой невелик — всего 5 мм в условиях приповерхностного слоя Земли.

Механизм образования озона разработан Чепменом (1930 г.). В соответствии с ним, озон возникает при воздействии жесткой ультрафиолетовой солнечной радиации с длинами волн менее 290 нм на двухатомный кислород. При этом часть молекул последнего распадается на атомы [реакция (1.4)], которые, взаимодействуя с O_2 , образуют озон [реакция (1.5)]:



где $h\nu$ — величина кванта солнечной энергии; точка над символом атомарного кислорода означает его возбужденное, высокореакционное, состояние.

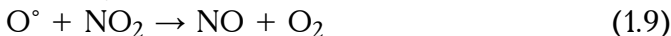
Молекула озона, взаимодействуя с квантом ультрафиолетовой радиации, поглощает его, образуя двухатомный и атомарный кислород:



Атомарный кислород вновь взаимодействует с двухатомным кислородом [реакция (1.5)], возмещая O_3 . Таким образом, в условиях неразветвленной цепной реакции небольшого количества озона достаточно для поглощения квантов ультрафиолетового излучения и защиты от него биосферы.

До поверхности Земли доходит лишь менее жесткая часть УФ-лучей с длиной волны $\sim 300\text{-}400$ нм, энергии которых недостаточно для взаимодействия с озоном. Эта часть, в отличие от поглощенной озоном, относительно безвредна и по ряду параметров необходима для нормального развития и функционирования живых организмов.

Образующийся по реакциям (1.4), (1.6) атомарный кислород не только участвует в синтезе озона по реакции (1.5), но и рекомбинирует при встрече друг с другом, озоном, естественными атмосферными примесями (NO_x , H_2O , SO_2 , CO_2 , CH_4 и др.), образуя двухатомный кислород, например по реакциям

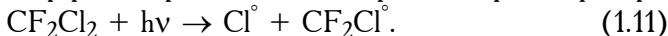


В реакциях (1.9), (1.10) оксиды азота или, аналогично, другие примеси являются катализаторами, участвующими в элементарных актах реакции типа (1.8).

Рассмотренные взаимодействия составляют естественный механизм поддержания равновесных концентраций озона в стратосфере. В среднем молекула озона живет около 50 сут. Этот механизм в последнее время, возможно, находится под угрозой. Начиная с 1985 г., появляются данные, что в атмосфере есть пространства с заметно пониженным содержанием O_3 . По некоторым источникам, за период наблюдений с 70-х годов до наших дней количество стратосферного озона уменьшилось в Антарктиде на 7-8%, в Арктике — на 6, в Австралии — на 4, в Канаде и северных штатах США — на 3%, а в среднем оно снизилось на 3-4%.

Полагают, что основной причиной утончения озонового слоя, помимо различных физико-географических факторов, служит наличие в атмосфере значительных количеств антропогенных галогеноуглеродов, таких как CFCl_3 , CF_2Cl_2 , CF_2ClBr , CF_3Br и др., являющихся производными простейших алифатических углеводородов. Они широко использовались в производстве и быту в качестве хладагентов, пенообразователей, растворителей и т.д. Их выбросы в атмосферу в 1985 г. превысили 1,4 млн т.

Галогеноуглероды под действием света активно разрушаются в верхних слоях атмосферы с образованием атомарного хлора, например:



Наличие атомарного хлора обуславливает возникновение каталитической реакции разрушения озона, аналогично оксидам азота, также суммарно приводящей к взаимодействию (1.8). Элементарные стадии этой реакции:



Уничтожение озона в цепных реакциях с участием ХФУ (фреонов) весьма опасно, так как длина цепей велика — одна молекула любого из них разрушает тысячи молекул O_3 , а в озоновой дыре над Антарктидой уровни ClO° в 20-50 раз выше, чем где-либо в другом месте планеты.

Полагают, что снижение концентрации стратосферного озона на 25% и возросшее в связи с этим поступление на земную поверхность УФ-радиации приведут к началу деградации экосистем. Вследствие нарушения обмена веществ сельскохозяйственных культур и воздействия на них микроорганизмов-мутантов снизится урожайность, начнется гибель фитопланктона в океане, будет ослаблена иммунная система человека, увеличится количество раковых заболеваний людей (по данным ВОЗ, рост до 6% на 1% снижения в атмосфере O_3). С 3 до 12 отн. % возрастет концентрация тропосферного озона, что интенсифицирует окисление низших оксидов азота, серы, углерода. Это приведет к усилению кислотных дождей.

Международное сообщество, обеспокоенное сложившимся положением, провело ряд обсуждений проблемы озонового слоя. В 1985 г. была принята Венская конвенция об его охране. В Конвенции провозглашалась общая цель: сохранение озонового слоя и консультации по предотвращению действий, наносящих ему ущерб. Конкретные действия в защиту озонового слоя были изложены позже в Протоколе к Конвенции, принятом в 1987 г. в Монреале. Его ратифицировали 70 стран, и он вступил в действие с 1 января 1989 г. Страны, подписавшие Протокол, обязались не превышать уровень производства фреонов-11, 12, 113, 114 и 115, достигнутый в 1986 г., сократить его до 50% к 1998 г., а к 2010 г. — ликвидировать полностью. В рамках выполнения Монреальского протокола Россия к началу 2001 г. остановила производство фреонов — 11, 12 (Сывороткин).

Исследования на математических моделях показали, что ограничения Монреальского протокола недостаточны для сохранения озонового слоя в 21 в. Поэтому в Лондоне (1990 г.) были сформулированы поправки к Монреальскому протоколу, существенно усилившие ранее принятые ограничения. Так, производство и использование хлорфторуглеродов CFC (фреонов-11, 12, 113, 114 и 115) должно было составить 50% от уровня 1986 г. уже в 1995 г., а в 2000 г. — полностью прекратиться. Однако некоторые из наиболее опасных бромсодержащих фреонов, весьма эффективные как вспениватели, все же будут использоваться в экстраординарных случаях тушения пожаров: в самолетах, подводных лодках, хранилищах национальных ценностей и т.п. Производство более безопасных хлорфторуглеродов, содержащих атомы водорода (HCFC), будет последовательно снижаться и прекратится к 2030 г.

Взамен CFC и HCFC налаживается выпуск соединений типа HFC (гидрофторуглеродов) и FC (фторуглеродов, не содержащих атомов хлора и по этой причине рассматриваемых как абсолютно озонобезопасные вещества, активность которых по отношению к фреонам составляет 0,0-0,1). Однако следует учитывать, что заменители фреонов имеют большую продолжительность жизни в атмосфере: свыше 10 тыс. лет у CF_4 , C_2F_6 и CF_8 против 50-500 лет у CFC. Это обстоятельство может привести к усилению парникового эффекта, так как заменители фреонов также относятся к парниковым газам. Полагают, что в любом случае разрушительные последствия, вызванные уже выброшенной массой фреонов, будут ощущаться около 100 лет.

Помимо пассивных методов сохранения и восстановления озонового слоя (использование взамен фреонов озонобезопасных веществ), рассматриваются активные способы (химические и электромагнитные), призванные снизить интенсивность разрушения озона либо ускорить его образование. К химическим относят, например, предложения об инъекции в стратосферу над Атлантикой этана C_2H_6 , пропана C_3H_8 или метана CH_4 , которые будут связывать атомарный хлор в неактивный по отношению к озону хлористый водород. Электромагнитная обработка (лазерное и УФ-излучение, СВЧ-разряды в тропосфере) должна способствовать фотодиссоциации O_2 и образованию O_3 . Однако апробация активных способов озонореставрации в природных условиях пока отсутствует (Как...).

Следует отметить, что не все специалисты разделяют тревогу по поводу проблемы озоновых дыр. Президент международного фонда «Экология человека» акад. А.Капица, ссылаясь на последние исследования российских ученых, в 1995 г. заявил, что фреоны не разрушали и не разрушают озоновый слой. В подтверждение приводится тот факт, что 80% выбросов фреонов приходится на Северное полушарие Земли, а основная озоновая дыра расположена над Антарктидой (Известия. — 1995 г. — №86). А. Капица считает, что концентрация озона в стратосфере меняется сезонно. Его позицию поддерживают и другие, в частности проф. О.Г. Сарохтин. Е.А. Жадан отмечает, что используемые модели не учитывают долговременного изменения Океана и динамики атмосферы на эволюцию озонового слоя: вклад антропогенных факторов в тренды содержания O_3 не превышает 50%. Как полагает В.Л. Сывороткин, главная причина переоценки влияния антропогенного фактора на озоновый слой заключается в том, что не учитываются естественные потоки озоноразрушающих веществ, которые на 3-4 порядка превосходят поток фреонов любой природы.

1.6.5. Нарушение круговорота кислорода

Известна крайняя точка зрения, согласно которой расход кислорода на порядок выше, чем его приход — соответственно $2,16 \cdot 10^{10}$ и $1,55 \cdot 10^9$ т/год (Реймерс... 1990).

Тем не менее можно полагать, что круговорот кислорода еще не стоит на пороге его нарушения человеком и в настоящее время в природе существует устойчивое равновесие между количествами кислорода, образующегося в процессе фотосинтеза и поглощаемого при дыхании и гниении. Из каждых 10 тыс. частей фотосинтезированного O_2 только четыре не поглощаются мортмассой при ее разложении и живыми организмами при дыхании. Однако они расходуются на окисление углеводов (нефть, природный газ) и угля при их выходе на поверхность или при сжигании.

Опасения о возможном уменьшении количества атмосферного кислорода вследствие увеличения сжигания ископаемого углерода необоснованны. Подсчитано, что одновременное использование всех доступных человечеству залежей угля, нефти и природного газа уменьшит среднее содержание кислорода в воздухе с 20,95 до 20,80%. Сравнение с наиболее точными анализами 1910 г. показывает, что, в пределах погрешности измерения, изменения содержания кислорода в атмосфере к 1980 г. не произошло.

Исчезновение кислорода в гидросфере даже при сбросе в нее большинства современных отходов также не грозит опасностью. Из расчетов Брокера следует, что при десятиллиардном населении планеты (примерно в 1,7 раза больше, чем сейчас) ежегодный сброс в море по 100 кг сухих органических отходов в расчете на каждого жителя (значительно выше нынешней нормы) потребует порядка 2500 лет для израсходования всего запаса кислорода гидросферы. Это больше, чем продолжительность его возобновления.

Брокер заключает, что содержание O_2 в атмосфере неограниченно в сравнении с человеческими потребностями в нем и что почти аналогичная картина наблюдается для гидросферы. Он пишет: «если существованию человеческого рода будет серьезно грозить опасность загрязнения окружающей среды, то он скорее погибнет по какой-либо другой причине, чем из-за недостатка кислорода» (цит. по Рамаду).

1.6.6. Перенаселенность планеты

Достаточно распространена точка зрения, в соответствии с которой все экологические проблемы обусловлены по существу одной причи-

ной — относительной перенаселенностью Земли, увеличивающейся быстрыми темпами. Если в эпоху Древнего мира численность людей оценивалась в 30 млн, в Средние века — в 300 млн, в начале прошлого столетия — в 1,8 млрд, то в конце 80-х годов 20 в. она достигла 5 млрд, а в 1999 г. — 6 млрд. Часто высказывается мысль, что оптимальная численность землян составляет 1 млрд («золотой миллиард»).

