

8. ЭВОЛЮЦИЯ БИОСФЕРЫ

Основное содержание главы

Применительно к живому веществу планеты (биосфере) движение принимает форму развития, то есть последовательного, закономерного и необратимого взаимодействия, приводящего к появлению организмов с более сложным химическим составом и структурой, с новыми функциональными возможностями. Каждая более высокая ступень организации процессов обмена веществами имеет объективные предпосылки в предшествующей, каждый последующий этап становления объективно неизбежен. Выполняется принцип единства и взаимосвязи частей системы. В современном естествознании концепция эволюции Дарвина дополняется идеями влияния геодинамических факторов и симбиоза на процессы эволюции биосферы.

8.1. Неизбежность развития

Развитие от существующего к возникающему новому является основной эволюции, хотя последняя включает в себя также возвратные формы и тупиковые ответвления. Что является движущей силой развития биосферы? Мы можем сделать эмпирическое обобщение (рис. 135): развитие определяется стремлением живых организмов к ускорению обмена веществ для более быстрого роста и воспроизводства себе подобных (хотя слово «стремление» в данном контексте выглядит несколько «очеловеченным» по отношению к простейшим организмам).

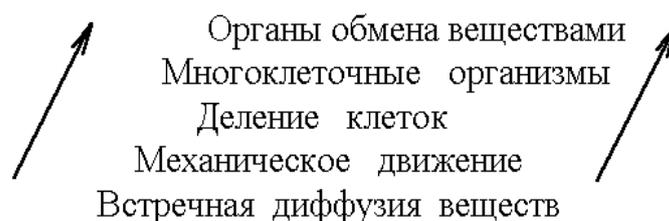


Рис. 135. Этапы становления процесса обмена веществами

У подвижных одноклеточных организмов обмен идет интенсивнее, чем у неподвижных, поэтому неизбежно появление механически активных одноклеточных организмов. Точно так же неизбежно деление клеток, а это уже принципиальное изменение – появление многоклеточных организмов. Следующим шагом в повышении эффективности обмена веществ является образование органов обмена веществами.

У растений органами обмена веществами являются корни и листья, в последних идет процесс фотосинтеза биомассы. У насекомых нет необходимости в органах фотосинтеза, зато у них появляются органы пищеварения растений, органы поиска и различения растений, органы ориентации в пространстве и другие. В царстве животных главным для эволюции становятся органы, которые напрямую не связаны с обменом веществ (питанием). Это органы восприятия и переработки информации. Можно говорить об изменении приоритетов в филогенезе (развитии живых организмов): ведущим фактором становится развитие нервной системы и ее центра – мозга. В конечном счете совершенствование мозга и становление интеллекта дает бóльшую эффективность в эволюции, чем простой поиск пищевых и других ресурсов для живых организмов.

Бактерии размножаются и передают ДНК из поколения в поколение ничуть не хуже многоклеточных организмов. Зачем биосфере «надо было» и дальше повышать сложность организации, а не решать задачи в рамках уже имеющейся организации? Что служило движущей силой усложнения? Ответ состоит в том, что объединение элементов в новую форму (ступень) иерархической организации увеличивает шансы на выживание системы.

Примером колонии отдельных одноклеточных организмов может служить вольвокс (рис. 136). В принципе, клетка не погибает, если отделить ее от колонии, но при размножении довольно быстро образуется колониальная форма. Колония способна размножаться, т. е. внутри колонии образуются более мелкие колонии (рис. 136, центральная часть). До 10 000 одноклеточных может входить в такие колонии. Действия между ними согласуются через контакты между отдельными клетками, т. е. «все клетки машут жгутиками согласованно, чтобы колония могла перемещаться упорядоченно» [16].

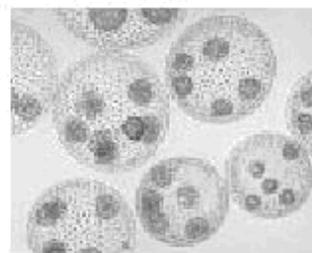
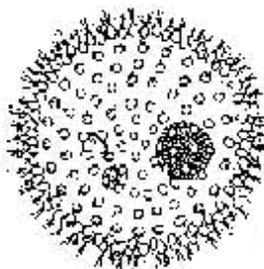
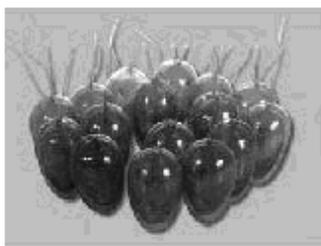