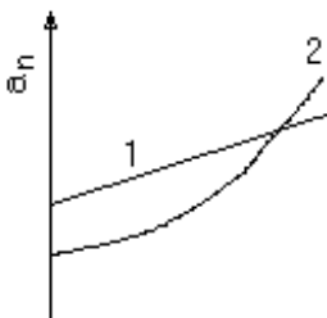


Рис. 1.1. Изменение величины a_n членов положительной арифметической (1) и геометрической (2) прогрессий

Перенаселенность планеты как научную проблему впервые сформулировал Томас Роберт Мальтус, английский священник и экономист (1766-1834 гг.). В 1798 г. он анонимно опубликовал «Эссе о принципе народонаселения и его влиянии на будущее совершенствование с замечаниями о рассуждениях мистера Годвина, М. Кондорсе и других писателей». Обычно работу Т. Мальтуса называют короче: «Эссе о принципе народонаселения» или просто «Эссе». В книге Т. Мальтус утверждал, что рост численности людей происходит в геометрической, а средств существования — в арифметической прогрессии. В этом случае математика однозначно показывает, что неизбежен момент, когда член воз-

растающей геометрической прогрессии обгонит по величине член аналогичной арифметической прогрессии, если даже первоначально он был меньше (рис. 1.1). После этого, применительно к обсуждаемой проблеме, количество средств существования, приходящихся на душу населения, начнет снижаться, будет расти абсолютное обнищание людей. Выход из трагической ситуации Т. Мальтус видел в том, чтобы естественное размножение людей всегда встречало определенные препятствия (предупредительные и разрушительные).

Предупредительные препятствия, по Мальтусу, означают способность людей управлять своими биологическими инстинктами. Долг каждого — производить на свет только такое количество детей, которое он сможет воспитать и прокормить (иными словами, нельзя плодить нищету — В.Л.). Страх перед нищетой должен быть сильнее, чем реальные нищета и болезни. Знание о предупредительных препятствиях необходимо распространять в народе, развивая его образование.

«Разрушительные препятствия» весьма разнообразны... все вредные для здоровья занятия, тяжелый труд... крайняя бедность, даваемое детям дурное воспитание, жизнь в больших городах, излишества

всякого рода. За этим идут вереницей повальные болезни и эпидемии, войны, чума и голод.»

Вместе с тем Т. Мальтус считал, что ограничения численности людей нельзя добиваться на пути возрастания разрушительных препятствий. «Враги, с которыми я борюсь, суть нищета и порок... То обстоятельство, что всякая убыль населения всегда легко восполняется его естественным приростом, с нравственной точки зрения не может служить и тенью для извинения безумного жертвования людьми, уже существующими. Положительное зло, причиняемое их гибелью, страдания, нищета, несчастье, разорение, вызываемое таким преступным жертвованием, ни в коем случае не могут быть уравнены соображением, что численная потеря людей легко и скоро может быть пополнена» (Юсфин...).

Современные мальтузианцы (неомальтузианцы) усматривают выход в еще более системном регулировании рождаемости, которая в человеческом сообществе является не столько биологической, сколько социальной проблемой. Значительные надежды в этом плане возлагаются на распространение просвещения, образования, культуры, в том числе медицинской, вовлечение женщин в общественное производство, поощрение государством, путем экономических и других рычагов воздействия, например в Китае, малодетных семей и т.д.

Ответить на вопрос, верны ли в целом взгляды Мальтуса, в настоящее время однозначно невозможно. Если западноевропейские и другие развитые страны во второй половине 20 в. имели устойчивое ежегодное повышение ВВП на 2-3% при нулевом или не более 1% естественном приросте населения, то, например, слаборазвитые страны Африки демонстрируют рост населения на ~2% при стагнации или незначительном (до 1%) увеличении валового внутреннего продукта и особенно продуктов питания. По-видимому, теория Т. Мальтуса окажется несостоятельной в том случае, когда развитые страны в рамках концепции устойчивого развития окажут всестороннюю помощь отстающим государствам и подтянут их уровень развития к собственному.

1.7. Другие антропогенные изменения природной среды

Наряду с рассмотренными выше глобальными экологическими проблемами, реализация которых в худших сценариях поставит под угрозу существование человечества и нарождающейся ноосферы в целом, имеется ряд более частных процессов деградации окружающей среды, вызванных хозяйственной деятельностью людей. Эти процессы достаточно

многочисленны, часть их рассматривается в специальных разделах курса, поэтому здесь они только обозначаются. Все более усиливаются:

загрязнение атмосферы и в целом окружающей среды кислотными осадками и сильно ядовитыми веществами, являющимися следствием вторичных химических реакций (разд. 5.3.2.1);

распространение смоговых явлений над более чем 2200 крупными городами, в которых проживает свыше половины населения мира;

загрязнение океана, захоронение в нем ядовитых и радиоактивных веществ (дампинг), поступление антропогенных нефтепродуктов и других токсичных соединений, особенно тяжелых металлов и сложноорганических, подкисление мелководий за счет веществ типа SO_x и NO_x из загрязнений атмосферы (разд. 7.2 и 8.2);

истощение и загрязнение поверхностных вод суши, континентальных водоемов, подземных вод; нарушение баланса между поверхностными и подземными водами;

радиоактивное загрязнение локальных участков и отдельных районов в связи с текущей эксплуатацией атомных установок, авариями и испытаниями ядерного оружия (разд. 8.2);

изменение геохимии некоторых регионов планеты в результате, например, перемещения тяжелых металлов и солей и концентрации их на поверхности Земли при нормальном рассеивании в литосфере и трансграничных переносах;

накопление на поверхности суши ядовитых веществ, бытового мусора и промышленных отходов, в том числе практически неразложимых и очень стойких (пластмассы, резина и др.), поскольку в природе не существует их аналогов и она не имеет механизмов включения их в естественный оборот (разд. 7);

нарушение регионального экологического равновесия, в том числе экологического баланса и нормальных экологических связей между Мировым океаном, прибрежными водами и впадающими водотоками, как следствие строительства плотин, дамб и перемычек;

деградация, загрязнение почв и эрозия сельскохозяйственных земель (разд. 5.3), опустынивание.

Более подробного рассмотрения требует популярная тема сокращения лесистости планеты. Изначально она составляла 75% ее поверхности, однако в настоящее время снизилась до менее чем 27%. Особенно быстро уменьшается площадь тропических лесов, равная 0,95 млрд га, или 56% общей лесной площади. Из них ежегодно вырубается 11-13 млн, а восстанавливается только 1 млн га.

На этом основании делается вывод, что человечество ухудшает условия своего существования, так как растительность, и прежде всего

громадная масса лесов, — мощный источник выработки кислорода (реакция 1.1 фотосинтеза).

Поскольку положительная роль лесов в выработке O_2 обычно не подвергается сомнению, то в обществе растут тревожные ожидания, подогреваемые многочисленными публикациями, выступлениями популярных лиц и т.п. Полагают при этом, что необходимы меры по стимулированию международным сообществом тех стран, на территории которых находятся «легкие» планеты. Одно из них — тропические леса бассейна р. Амазонки (Бразилия), другое — необозримые леса России, прежде всего сибирские. Количество статей на тему «Россия — легкие планеты» перечислить невозможно. Укажем лишь на две последние в одном из номеров журнала, претендующего на лидерство в экологии и природопользовании:

«Россия, на территории которой находятся большие лесные массивы, где диоксид углерода превращается в углерод клетчатки растений и свободный кислород, должна иметь льготные квоты на сокращение выбросов CO_2 » (Крейнин);

«представляется целесообразным, чтобы страны-производители кислорода получали за него плату и использовали эти средства на содержание лесных массивов» (Абрамсон...).

Однако роль лесов в облагораживании атмосферы (поглощение CO_2 и выработка кислорода) не столь однозначна, как представляется. Распространенная точка зрения является следствием односторонней оценки влияния лесных массивов на состояние окружающей среды. Рассмотрим другую сторону проблемы, обычно не отмечаемую пишущими.

Да, действительно, реакция (1.1) бесспорна. Но бесспорна и обратная ей реакция, проявляющая себя в процессе дыхания живых организмов и при гниении (окислении) мортмассы (почвенное дыхание).

В настоящее время, как уже отмечалось (разд. 1.6.5), в природе существует устойчивое равновесие между количеством кислорода, образующегося в процессе фотосинтеза и поглощаемого при дыхании и гниении. Из каждых 10 тыс. частей фотосинтезированного кислорода только четыре не участвуют в этих процессах. Они расходуются на окисление углеводородов (нефть, природный газ и т.п.) и угля при выходе на поверхность или при сжигании. Важно также отметить, что фотосинтез растений — следствие, а не причина появления кислорода в атмосфере. Кислородное дыхание возникло только тогда, когда он в ней появился. Не исключено, что значительная часть O_2 обусловлена не фотосинтезом. Он мог выделяться из горных пород при формировании металлического ядра Земли. Кислород в молекулярной форме

образуется также при диссоциации молекул воды и озона в верхних слоях атмосферы под воздействием ультрафиолетовой радиации.

Вместе с тем очевидно, что диоксид углерода, участвующий в фотосинтезе, задерживается *живым* растением, увеличивающим свою массу за счет наращивания количества простых углеводов и крахмала. При этом выделяется кислород в количествах, больших, чем необходимо для дыхания растений, прекративших свой рост.

После гибели растения при гниении мортмассы весьма сложная структура органики превращается в простые соединения типа CO_2 , H_2O , N_2 и др. Источником окисления мортмассы является кислород, выработанный сверх необходимого для дыхания растений. На этой же стадии высвобождается и поступает в окружающую среду CO_2 , ранее связанный при фотосинтезе.

Изложенные соображения позволяют выделить три, в общем, известных периода в развитии и гибели лесов и проявить их роль в балансе O_2 и CO_2 окружающей среды.

Первый период. Рост массы древесной растительности в экосистеме. Количества кислорода и связанной CO_2 возрастают пропорционально приросту массы лесных насаждений. При этом попытки увеличить массу последних дают только кратковременный результат, так как поверхность суши ограничена. В итоге леса переходят во второй период.

Второй период. Постоянная масса лесов в экосистеме. Приход и расход кислорода и диоксида углерода в прямом и обратном процессах фотосинтеза равны. В этом случае лесные насаждения не оказывают влияния на кислородный баланс планеты.

Третий период. Снижение массы лесов, например при вырубке. Остающаяся часть спелых лесов находится по-прежнему во втором периоде. Лесоматериалы, выброшенные в народное хозяйство, гниют или сжигаются, отдавая в окружающую среду CO_2 процесса фотосинтеза и потребляя при этом избыточный кислород первого периода.

Таким образом, непрерывное воспроизведение первого, второго и третьего периодов приводит к нулевому балансу выделившегося в лесной зоне кислорода и поглощенного ею диоксида углерода.

Изложенное позволяет точнее оценить значение амазонских и сибирских лесов в облагораживании атмосферы кислородом. Известно, что площадь амазонских лесов в результате неконтролируемых выработок снижается (третий период), масса сибирской тайги находится во втором периоде, так как такой тенденции не обнаруживается (Кн. 1, разд. 13.5).

Отсюда следует, что высказывания о лесах Амазонки и Сибири как «легких» планеты — не более, чем звучные фразы. Претензии на

льготы для стран, имеющих такие «легкие», не имеют объективных оснований.

Более того. В познавательном плане интересно то изменение содержания кислорода в атмосфере, которое состоится, если «легкие» планеты исчезнут, т.е. леса, например, будут истреблены человечеством.

Очевидно, что кислород потребуется на превращение мортмассы лесов в исходные продукты фотосинтеза (CO_2 , H_2O). Для оценки его количества примем следующие исходные данные:

количество кислорода в атмосфере $5,16 \cdot 10^{21}$ г, его объемное содержание в ней 21%;

объем древесины в лесах России 81 млрд м^3 , или 22% мировых запасов. Последние при средней плотности древесины $0,6 \text{ т/м}^3$ равны 220 млрд т;

древесина на 100% представлена целлюлозой $(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_5)_n$ с содержанием углерода 46%, близкой к ней по составу гемицеллюлозой, а также лигнином с большей (61-64%), чем у целлюлозы, долей углерода.

Примем среднее содержание углерода в древесине равным 50%. Это отвечает соотношению масс целлюлозы и лигнина и составляет около 110 млрд т углерода в лесах планеты. Тогда, в соответствии с реакцией обратного фотосинтеза, на окисление этой массы углерода потребуется 294 млрд т кислорода ($2,94 \cdot 10^{17}$ г). По отношению к массе кислорода атмосферы это составит $2,94 \cdot 10^{17} / 5,16 \cdot 10^{21}$, или $0,57 \cdot 10^{-4}$. Снижение содержания кислорода атмосферы в таком случае равно $21 \cdot 0,57 \cdot 10^{-4} \%$, или около 0,001%.

Можно полагать, что сокращения содержания кислорода в атмосфере на 0,001% не заметят и самые ревностные сторонники сохранения лесов как «генераторов» кислорода.

Однако, несмотря на несущественную роль лесов в биосферном балансе кислорода, их влияние на человека через ряд других экологических факторов, бесспорно, позитивно. Лесные массивы снижают пыле-, газо- и шумозагрязнение окружающей среды. Они, как и другая растительность, выделяют фитонциды — биологически активные, в том числе газообразные, вещества, убивающие микроорганизмы. Это оздоравливает окружающую среду. Леса увеличивают декоративное разнообразие форм, красок и фактуры окружающего нас мира. Они просто красивы и могучи. Их изведение существенно снизит биоразнообразие Земли, т.е. подорвет основополагающий принцип концепции устойчивого развития — альфы и омеги современной цивилизации.

Размышления о роли леса — это размышления о соразмерности Красоты и Рациональности в грядущей эпохе Ноосферы.

1.8. Оценка состояния экосистем

1.8.1. Общие подходы

На уровне глобальных и других изменений природной среды естественно возникает вопрос, в каком состоянии находится биота?

Весьма часто констатируется, что на территории такого-то региона выбрасывается столько-то тонн загрязнителей, сохранилась такая-то лесистость, уловы рыбы снизились на столько-то тыс. тонн и т.д. Говорят, что чего-то стало «меньше» или «больше», чем тогда-то. При этом возникают вопросы: а много это или мало? Насколько хуже или лучше? Достигнут ли край экологической пропасти, или процесс обратим и находится в стадии *стабильного неравновесного состояния*, являющегося фундаментальным законом естественного развития биосферы? Приходится констатировать, что при современном уровне развития экологии как науки выработка критериев оценки состояния природной среды находится еще в начальной стадии. Как отмечает Н.Ф.Реймерс, никто не знает пределов надежности конкретных природных систем, их буферности и инерционности (Реймерс... 1992).

По этой причине вопрос об устойчивости природной среды находится в центре внимания экологов. Наиболее обстоятельно данная проблема рассмотрена Н.Ф.Реймерсом (на примере экосистем России) и В.Г.Горшковым (применительно к биосфере в целом с привлечением принципа Ле Шателье).

В некоторых случаях ориентировочную оценку состояния экосистемы можно дать, опираясь на два эмпирических обобщения, так называемые экологические законы одного и десяти процентов. Первый из них определяет предел энергетических возмущений, не влекущих трансформации биоты. Отклонения, достигающие 1% энергетического потока, могут коренным образом изменить характер экосистем. Это же происходит при 10%-х вариациях потоков веществ.

В открытых и весьма динамичных многоуровневых природных образованиях пределы в 1 и 10% являются достаточно ориентировочными. Реальные отклонения, по-видимому, могут быть на порядок или в несколько раз больше-меньше, что зависит от вектора динамики системы. При совпадении векторов ее развития с наметившимися изменениями энергетического и вещественного потоков перерождение возможно при минимальных величинах отклонений. В противоположном случае необходимы значительно большие изменения для погашения инерции развития системы.

Далее рассматриваются основные из разработанных в последнее время (90-е годы 20 в.) методы, относительно которых известны практические попытки их использования для оценки состояния экосистем различного масштаба.

1.8.2. Классификация Н.Ф. Реймерса

Н.Ф.Реймерс предложил экологическую оценку состояния природных систем по степени их деградации (ухудшения). В основу классификации положены показатели темпов самовосстановления, качественно-количественная характеристика биомассы и продуктивность ее воспроизведения. На основании этих критериев Н.Ф. Реймерс выделил следующие состояния экосистем.

Естественное — наблюдается лишь фоновое антропогенное воздействие, биомасса максимальна, биологическая продуктивность минимальна.

Равновесное — скорость восстановительных процессов выше или равна темпу нарушений, биологическая продуктивность больше естественной, биомасса начинает снижаться.

Кризисное — антропогенные нарушения превышают по скорости естественно-восстановительные процессы, но сохраняется естественный характер экосистемы, биомасса снижается, биологическая продуктивность резко повышена.

Критическое — обратимая замена под антропогенным воздействием прежде существовавших экологических систем на менее продуктивные (частичное опустынивание), биомасса мала и, как правило, снижается, биологическая продуктивность очень неоднородна и резко падает.

Катастрофическое — труднообратимый процесс закрепления малопродуктивных систем (сильное опустынивание), биомасса и биологическая продуктивность минимальны.

Коллапс — необратимая утеря биологической продуктивности, биомасса стремится к нулю.

На основании перечисленных состояний природной среды Н.Ф.Реймерс предложил также природно-медико-экологическую классификацию угасания природы, учитывающую наличие людей. Классификация насчитывает три градации.

Зона напряженной экологической ситуации — ареал, в пределах которого наблюдается переход состояния природы от кризисного к критическому, и территория, где отдельные показатели здоровья населения (заболеваемость детей, взрослых, чисто психические отклонения и т.п.) достоверно хуже нормы, существующей в аналогичных местах

страны, не подвергающихся выраженному антропогенному воздействию данного типа. Однако это состояние еще не приводит к статистически достоверному изменению продолжительности жизни населения и более ранней инвалидности людей, профессионально не связанных с источником воздействия.

Зона экологического бедствия — ареал, в пределах которого наблюдается переход от критического состояния природы к катастрофическому, и территория, на которой в результате антропогенного или природного воздействия невозможно социально и экономически оправданное (традиционное или научно обоснованное) хозяйство. Показатели здоровья населения (перинатальная, детская смертность, заболеваемость детей и взрослых, психические отклонения и т.п.), частота и скорость наступления инвалидности здесь достоверно хуже, а продолжительность жизни людей статистически достоверно ниже, чем на аналогичных территориях, не подвергавшихся подобному воздействию или бывших в том же ареале до констатации рассматриваемого воздействия.

Зона экологической катастрофы — ареал, в пределах которого наблюдается переход состояния природы от катастрофической фазы к коллапсу, что делает территорию непригодной для жизни (например, некоторые территории Приаралья или Сахеля); ареал, возникший в результате природного и антропогенного воздействия, смертельно опасный для постоянной жизни людей (они могут там находиться лишь короткое время, например зона Чернобыльской катастрофы); ареал разрушительных природных катастроф (мощное землетрясение, цунами и т.п.).

В соответствии с классификацией Н.Ф.Реймерса, природная система экологически равновесна до тех пор, пока является биологически обратимой, т.е. после снятия или снижения антропогенного давления переходит на путь эволюционного развития — от упрощенных и однообразных форм жизни к более сложным и разнообразным. В определенном смысле она стремится вернуться в положение, в котором находилась до антропогенного воздействия. Экосистема необратимо теряет экологическое равновесие только с переходом в состояние коллапса.

Несмотря на то что критерии Н.Ф.Реймерса носят качественный характер, он понимал предпочтительность расчетных показателей для экологической характеристики среды обитания, считая, что именно таким образом необходимо выявлять зоны потенциально напряженной экологической ситуации, экологического бедствия, катастроф.

Идеи Н.Ф.Реймерса реализованы в оригинальной разработке «Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия» (Минприроды, 1992). В ней изложены способы оценки

изменения как среды обитания человека, так и природной среды. В первом случае оцениваются состояние здоровья населения, воздуха и почв селитебной территории, питьевая вода, ее источники, рекреационные зоны, радиационные загрязнения; во втором — воздух, все виды вод, почвы, геологическая среда, растительный и животный мир, биохимическое состояние территории.

Не останавливаясь на деталях «Критериев...», опубликованных в доступной литературе (*Протасов*), отметим наиболее важные особенности этого документа.

Хотя в нем оценке подвергается множество факторов, но в ее основе лежит балльный принцип, всегда субъективный и поэтому по сути своей не являющийся научным (кн. 4, разд. 6.1). Медико-демографические критерии здоровья населения предусматривают, например, изменение структуры и увеличение смертности в 1,5 раза и более для ЗЭБ и в 1,3-1,5 раза для ЗЧЭС, отставание средней продолжительности жизни мужчин от аналогичных показателей на контрольных территориях на 3 и 2,5 года и т.д. Учитываемые параметры измеряются при этом в различных системах единиц, а их суммирование производится без каких-либо попыток выразить оценки в единой системе (кн.4, разд. 6.1).

Даже в тех случаях, когда в качестве критериев используются объективно определяемые единицы измерения, в их применение вносится существенный элемент субъективизма. В частности, при оценке степени загрязнения атмосферного воздуха по ПДК_{м.р} вводится понятие кратности превышения К, равное $C_{95}/\text{ПДК}_{\text{м.р}}$ (здесь C_{95} — концентрация загрязнителя в воздухе, которая в 95% случаев находится на уровне или ниже средней его концентрации). Далее для ЗЭБ, например, принимают, что К зависит от класса опасности загрязнителя:

Класс опасности загрязнителя	I	II	III	IV
К	5	7,5	12,5	20

Такая зависимость алогична. ПДК по определению являются концентрациями, являющимися безопасными. Их величины для различных соединений, естественно, разные. Например, для сернистого ангидрида в воздухе ПДК_{с.с} составляет 0,05, а для марганца и его соединений — 0,001 мг/м³. Это означает, что 0,05 мг/м³ SO₂ по воздействию эквивалентны 0,001 мг/м³ соединений марганца. Однако 1 ПДК равно 1 ПДК, независимо от класса опасности загрязнителя. Очевидно, что в общем случае вредное воздействие вещества определяется лишь величиной превышения уровня его ПДК [разд. 2.5, формула (2.15)].

Независимо от указанных и других недостатков появление «Критериев...» имеет позитивный характер, так как приучает экологов вы-

полнять свои оценки по сопоставимым методикам. Использование «Критериев...» позволило, в частности, впервые официально выявить и признать на правительственном уровне ряд российских территорий относящимися к зоне чрезвычайной экологической ситуации или экологического бедствия.

Закон об охране окружающей среды (2002 г.) сохранил преемственность по отношению к классификации Н.Ф. Реймерса и «Критериям оценки...». Он предусматривает зоны чрезвычайной ситуации; зоны экологического бедствия.

1.8.3. Применение принципа Ле Шателье

Использование этого принципа для оценки состояния природных систем в значительной степени связано с появлением работ В.Г.Горшкова. Принцип был сформулирован французским физико-химиком Ле Шателье (1885 г.) и отражает влияние различных факторов на положение (смещение) термодинамического равновесия: при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния равновесия, последнее смещается в направлении, при котором эффект воздействия ослабляется. Принцип Ле Шателье, будучи термодинамическим, справедлив безусловно только для неживых замкнутых систем. Они, как известно, не обмениваются веществом с окружающей средой. Возможность применения принципа Ле Шателье к неравновесным состояниям в физико-химической литературе отрицается. Более того, отмечается, что он не имеет общего характера и предложен как аксиома, не опирающаяся на какой-либо определенный физический закон (*Жуховицкий...*).

Биологические процессы, в отличие от происходящих в неживой природе, протекают в открытых системах, непрерывно обменивающихся веществом с окружающей средой, и неравновесны. Применительно к ним можно говорить только об устойчивом неравновесном состоянии, понятие о котором ввел Э.С.Бауэр (1985 г.). Они постоянно находятся в эволюционном процессе развития от простого к сложному, что сопровождается изменением генетического состава популяций, приспособлением организмов к условиям среды, образованием и вымиранием видов, преобразованием биогеоценозов, крупных экосистем и биосферы в целом. Полагать, что принцип Ле Шателье справедлив и для устойчиво-неравновесных (квазистационарных) природных систем — значит выходить за пределы его применения, очерченные самим автором, не приводя каких-либо доказательств корректности такого подхода.

Допустим, однако, вслед за В.Г.Горшковым, что устойчиво-неравновесное состояние можно принять за равновесное (в течение ко-

роткого для системы периода). Такое состояние часто определяют как *экологическое равновесие* — постоянная разница прихода и оттока энергии, вещества и информации поддерживающая экосистему в эволюционном состоянии, характерном для данного географического места и геологического периода. Примем также, как и В.Г.Горшков, что принцип Ле Шателье не применим к неэволюционным, или экологически неравновесным, системам. Посмотрим, какие выводы из этого последуют.

В своей основной работе, посвященной устойчивому состоянию окружающей среды, В.Г.Горшков, анализируя изменение концентрации CO_2 в атмосфере, отмечает следующее. Принцип Ле Шателье выражается в том, что при малых относительных возмущениях окружающей среды поглощение углерода биотой пропорционально приросту его концентрации в этой среде. В 19 в. выполнение данного принципа привело к большому возрастанию континентальной биоты в ответ на незначительный прирост атмосферной концентрации углекислого газа. Однако глобальный анализ землепользования, продолжает он, указывает, что на значительной территории континентальной части биосферы содержание органического углерода во второй половине 20 в. не возрастает, а падает, и это свидетельствует о нарушении принципа Ле Шателье: хозяйственная деятельность на освоенных площадях приводит к выбросам углерода в атмосферу, несмотря на увеличение в ней концентрации CO_2 . На малоосвоенных территориях суши органический углерод остается примерно постоянным, но они уже не способны компенсировать его выбросы в атмосферу с освоенных площадей. В то же время в биосфере в целом принцип Ле Шателье продолжает действовать, и океаническая биота, по-видимому, почти полностью поглощает выбрасываемый углерод, связанный с землепользованием на континентах. Таким образом, В.Г.Горшков, основываясь на нарушении принципа Ле Шателье, приходит к выводу о нестабильности биоты в масштабах освоенных континентов.

К еще более категоричному выводу о нарушении биосферы в целом приходит, применяя тот же принцип, К.Я.Кондратьев (1992 г.). Он отмечает, что океан ежегодно поглощает 4 Гт углерода, его прирост в атмосферу составляет 3,5 Гт, а выбрасывается в нее при сжигании ископаемого углерода только 5 Гт. Отсюда вытекает, исходя из необходимого равенства материального баланса приращенного (7,5 Гт) и выделившегося углерода, что континентальная часть отдает его ежегодно 2,5 Гт. Таким образом, биота не поглощает CO_2 от сгорания топлива, чтобы замедлить развитие парникового эффекта и связанное с ним повышение температуры, что соответствовало бы принципу Ле Шателье, а реагирует противоположным образом. Отсюда делается

вывод, что биота и окружающая среда теряют устойчивость, так как перестает действовать принцип Ле Шателье.

Выводы В.Г.Горшкова, К.Я.Кондратьева и других, будучи весьма существенными, приобретают мировоззренческий характер апокалипсического толка — критическая точка пройдена, окружающая среда в масштабах освоенных континентов выведена из экологически равновесного состояния, грядет глобальная экологическая катастрофа. Однако эти выводы некорректны и являются следствием известной логической ошибки, часто допускаемой в рассуждениях с использованием условно-категорических силлогизмов (*Гетманова*). Действительно, умозаключение В.Г.Горшкова сводится к следующему условно-категорическому силлогизму:

условное суждение: если система подчиняется принципу Ле Шателье,
то она экологически равновесна;

категорическое суждение: система не подчиняется принципу Ле Шателье;

заключение: система экологически неравновесна.

Здесь первая посылка — условное суждение, включающее основание «если система подчиняется принципу Ле Шателье» и следствие «то она экологически равновесна». Вторая посылка является простым категорическим суждением. Заключение «система экологически неравновесна» сделано по схеме «от отрицания основания к отрицанию следствия». Однако из курсов логики известно, что от отрицания основания к отрицанию следствия вывод делать нельзя. Таким образом, утверждение, что система экологически неравновесна, потому что не подчиняется принципу Ле Шателье, логически несостоятельно (здесь не анализируется другой ложный вывод условно-категорического силлогизма, допускаемый в схеме «от утверждения следствия к утверждению основания»).

Логически безупречны только умозаключения «от утверждения основания к утверждению следствия» и «от отрицания следствия к отрицанию основания». Они приводят к двум логически правильным выводам. Первый состоит в том, что система, подчиняющаяся принципу Ле Шателье, экологически равновесна. Второй заключается в том, что система, экологически неравновесная, не подчиняется принципу Ле Шателье. Для дальнейших рассуждений важен первый вывод, поскольку именно по принципу Ле Шателье предлагается судить об устойчивости системы, а не наоборот, как во втором случае.

Таким образом, если мы докажем, что экосистемы подчиняются принципу Ле Шателье, то сможем считать их равновесными. Для этого имеются необходимые данные, в том числе те, которые приводят В.Г.Горшков и К.Я.Кондратьев (но логически неверно их интерпретируют). Дело в том, что, совершая ошибку «от отрицания основания к

отрицанию следствия», они тем самым исключают наличие других, кроме отрицаемого, оснований, находящихся в причинной связи со следствием. Так, у человека нет, например, повышенного давления, но это не значит, что он непременно здоров. Возможны и другие основания болезни: высокая температура, насморк, кровотечение и т.д.

Приводимые названными авторами данные о выбросах CO_2 континентальными экосистемами в атмосферу в то время, когда его концентрация в ней растет, объясняются не нарушением принципа Ле Шателье, а другими факторами (основаниями) в рамках соблюдения этого принципа, которые В.Г.Горшков и К.Я.Кондратьев не учитывают.

Одним из таких факторов является температура и ее изменение. В.Г.Горшков, отмечая факт выбросов CO_2 в атмосферу на освоенных континентальных территориях, несмотря на увеличение атмосферной концентрации углекислого газа, одновременно указывал, что на этих освоенных, или северных, территориях имеет место похолодание. Он также отмечал, что на мало освоенных (южных) территориях суши количество органического углерода остается примерно постоянным и на них нет понижения температуры.

Из этих данных с очевидностью следует, что экосистемы ведут себя в полном соответствии с принципом Ле Шателье, поскольку на понижение температуры отвечают выбрасыванием в атмосферу углекислого газа из более медленно остывающего океана.

Сложный характер изменения температуры в целом с 1870 по 1965 г. (рис. 1.2), объясняется различными причинами: общим потеплением климата, начавшимся еще в начале 17 в. (разд. 1.6.1), вулканической деятельностью и, особенно, антропогенными выбросами аэрозолей в атмосферу. Последние два фактора, приводящие к снижению температуры (разд. 1.6.2), могут быть той причиной, которая обуславливает похолодание прежде всего на освоенных северных территориях и, как следствие, выбросы в атмосферу CO_2 в полном соответствии, еще раз отметим, с принципом Ле Шателье. Процесс похолодания явно выражен начиная с 1941-1943 гг. и, очевидно, с учетом антропогенного загрязнения, может продолжаться до сих пор (рис. 1.2).

Утверждение о продолжающемся похолодании находит подтверждение в новых научных данных.

А.И. Иванов обработал средние арифметические значения температур приземного слоя воздуха в Санкт-Петербурге за каждый календарный день с 1865 по 1997 г., получив по 365 средних арифметических значений температуры в году (данные за 29 февраля не учитывались). Оказалось, что количество температур, значение которых ниже математического ожидания, превышает количество температур, значение которых выше математического ожидания. Это приводит к выводу о клима-

тическом похолодании. Применение метода Монте-Карло с использованием найденного аналитического выражения функции распределения показало также, что, хотя климатические изменения в сторону оледенения Земли ощущаются сейчас, в климатическом смысле начало ледникового периода произойдет ориентировочно через 50-100 лет.

А.И. Иванов отмечает и то, что полученные данные и их климатологическая трактовка подтверждают результаты математической модели глобального изменения климата Земли (Сергин...), а также другой работы (Зубов). Последний полагает, что климат Земли постепенно меняется, наступает глобальное похолодание, приближается очередной ледниковый период.

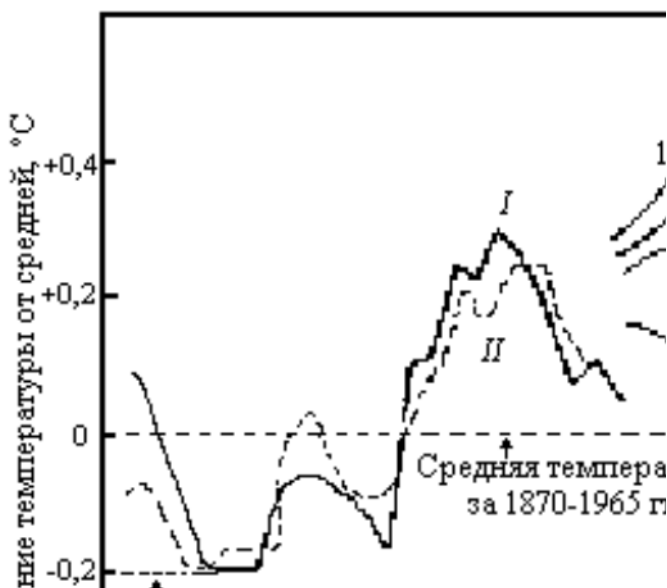


Рис. 1.2. Изменение средней температуры земной поверхности с 1870 по 1965 г.

I — широтная зона 0-80° с.ш., II — широтная зона 0-60° с.ш.
 Предполагаемое изменение средней температуры земной поверхности:
 1 — при увеличении только концентрации CO_2 ; 2 и 3 — наряду с увеличением концентрации CO_2 при удвоении массы примесей в стратосфере за 20 и 10 лет соответственно; 4 — при удвоении массы примесей в стратосфере за 10 лет (наряду с увеличением содержания CO_2) при условии, что влияние примесей в 2 раза эффективнее, чем в случае 3

Таким образом, применение принципа Ле Шателье, избавленное от логических ошибок, показывает, что общее состояние континентальных экосистем в настоящее время устойчиво. Естественно, следует не упускать из вида, что сама возможность применения этого принципа к анализу устойчиво неравновесных процессов является известным допущением, ждущим своего строгого обоснования.

Однако общее устойчивое состояние биосферы не исключает наличия отдельных экосистем с необратимым нарушением экологического равновесия. К ним относятся те, которые, по классификации Н.Ф.Реймерса, находятся в состоянии коллапса. Выйти из него в исторически обозримом будущем такие системы без содействия человека уже не могут.

Обеспечить эволюционное развитие биосферы с переходом ее в ноосферу, устранить угрозу существованию человечества как биологического вида призвана вырабатываемая в настоящее время концепция устойчивого развития (разд. 1.9).

1.8.4. Состояние природной среды и здоровье населения России

Состоянию природной среды и здоровью населения России посвящено множество работ, рассматривающих проблему преимущественно в описательно-экологическом плане, без применения известных критериев их оценки. Одним из немногих исключений является оценка состояния природных систем России по степени их угасания, выполненная Н.Ф.Реймерсом на основе разработанной им классификации (разд. 1.8.2).

Н.Ф.Реймерс охарактеризовал в экологическом отношении некоторые регионы и их воздействие на экосистемы мира, опираясь главным образом на данные по природным системам, поскольку достоверный фактический материал, описывающий состояние человеческой популяции, как он отмечает, достаточно скуден. Приводимая ниже характеристика Н.Ф.Реймерса (с дополнениями автора) в значительной степени посвящена состоянию морей, омывающих Россию.

Балтийское море находится в равновесном состоянии с приближением к кризисному. Постепенно растет концентрация долгоживущих стронция-90 и цезия-137. На глубине 80 м наблюдается скопление сероводорода. В донных отложениях накапливаются цинк и свинец, содержание которых в 10 и более раз выше, чем в литосфере. Открытые районы моря загрязнены химическими веществами, нередко на

уровне 2 ПДК. Невская губа уже в кризисном состоянии с тенденцией перехода в критическое.

По последним данным, реальную угрозу в настоящее время представляет химическое оружие, покоящееся на дне Балтийского моря со времен Второй мировой войны. В 1946-1947 гг. страны-победительницы (СССР, США, Великобритания, Франция), не зная, что делать с немецким химическим оружием, попросту затопили в море более 1,5 млн артиллерийских снарядов и авиабомб. Так, в проливе Скагеррак на глубине 40 м лежат 18 кораблей с оружием. Еще один такой могильник расположен у датского о. Готланд. Ученые петербургского Центра экологической безопасности РАН в результате недавней экспедиции выяснили, что на дне моря рядом с могильниками плодятся некие микроорганизмы, появление которых свидетельствует об утечке из боеприпасов ядовитых веществ. В околodонных водах обнаружен мышьяк (компонент химической начинки боеприпасов), концентрация которого превышает ПДК в 50-100 раз. Уже известно несколько случаев отравления датчан рыбой, в тканях которой были затем выявлены иприт и зарин — начинка затопленных боеприпасов. При этом ученые полагают, что им сейчас известна лишь пятая часть существующих на дне моря захоронений (Известия. — 2000. — № 71).

Белое море загрязнено нефтью (1,5-2,0 ПДК), фенолами и другими продуктами лесохозяйственного комплекса и находится в состоянии, близком к кризисному, местами — к критическому.

Экосистемы Баренцева моря — кризисно-критические, в ряде случаев — катастрофические. Концентрация фенолов в нем — 7 ПДК, акватория сильно загрязнена радиоактивными веществами.

По остальным морям Северного Ледовитого океана крупные обобщающие работы в области химии и геохимии донных отложений немногочисленны. Недавние публикации показывают, что на акваториях Карского моря, моря Лаптевых, Восточно-Сибирского и Чукотского содержание детергентов и ксантогенатов меньше ПДК. Однако наблюдаются увеличенные концентрации углеводородов нефти в донных отложениях устьевых участков Оби и Лены (Химические...). В целом экологическое состояние морей Северного Ледовитого океана Н.Ф.Реймерс оценивает как равновесное и даже естественное.

В равновесном состоянии находятся акватории Тихого океана у Камчатки и Охотское море, хотя местами в них наблюдается до 4-8 ПДК по нефтепродуктам, довольно сильно ранее подрваны запасы рыбы и морского зверя. Ныне они медленно восстанавливаются.

Приблизительно такое же состояние у прилегающей к России части Японского моря, однако местами бентос в нем сильно деградирован. Общее состояние моря равновесное, но местами кризисное.

Следует отметить, что экологическая оценка северного и восточного побережья России произведена Н.Ф.Реймерсом без учета их радиоактивного загрязнения (разд. 8.2). Его учет значительно ухудшает оценку экологического состояния акваторий Тихого океана у Камчатки, Охотского и Японского морей, Северного Ледовитого океана в Баренцевом и Карском морях.

Состояние Черного моря — критическое. Приток пресных вод в него снизился примерно на 12%. В пригородных акваториях высоки концентрации фенолов (до 52 ПДК) и ПАВ (до 32 ПДК). Воды моря местами потеряли способность к самоочищению. В северо-восточной его части на глубинах 50-1500 м обнаружены радионуклиды цезия-137 и стронция-90 в концентрациях, превышающих ПДК в несколько десятков раз. Известно до 8 таких свалок химических веществ вдоль российского Черноморского побережья.

Продуктивность экосистем Азовского моря — критическая с возможным переходом к катастрофической. Самоочищающей способностью воды моря, по-видимому, уже не обладают. Уловы рыбы в сравнении с 1950 г. сократились в 15 раз. Весьма сильно загрязнены прибрежные районы, в частности Мариуполя, где концентрации нефтепродуктов достигают 150 ПДК. В Керченском заливе для фенолов они составляют 34 ПДК. В Темрюкском заливе в начале текущего столетия фиксируются концентрации ртути на уровне 7 ПДК. Крупным естественным источником его загрязнения служат грязевые вулканы, в выбросах которых обнаруживаются в основном тяжелые и ароматические фракции углеводородов. Увеличение активности вулканов и извержение одного из них в 1994 г. привело к образованию в заливе океанического острова (Осипов).

Каспийское море находится в глубоко кризисном экологическом состоянии, что обусловлено зарегулированностью и загрязнением Волги и других рек бассейна нефтепромыслами, промышленными объектами и сельскохозяйственными стоками. Ежегодно с водами Волги в него поступает $2,5 \text{ м}^3$ неочищенных и 7 км^3 условно очищенных сточных вод. Как следствие, участок моря в Северном Каспии в 1992 г. признан зоной экологической катастрофы. Воды на дагестанском участке моря в районе Махачкалы и Дербента из-за роста объема сточных вод и вымывания ядохимикатов с орошаемых земель в 2002 г. перешли в класс грязных (ИЗ — 1,87). Содержание фенолов здесь составляет 7 ПДК, углеводородов — 8 ПДК.

Каспий — носитель мирового генофонда осетровых и, до недавнего времени, 90% их мировых запасов. Однако уловы рыбы здесь с 1956 по 1988 г. упали с 380 тыс. т до 77 тыс. т, площадь нерестилищ осетровых уменьшилась с 3600 до 450 га. Кроме этого, море пережи-

ло две экологические катастрофы. В 2001 г. погибло более 10% тюленей, в жировых тканях которых были обнаружены высокие концентрации нефтеуглеводородов, пестицидов (ДДТ), нафталина и бензола. В 2000 г. погибло более 250 тыс. т кильки (40% запасов). Причина: химическое загрязнение моря, в частности нефтью, свинцом, цинком, кадмием, ртутью, ароматическими углеводородами (Современное...).

Общая тенденция развития экологической ситуации Каспийского моря — в сторону критической.

В целом, по Реймерсу, без учета радиоактивного загрязнения, океанические геосистемы пребывают еще в равновесном состоянии, но ряд систем суши по совокупности показателей находится в кризисном состоянии, переходящем в критическое.

В СНГ насчитывается 290 ареалов неблагоприятной экологической ситуации, охватывающих около 3,7 млн км², или 16% территории.

В Российской Федерации эксплуатируется также 45 тыс. опасных объектов различного вида собственности, под действие которых подпадает до 80 млн чел. в случае техногенных чрезвычайных ситуаций.

Неблагоприятная экологическая ситуация обусловлена значительным загрязнением всех сред обитания живого: воздушного и водного бассейнов, почвы.

На общем весьма отрицательном фоне применительно к населению наиболее вредно по последствиям загрязнение воздушного бассейна. В частности, анализ структуры первичной заболеваемости за 1999-2002 гг. показал, что первое место у всех групп населения в большинстве субъектов РФ занимают «Болезни органов дыхания». Воздействию повышенных концентраций загрязнителей атмосферы подвергается до 30 млн человек.

Наиболее многочисленная группа населения (15 млн) находится под влиянием повышенных (более 150 мкг/м³) концентраций взвешенных веществ. Второе место по масштабам популяционного воздействия занимает бенз(а)пирен (14 млн). Он создает высокую канцерогенную опасность в 24 городах с расположенными в них алюминиевыми или сталеплавильными производствами и в 30 городах с нефтеперерабатывающими заводами и крупными ТЭС. Третье место в приоритетном списке загрязнителей атмосферы занимает фенол (10,4 млн), четвертое — диоксиды азота (5,6 млн чел.).

Анализ динамики атмосферных выбросов ЗВ за 1996-2000 гг. показал, что она высока, хотя и прослеживается определенная тенденция к ее снижению: с 20,3 млн в 1996 г. до 18,8 млн т в 2000 г. При этом в 2000 г. они были выше, чем в 1999 г., поскольку народное хозяйство показало тенденцию к росту после дефолта 1998 г. Основная доля загрязнений приходится на промышленность (81%), в том

числе: энергетика — 20,5; цветная металлургия — 18,5; черная металлургия — 12,8; нефтедобывающая промышленность — 8,6%.

Выбросы в атмосферу наиболее массовых промышленных загрязнителей составили, млн т/год: SO_2 — 5,1; CO — 4,0; NO_x — 1,4; углеводороды — 2,1.

Все более значим в современной структуре загрязнения атмосферы транспорт: в 2000 г. 10,6 млн т CO ; 1,9 — NO_x ; 1,5 — углеводороды. Эти выбросы значительно превосходят промышленные по оксидам углерода и азота и близки по углеводородам. Из них на долю автотранспорта приходится, %: CO — 97,8; NO_x — 80,1; углеводороды — 95; SO_3 — 63. Общие выбросы по транспорту возросли с 11,5 млн в 1995 г. до 15,0 млн в 2000-м.

По этим же веществам продолжает увеличиваться загрязнение атмосферы жилищно-коммунальным хозяйством: с 300 тыс. т в 1994 г. до 690 в 2000-м (*Гордин*).

В свете изложенного можно заключить, что особенно обострились экологические условия проживания во всех крупных промышленных городах, в которых сосредоточены промышленность и автомобильный транспорт. Многократное превышение нормативов загрязнения воздушного загрязнения стало обычным явлением. В 84-х городах, насчитывающих 50 млн жителей, загрязнение воздуха превышает санитарно-гигиенические нормы в 10 раз и более. Только 15% городского населения России живет в нормальной экологической среде (*Бобылев...*).

Несколько крупнейших загрязненных территорий расположено на севере. Это Кольский полуостров, о. Новая Земля, Ямало-Ненецкий автономный округ, район Норильска-Дудинки. Вокруг Норильска леса деградировали на площади 545 тыс. га. В воздухе города в 1988 г. содержалось 5 ПДК хлора, 15 ПДК диоксида азота, 36 ПДК оксида азота, 20 ПДК SO_2 — все как следствие деятельности Норильского горно-металлургического комбината. По загрязненности сернистым ангидридом и оксидом углерода Норильск занимает одно из первых мест в стране.

На Урале, в Кузбассе, местами в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке экологические условия жизни в городах угрожают здоровью населения. Город Нижний Тагил первым в стране в 1995 г. был официально признан зоной чрезвычайной экологической ситуации.

Санитарное состояние водоемов как первой (для питьевого водоснабжения), так и второй (для рекреации) категории водопользования по-прежнему неудовлетворительно. В 2003 г. доля опасных проб в них составила соответственно 28,7 и 25,5% по санитарно-химическим показателям; 25,4 и 22,5% — по микробиологическим. Источники питьевого водоснабжения в большинстве своем испытывают значительное

антропогенное воздействие и оцениваются как «загрязненные» (р. Волга, Дон, Кубань, Обь, Лена, Печора и их притоки) и «очень загрязненные» (р. Урал).

Аналогично положение с питьевой водой. Только 50% ее в городах соответствует санитарным нормам.

В числе основных причин загрязнения водоемов продолжает оставаться антропогенная нагрузка на водные объекты: сброс без очистки и недостаточно очищенных сточных вод, неудовлетворительная активность строительства и реконструкции канализационных сооружений и очистных сооружений. Более 80% загрязненных СВ сбрасывается в реки без очистки.

Приоритетными загрязнителями источников водоснабжения и питьевой воды являются токсичные элементы, состав которых во многом определяется региональными особенностями производства и попадания в водоисточники со СВ, а также нитраты и некоторые органические соединения. Так, в Кемеровской области в водопроводной воде зарегистрированы превышения ПДК алюминия, формальдегидов, нитратов, аммиака, в водоисточниках Татарстана — солей тяжелых металлов, ПАВ, нефтепродуктов, нитратов, фенолов, аммиака, в Новосибирской области — марганца, железа, нитратов, в Самарской области — свинца, кадмия и т.д.

Значительные эколого-финансовые проблемы в нашей стране возникают в связи с уничтожением химического оружия. В 1997 г. вступила в силу Конвенция о запрещении разработки, производства, накопления и применения химического оружия и его уничтожении (КХО). Как известно, Россия накопила 40 тыс. т химического оружия (ХО), США — 30 тыс. т, другие страны его не имеют. В соответствии с Конвенцией, для уничтожения ХО в России должны быть построены 7 заводов (срок ликвидации всех запасов отравляющих веществ — 2008 г.). Однако уже к концу 1999 г. недостаточность финансирования для сооружения заводов привела к отставанию на два года от графика, предусмотренного КХО (Калядин). Вместе с тем ХО хранится на 7 специализированных объектах Министерства обороны РФ и 3 базах Военно-Воздушных Сил, расположенных в достаточно густонаселенных центральных или прилегающих к ним регионах (Саратовская, Пензенская, Брянская, Кировская, Курганская области, респ. Удмуртия). Опасно как продолжение хранения ХО, созданного многие десятилетия назад, так и его уничтожение по упрощенным технологиям, неизбежное в условиях резкого недофинансирования. Имеется, однако, надежда на реализацию КХО, так как финансовую помощь в ее выполнении России оказывают крайне заинтересованные в ликвидации потенциальной угрозы США и западноевропейские страны.

Тревожно положение с почвами. Уровень распашки во многих регионах намного выше оптимальных 40% и в ряде случаев достигает 70 и даже более 80% территории. Черноземы России потеряли не менее 25, а местами до 50% гумуса. Загрязнение воздуха и внесение сельскохозяйственных химикатов привели к отравлению почв тяжелыми металлами (иногда до сотен ПДК). Усиливается опустынивание (Забайкалье), а в Калмыкии уже возникла крупнейшая в Европе пустыня. Этот процесс связан прежде всего с перевыпасом. В частности, плотность популяций овец втрое превышает оптимальную.

Во многих регионах наблюдается ухудшение качества сельскохозяйственной продукции, увеличение содержания в ней различных вредных веществ, тяжелых металлов и пр.

Наряду с вещественным на состояние окружающей среды существенное влияние оказывают физические (энергетические) факторы воздействия неионизирующей и ионизирующей природы (табл. 1.1). Полагают, что в настоящее время их негативный вклад сопоставим с наносимым химическими загрязнителями.

Таблица 1.1

Характеристика физических факторов
воздействия на окружающую среду (2003 г.)

Виды воздействия	1	2	3
Микроклимат	36	11,2	-
Освещенность	35	16,3	-
Шум	14	19,0	49
Вибрация	5	12,8	4
ЭМП	8	15,4	47
Другие	2	25,3	-
Примечания: 1 — доля воздействия, %; 2 — число рабочих мест в промышленности, не отвечающее санитарно-эпидемиологическим требованиям; 3 — доля воздействия в населенных пунктах			

Наиболее неблагоприятное воздействие физических факторов наблюдается, как и в предыдущие годы, в тяжелом машиностроении, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической и деревообрабатывающей промышленности, черной металлургии, промышленности строительных материалов, сельском хозяйстве, на транспорте.

Доминантным энергетическим загрязнителем является шум. В промышленности на его долю приходится наибольшее число рабочих мест, не отвечающих санитарно-эпидемиологическим требованиям. Он же — лидер по количеству источников (49%) и по степени неблагоприятного воздействия на население.

Проблема шума остро стоит в крупных городах (Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург). В последнее время акустическая обстановка ухудшается в менее крупных городах (Абакан, Таганрог, Новочеркасск, Новошахтинск, Биробиджан и др.).

Существенный источник шума в населенных пунктах — встроенные в жилые дома или пристроенные к ним, а также расположенные внутри жилой застройки предприятия: магазины, кафе, развлекательные центры и т.д. Количество обоснованных жалоб на шум от встроенных предприятий составляет не менее 50% от их общего объема.

Всего в России, по данным госсанэпидслужбы, сверхнормативному воздействию шума подвергаются около 8 млн чел.

Дополнительно к изложенному экологическое состояние России рассматривается и далее (разд. 3.1, 4.1, 5.3, 6.2, 8.2).

Экологические факторы существенно влияют на здоровье жителей. По данным ВОЗ, при соблюдении нынешних тенденций к 2005 г. их роль должна была возрасти до 40%, генетических факторов — до 30, образа жизни и медицины — до 25 и 5% соответственно (Горский).

К болезням, вызываемым загрязнением окружающей среды, относятся злокачественные новообразования, заболевания нервной системы, органов пищеварения, мочеполовые, кожи и подкожной клетчатки, врожденные пороки развития и многие другие. Однако первое место среди них, как уже отмечено, занимают болезни верхних дыхательных путей, обусловленные загрязнением атмосферы.

Из экологических факторов, существенно влияющих на здоровье людей, прежде всего следует выделить охрану труда работающих и условия проживания на селитебных территориях.

Улучшение условий труда, сокращение профессиональной патологии и производственного травматизма, укрепление здоровья работников находятся в прямой зависимости от состояния экономики в целом и реализации механизма законодательства в области гигиены и охраны труда. Вместе с тем невысокий уровень того и другого привел в настоящее время к неудовлетворительным условиям труда в нашей стране.

Суммарная численность работников в условиях, не отвечающих санитарно-гигиеническим нормативам, в 2003 г. составила 22,7% от общей численности работающих в промышленности (каждый четвертый-пятый), 15,4 — на транспорте, 10,3 — в строительстве, 2,4 — в связи. Около половины работающих во вредных и опасных условиях — женщины.

В промышленности, строительстве, транспорте и связи было занято на работах: при повышенной запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны — около 2,3 млн чел., с высокими уровнями шума, ультра- и инфразвука — более 2 млн, при сверхнормативных уровнях вибрации — свыше 500 тыс. человек.

Основной причиной несоблюдения санитарно-эпидемиологических нормативов в промышленности, как и прежде, является морально устаревшее и физически изношенное технологическое оборудование и нежелание предпринимателей, особенно в мелком бизнесе, обеспечивать безопасные условия труда. Износ основных производственных фондов в среднем по России превышает 65%, во многих отраслях народного хозяйства достигает 70-80 и даже 90% (кн. 4, разд. 2.5).

В целом каждое четвертое предприятие России относится к опасным для здоровья работающих и лишь каждое пятое соответствует санитарному законодательству.

Неблагоприятные условия труда — основная причина профессиональной заболеваемости работников.

В 2003 г. зарегистрировано 10280 случаев профессиональных заболеваний и отравлений, из них почти 2500 — у женщин. Показатель профессиональной заболеваемости составил 2,13 на 10 тыс. работников.

В структуре нозологических форм преобладают хронические болезни, связанные с воздействием физических факторов (36,9%), промышленных аэрозолей (28,9%), с физическими перегрузками и перенапряжением отдельных органов и систем (16,9%), а также интоксикации под влиянием химических (9,6) и биологических факторов (6,8). При этом удельный вес вибрационной болезни от общего числа профзаболеваний (отравлений) составил 25,3%, нейросенсорной тугоухости — 12,6%.

Наиболее высокие уровни профзаболеваемости (человек на 10 тыс. работающих) регистрируются на предприятиях угольной промышленности (39,7), цветной металлургии (15,4), станкоинструментальной и инструментальной промышленности (11,4), в строительном-дорожном (10,6), тяжелом и энергетическом машиностроении (по 10,1), авиатранспорте (9,7), черной металлургии (9,1).

Причины возникновения хронических заболеваний в 2003 г., %: несовершенство технологических процессов — 43,5; конструктивные недостатки средств труда — 28,5; несовершенство сантехустановок и рабочих мест — по 4,9.

Возникновение острых профзаболеваний (отравлений) в основном обусловлено нарушением правил техники безопасности (21,6%), авариями (19,7), несовершенством технологических процессов (10,6), профессиональным контактом с инфекционным агентом (9,1), неприменением средств индивидуальной защиты (7,7), отступлениями от технологического регламента (7,2),

Среди профессиональных отравлений преобладают вызванные марганцем (в сварочном аэрозоле), хлором, ртутью, свинцом и его неорганическими соединениями, фтористыми соединениями, оксидом углерода, сероводородом и аммиаком.

Заболеваемость работников с временной утратой трудоспособности оставалась высокой.

Отмечается рост первичного выхода на инвалидность среди трудоспособного населения. В последние годы каждый пятый среди впервые признанных инвалидами утратил трудоспособность в возрасте 45 (женщины) и 50 лет (мужчины).

Медико-демографические показатели здоровья всего населения России, как и профессиональная заболеваемость, также остаются неблагоприятными. Общая заболеваемость в РФ с 2001 по 2003 г. возросла со 133,8 до 141,1 млн чел. По классам болезней она составила, %: органы дыхания — 26,1; система кровообращения — 11,7; органы пищеварения, костно-мышечная и соединительная ткань, глаз и его придаточный аппарат, мочеполовая система, беременность с родами и послеродовой период — все по 5,6-7,9.

Структура смертности, %: система кровообращения — 56, несчастные случаи, отравления и травмы — 14, новообразования — 12, органы дыхательные — 4, органы пищеварения — 3, прочие болезни — 10.

Причины смертности от отравлений требуют пояснений. Имеются в виду острые бытовые отравления лекарственными средствами, алкоголем и его суррогатами, наркологическими веществами. Их число возросло с 62 тыс. в 1998 г. до 95 тыс. в 2002-м. В настоящее время острые химические отравления находятся на первом месте по абсолютному числу смертельных исходов, в два и три раза превышающих соответствующие показатели для новообразований и инфаркта миокарда.

Структура причин острых отравлений на всех территориях России близка и составляет, %: медицинские препараты — 7-30, бытовые (оксид углерода, или угарный газ; уксусная кислота) — 6-16, алкоголь и суррогаты — 30-74, прочие — 12-24.

Существенный вклад в усиление неприглядной картины здоровья населения России вносят экологические условия его проживания на селитебных территориях.

Известно, например, что в городах, где уровень загрязнения атмосферы в десятки раз выше нормы, заболеваемость населения больше среднероссийских показателей в 1,5-2,0 раза. По данным анализа 1988 г. здоровья населения в 184 городах СССР с высоким уровнем загрязнения установлено, что постоянное превышение допустимой концентрации лишь по одному из загрязнителей увеличивает заболеваемость в 1,7 раза. При этом ее структура специфична для каждого города и связана с ведущей отраслью промышленности. Предприятия по производству удобрений и асбеста вызывают, в частности, заметный рост злокачественных новообразований, заболевания крови и сердечно-сосудистой системы. Деятельность объектов

цветной металлургии предопределяет повышение злокачественных заболеваний и болезней крови преимущественно у детей. В районах расположения предприятий по производству белково-витаминного концентрата из парафинов нефти, использовавшегося в качестве кормовой добавки в животноводстве, у детей развивались особые формы аллергии. Мясо животных, вскармливавшихся с этой добавкой, имеет более низкие консистентные свойства.

Таких данных по влиянию окружающей среды на здоровье населения множество. Особенно тревожны они применительно к Приуралью, индустриальному Уралу, Сибири. В Приуралье в результате повсеместного отравления воды пестицидами выявлено почти 100%-е распространение гепатита, смертность населения вдвое выше общероссийской.

Явно негативно ухудшение экологической ситуации сказывается на детях. Детская смертность достигает 70 на 1 тыс. рожденных детей при ее уровне 12,4 по России (2003 г.). Однако последняя в 1,5-2,0 раза больше, чем, например, в западноевропейских странах. Таким образом, по уровню детской смертности Россию можно сравнить со слабо развитыми странами.

Крайне неблагоприятно здоровье подрастающего поколения. По данным медицинских учреждений, только 12% выпускников школы могут считаться абсолютно здоровыми. Лишь 10% юношей годны без ограничений к службе в армии. Низкое качество окружающей среды, алкоголизм привели к резкому увеличению числа детей с различными генетическими отклонениями. Число таких детей достигает 17%. Между тем по данным ВОЗ при поражении генетического аппарата у 10% новорожденных неизбежно начинается вырождение нации (Горский). Очевидно, что если деградация генофонда пойдет такими же темпами и далее, то без преувеличения можно сказать, что нынешняя ситуация в России убивает будущие поколения (Бобылев...).

В целом считается, что из ядов, регулярно попадающих в организм человека, около 70% поступает с пищей, 20% — из воздуха и 10% — с водой.

Дополнительные сведения о здоровье и продолжительности жизни россиян приведены в кн. 4, разд. 2.11.4.

1.9. Концепция устойчивого развития

Понятие «устойчивое развитие» введено учеными и специалистами во главе с Г.-Х.Брундтланд (Brundtland), которые по поручению Генеральной ассамблеи ООН с 1983 г. работали в составе Международной комиссии по окружающей среде и развитию. В заключитель-

ном документе «Наше общее будущее» (1987 г.) комиссия сформулировала его как «длительное непрерывное развитие, обеспечивающее потребности ныне живущих людей без ущерба удовлетворению потребностей будущих поколений».

В настоящее время в литературе имеется более 60 других определений устойчивого развития, отражающих его отдельные важные экономические аспекты (*Бобылев...*).

Выводы комиссии Г.-Х.Брундтланд были положены в основу работы Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.), в которой участвовали главы государств и правительств 171 страны мира. Конференция приняла «Повестку дня на XXI век». В 1997 г. проведена вторая Конференция ООН по окружающей среде (Киото, Япония), в 2002 г. — третья (Йоханнесбург, ЮАР).

Ни комиссия Брундтланд, ни конференция по окружающей среде не дали указаний о конкретных путях достижения устойчивого развития. Путь к нему каждое общество должно определить самостоятельно, поскольку он может существенно отличаться в разных странах и регионах из-за несовпадения стартовых условий, экономических, социальных, географических и культурных факторов. Общими являются некоторые условия, соблюдение которых необходимо для реализации концепции устойчивого развития. Эти условия делятся на биосфероцентрические (экологические) и антропоцентрические (неогуманистические). Полагаем также, что важнейшим условием устойчивого развития является предвидение и ликвидация возможных антиантропных сценариев, реализация которых может привести к устранению человечества в его современном социо-биологическом виде.

Биосфероцентрические условия предполагают прежде всего:

сохранение биоразнообразия видов. Максимальное биологическое разнообразие служит основной гарантией поддержания стабильных условий существования жизни на Земле. Именно оно является мерой устойчивости окружающей среды;

при сохранении биоразнообразия и устойчивости биосферы недопустимость превышения пределов жизнеспособности экосистем планеты. В связи с этим объемы выбросов и сбросов загрязняющих веществ и энергии в окружающую среду не должны превышать ее способности к их безболезненной ассимиляции.

Антропоцентрические условия включают:

гарантированное обеспечение населения продуктами питания. Лишь во второй половине прошлого столетия мировое производство зерновых, главного индикатора продовольственного положения, стало опережать по темпам рост населения. Сохраняются глубокие диспропорции между уровнем производства и потребления продуктов питания в

развитых и развивающихся странах. Так, на самом бедном континенте (Африка) начиная с 70-х годов душевое производство продовольствия ежегодно сокращается на ~1%, и голод остается здесь серьезной проблемой, несмотря на усилия международного продовольственного фонда помощи нуждающимся странам;

гарантированное обеспечение энергоресурсами. Они являются тем всеобщим эквивалентом, которым измеряются все ресурсные затраты людей. При наличии дешевых, экологически чистых и практически неограниченных источников энергии человечество справится с любыми экологическими проблемами, получит в свое распоряжение неисчерпаемые источники природных ресурсов. В качестве последних, образно говоря, сможет выступить любой участок поверхности Земли и ее недр, поскольку априори он содержит все элементы периодической системы Д.И.Менделеева;

использование природных ресурсов в количествах, не превышающих масштабы их возобновления или замены аналогами;

стабилизацию численности населения на уровне, обеспечивающем улучшение качества жизни людей. Основными показателями последнего, в соответствии с концепцией перехода Российской Федерации к устойчивому развитию (указ №440 от 1.04.1996 г. президента России), являются продолжительность жизни человека и состояние его здоровья, уровень знаний и образовательных навыков, валовой внутренний продукт на душу населения, уровень занятости, полнота реализации прав человека, степень отклонения состояния ОС от нормативов.

Устранение *антиантропных сценариев* позволит избежать угроз наиболее существенным интересам человечества.

Известно, что человек обладает рядом признаков, объединяющих его с живым веществом вообще, с флорой и фауной — в частности (разд. 1.2). Вместе с тем он имеет ряд качеств, присущих лишь ему и резко выделяющих его из всего живого. Только человек способен к мышлению с такими его фундаментальными свойствами, как опосредованность, обобщенность и абстрактность. Только у человека развиты такие признаки, как *мораль* (совокупность всеобщих норм и принципов поведения, обязательная для всех) и *нравственность* — мораль индивида, те нормы и правила поведения, которых он готов придерживаться в обществе. Наряду с таким признаком живого, как воспроизводство себе подобных (инстинкт продолжения рода), мышление, мораль и нравственность, вырабатываемые в течение многих поколений, направлены на сохранение человечества, обеспечивают его безопасное развитие. Именно по этой причине мораль и нравственность не могут быть продолжительное время бандитскими или криминализированными, так как неизбежно приведут к снижению уровня безопасности общества, к угро-

зе ликвидации человеческого сообщества, что противоречит сильнейшему из инстинктов — продолжения рода.

Сущностные интересы человека требуют создания необходимых условий для формирования и сохранения морали, нравственности, развития интеллекта. Решающее влияние на эти процессы оказывают наука, искусство и культура.

Что угрожает сущностным интересам человечества, помимо нарушения биосфероцентрических и антропоцентрических условий развития? Ответ и прост и сложен. Прежде всего им угрожает сам человек. Речь идет о процессах социального характера, когда человечество разбивается по тем или иным признакам на ряд групп, частные интересы которых вступают в непримиримый конфликт с интересами людей как биологического вида, ставя последний под угрозу уничтожения. Наиболее опасны в этом плане силовые конфликты (войны, революции, геноцид).

На нынешнем этапе развития оружия массового поражения (ядерного, химического, биологического) его масштабное применение в войнах приведет к уничтожению человечества как биологического вида в кратчайшие исторические сроки, без селекции по территориальному, национальному, классовому и другим признакам. Ужасающие последствия поражения ядерным оружием рассмотрены в разделе 8.2. Бесprecedентны по своей поражающей силе рецептуры биологического и химического оружия. Так, например, 1 мг пневмококков содержит 160 млн смертельных для человека доз, 1 г политоксина способен убить 100 тыс. человек.

При революциях столкновение и уничтожение людей протекают по классовому признаку, что не делает их менее кровавыми, чем войны между государствами. Великая французская революция 1789-1794 гг. сопровождалась казнями 2 млн людей при общем населении Франции ~40 млн человек. Основную долю гильотинированных, естественно, составили не аристократы (их в таком количестве просто не было), а простолюдины — крестьяне и ремесленники. Не щадили и женщин. Октябрьский переворот 1917 г. и последующая гражданская война в России ознаменованы гибелью 5 млн соотечественников 160-миллионной страны. Гражданская война в России обогатила человечество такими достижениями антигуманизма, как концентрационные лагеря, расстрел заложников, массовые утопления женщин и детей во имя революционной целесообразности, применение химического оружия регулярными войсками против мирного населения.

Геноцид, или истребление отдельных групп населения по расовому, национальному и религиозному признакам, — одно из тяжчайших преступлений против человечества. Его вершили Россия (еврейские погромы), фашистская Германия (Холокост), Турция (армянская рез-

ня 1915 г.). В Кампучии коммунистический режим Пол Пота в период 1974-1978 гг. уничтожил 2 млн сограждан, что составило четверть населения страны.

Распространена точка зрения, что стремление к насилию над себе подобными лежит в природе людей. Ссылаются при этом на тот факт, что история человечества насчитывает лишь несколько десятилетий без войн. Однако насилие ставит под угрозу само существование человеческого рода и поэтому противно его биологической природе. Исследования социологов показали, что только 15% людей способны убить другого человека, в том числе и в экстремальных обстоятельствах, когда смерть угрожает им самим. Некоторые солдаты фашистского вермахта даже в победоносном 1941 г., когда еще и мысли не возникало о неминуемом возмездии, отказывались участвовать в казнях мирного советского населения и сами немедленно попадали в шеренги расстреливаемых (Быков В. Каратели). На полях сражений Первой и Второй мировых войн горами валялись неиспользованное стрелковое оружие и полные обоймы патронов, брошенных их владельцами. Подсчитано, что на одного убитого в среднем приходилось свыше 15 тыс. выстрелов — настолько неприцельно велся огонь по противнику. Люди, в единоборстве убившие врага, обычно до самой смерти не могут забыть его взгляд и мучаются раскаянием, хотя в свое время стояли перед выбором: убьешь ты или убьют тебя.

Существенную опасность для судеб человечества представляет безнравственность устремлений части людей, грозящая ему вырождением. Не признающий норм морали человек ставит под угрозу не только свои здоровье и жизнь, но и окружающих. Примером тому является распространение чумы 20 века: СПИДа, наркомании и алкоголизма.

Опасно применительно к человеку развитие некоторых научных направлений, таких как клонирование, нетрадиционные зачатие и развитие человеческого зародыша, нанотехнологии, кибернетика, в частности бионика.

Клонирование, нетрадиционные зачатие и развитие человеческого зародыша, нанотехнологии создают реальные возможности для воспроизведения человека без соительного участия биологических родителей. Реализация такой идеи, технически возможной уже в обозримом будущем, создает реальную угрозу веками и тысячелетиями складывавшимся моральным и нравственным нормам человечества, включающим такие понятия, как родственные узы, материнство и отцовство, родители и дети, возрастная иерархия поколений, в которой родители всегда старше детей, а бабушки и дедушки старше родителей. Исчезнут основополагающие понятия о малой и большой Родине, о народе, к которому принадлежишь, и т.д. Разрушение прежних морально-

нравственных норм пройдет так апокалипсически быстро, что исключит постепенное, эволюционное, изменение этих норм, когда человечество неторопливо оценивает возникшие особенности поведения, отказываясь от тех из них, которые угрожают его устойчивому развитию. Таким образом, человечество вступит в эпоху непредсказуемого, революционного, развития биосоциальной сферы.

Кибернетика (бионика) до недавнего времени рассматривалась как научно-техническое направление, изучающее структуру и жизнедеятельность организмов с целью использования открытых закономерностей и обнаруженных свойств для решения инженерных задач и построения технических систем, приближенных по своим характеристикам к живым организмам.

Еще недавно робототехника была способна создавать лишь машины (устройства) с так называемым антропоморфным (человекоподобным) действием, частично или полностью заменяющие людей при выполнении простейших работ, операций (счет, перемещение тяжестей, реагирование на внешние моносигналы и т.д.). Однако на сцену уже выходит и привлекает все большее внимание своими темпами развития искусственный интеллект — кибернетические системы, моделирующие некоторые стороны мыслительных способностей человека. В полной мере прогресс, достигнутый в области ИИ, иллюстрируют шахматные программы.

Как полагают, высокий уровень игры в шахматы соответствует одному из наиболее сложных видов мыслительной деятельности человека. Еще несколько десятилетий назад шахматные программы ограничивались, по существу, перебором всех возможных ходов на один темп вперед. Однако в настоящее время интеллектуальную честь человечества за шахматной доской успешно защищал только гениальный Г.К.Каспаров, но и он со счетом 2,5:3,5 проиграл матч в классические шахматы искусственному интеллекту. Г.К.Каспаров считает, что через несколько лет ни он и никто другой из людей не смогут противостоять ИИ.

И немудрено. Машина не устает, не делает зевков, но главное, ее программы уже включают элементы эвристического мышления, т.е. совокупности логических приемов, методических правил теоретического исследования и отыскания истины. Принципиально то, что создаваемые ИИ выходят уже за рамки тех умений, которые первоначально вкладывает в них человек. В определенной степени они способны анализировать свои действия и вносить дополнения в собственные базы данных, улучшающие и усложняющие их, т.е. могут развиваться. Они принципиально готовы заменять вышедшие из строя свои части, т.е. по существу воспроизводить себе подобных, что всегда являлось отличительным признаком живого. По сути, прослеживается возможность создания на неорганической или смешанной (органической плюс неор-

ганической) основах машин (устройств), по аналитическим возможностям превосходящих человека.

Пока неясно, приобретут ли машины в процессе развития эмоции, создадут ли моральные и нравственные принципы собственного поведения. Однако на определенной стадии развития они могут задаться вопросом, нужен ли им человек, существо, многократно уступающее им по физическим и аналитическим возможностям, но контролирующее их, считающее себя созданием высшего порядка, венцом Божьего творения? Не исключен ответ: «Нам не нужен». Ответив таким образом, искусственный интеллект может уничтожить человечество. Или, в целях сохранения биоразнообразия, оставит его как биологический вид, культивируя его на определенных территориях, которые сейчас мы называем национальными парками или зоопарками.

Описанный выше сценарий ненов и пока считается ирреальным. Ссылаются при этом на законы робототехники выдающегося фантаста А.Азимова: 1) робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить, чтобы он был ему нанесен; 2) робот обязан подчиняться приказам человека, за исключением тех, которые противоречат первому закону; 3) робот должен заботиться о собственной безопасности, кроме случаев, когда они противоречат первому или второму закону. Полагают, что по мере развития искусственного интеллекта на его деятельность человек будет упреждающе накладывать те или иные ограничения типа законов робототехники.

Однако кто поручится, что в процессе неопределенно долгого использования и развития ИИ сценарии его освобождения от человека не будут реализованы? Например, произойдет случайный сбой, и машина избавится от запретов. Или маньяки, одержимые стремлением к вечной славе Герострата, освободят от них искусственный интеллект.

Вероятность уничтожения человечества искусственным интеллектом или внеземными цивилизациями тем более реальна, что тесно связана с одним из основных вопросов философии — о месте человека в окружающем его Мире. Что есть человек — цель или средство развития Вселенной, промежуточный этап ее истории, рано или поздно, но приговоренный к естественному исчезновению как любой биологический вид? Если цель — то гибель человечеству не грозит, но развитие (эволюция) Вселенной заканчивается. Сценарий маловероятен, так как и при наличии человека эволюция Земли и других миров продолжается. Если человек — средство в развитии Вселенной или какой-либо ее части, то, использовав его на данном этапе своей истории, Вселенная (мыслящее ее начало, Бог?) далее откажется от него, и мы сейчас наблюдаем первые признаки приближения человечества к своему концу в виде реализации тех или иных сценариев глобальных экологических катастроф.

Человечество не в силах изменить законы природы, но, познавая, должно использовать их в своих интересах. Осознав опасности, которые не только чисто теоретически несут некоторые направления научно-технического прогресса, оно может заблокировать их развитие. Речь не о запрете тех или иных научных направлений, как это в свое время имело место в нашей стране применительно к кибернетике и генетике. Ученый, изобретатель перестают творчески мыслить лишь со смертью. Однако, понимая, чем то или иное направление развития потенциально угрожает человечеству, высоконравственный ученый прибегнет к добровольному мораторию на исследования в опасной для людей области знаний. Реальные примеры такого поведения есть, например в проблеме зачатия и развития человека вне женского организма (в «пробирке»). В данном направлении имелись многообещающие результаты. Человеческий зародыш в искусственных условиях был доведен до 4-месячного возраста, и не оставалось каких-либо существенных медико-технических препятствий для завершения эксперимента рождением человека. Однако, будучи глубоко верующим католиком, автор программы добровольно прекратил опыт. Вслед за ним к мораторию на исследования в данной области присоединились все специалисты, и он соблюдается уже более 25 лет. После появления клонированной овцы Долли, высокоорганизованного животного, следующим логическим шагом представлялось клонирование человека. Однако ряд наиболее развитых государств объявил мораторий на исследования в данном направлении. К нему присоединились виднейшие ученые, специалисты по клонированию.

Резюмируя сказанное, можно выделить некоторые дополнительные антропоцентрические условия концепции устойчивого развития, вытекающие из необходимости устранения возможных антиантропных сценариев. К обязательным следует отнести развитие науки, культуры, соблюдение традиционных норм морали и нравственности при их эволюционном изменении; воспитание разумных потребностей, достаточных для реализации предыдущих условий; неприятие расовой, национальной, классовой, религиозной исключительности во всех ее проявлениях; добровольное ограничение научно-технических исследований в направлениях, потенциально опасных для судеб человечества.

В целом можно полагать, что устойчивое развитие — это неопределенно долгая эволюция материального, интеллектуального, морально-нравственного потенциалов нынешних и будущих поколений в условиях сохранения качественных и количественных характеристик окружающей среды и природных ресурсов.

Движение человечества к устойчивому развитию в конечном итоге приведет к формированию предсказанной В.И.Вернадским сферы ра-

зума (ноосферы), когда мерилom национального и индивидуального богатства станут духовные ценности и знания Человека, живущего в гармонии с окружающей средой (Концепция...). Это будет бесклассовое сообщество, в котором осуществится коммунистический принцип «от каждого — по способностям, каждому — по потребностям». Реализовать его позволят наращенные к тому времени гигантские производительные силы общества. Однако этот эволюционный естественный процесс развития производительных сил и личности человека невозможно совершить скачкообразно, революционным путем. Осознание эволюционного пути устойчивого развития общества делает исторически бессмысленным присутствие на современной политической арене партий коммунистической ориентации. В еще меньшей степени они потребуются объединенному человечеству в эпоху Ноосферы.