Рис. 136. Колония одноклеточных организмов вольвокс

Объединение многих малоразмерных одноклеточных организмов в более крупную колонию предохраняет колонию от поедания бактериями-хищниками, например амебами. Однако при росте числа взаимо-

действующих элементов в данной системе нарастает коллективная неустойчивость и кризис разрешается при переходе к более высокому уровню на «лестнице» форм живого вещества. В рассмотренном примере те клетки, которые находятся в самом центре колонии, оказываются в трудном положении – они не имеют доступа к еде, и в итоге они гибнут, освобождая часть пространства. Таким образом, получается система в виде полого шарика, все клетки поверхности которого имеют доступ к внешней среде, и в то же время их не может съесть более крупная амеба. Мелкие колонии (комочки) клеток, находящиеся в объеме сферы, могут терять реснички и специализироваться на других функциях, полезных для системы в целом.

Для повышения уровня организации, возрастания сложности систем есть два источника энергии – солнечная энергия и тепло недр Земли. Если бы энергия в живые системы поступала медленно, то и все эволюционные процессы протекали бы «заторможенно». Если бы она поступала очень быстро, то все бы могло разрушиться. Т. е. поток энергии должен быть таким, чтобы он был способен поддерживать биологические процессы, не разрушая органические молекулы. Часть постоянно поступающей энергии рассеивается, часть идет на поддержание структур, перерабатывающих питательные вещества, и часть – на образование новых структур из уже существующих, на упорядочивание, на повышение эффективности их взаимодействия. Можно сказать, что возникает порядок из хаоса (более подробно вопрос самоорганизации рассмотрен в следующей главе).

Деление ступенчатого ряда какой-либо системы на компоненты во многих случаях вводится искусственно, так как каждый уровень (подсистема) интегрирован, т. е. взаимосвязан с другими уровнями. Здесь нельзя найти резких границ или разрывов в функциональном смысле. Их нет даже между более высокими уровнями (продолжающими схему рис. 135), т. е. между организмом и популяцией. Организм, изолированный от популяции, не в состоянии жить долго, точно так же как изолированный от организма орган не может длительное время сохраняться как самоподдерживающаяся единица. Подобным же образом биосфера в целом не может существовать, если в ней не происходит обмен веществ между уровнями. В этом проявляется себя качество целостности биосферы, ее единство в многообразии.

Таким образом, если на планете возникла Жизнь, то её развитие неизбежно приводит к возникновению многоклеточных организмов с развитой нервной системой, на этой базе возникает Разум в конкретном воплощении в человеке разумном – *Homo sapiens*.

Проблема возникновения популяции (популяций) *Homo sapiens*, как биологического вида, сложна и не имеет однозначного объяснения или простой схемы перехода от человека-животного к тому, что мы сейчас понимаем под человеком разумным. С достаточной долей уверенности мы можем назвать ряд факторов, которые способствовали становлению человека, его выделению из царства животных [17].

1. Разнообразное питание как растительной, так и животной пищей (без «привязки» к конкретным источникам пищи) и развитие соответствующих органов пищеварения.

2. Разнообразная среда обитания, в которой нужно многое предвидеть и на многое реагировать нестандартно, нагружая клетки мозга, что вызывает их развитие (см. выше о реакции клеток на стресс).

3. Изменение репродуктивной стратегии вида: от сезонного брачного периода к его продлению на весь год, к увеличению периода вынашивания плода и последующего его обучения (до четверти жизни!).

4. Жизнь в сложно построенной группе: формирование первобытной стаи, в рамках которой возникает иерархия (соподчинение) особей, появление зачатков социально значимых ролей в общине, развитие инстинкта до защиты и сохранения своего вида.

5. Использование инструментов, совершенствование моторного (двигательного) интеллекта, изобретение необходимых приспособлений, обработка материалов и приготовление пищи на огне. Разделение трудовых обязанностей и функций в первобытной общине (собирательство, охота, строительство, поддержание огня, знахарство и так далее).

6. Развитие знаковых и звуковых систем обмена информацией: от позы животного к жесту и мимике, от нечленораздельных звуковых сигналов к становлению речи как средства общения, передачи информации и обучения.

Речь позволила намного эффективнее обучать, накапливать устную информацию и передавать её из поколения в поколение во все возрастающем объеме. Язык речевых символов оказался гораздо удобнее для мозга, чем внеречевое мышление, общее с животными. Постепенно ценность накопленной речевой информации стала важнее информации, передаваемой генетически. В результате успех особи, группы, популяции человека стал зависеть не столько от совершенствования генов, сколько от уровня и характера знаний людей.

Таким образом, для понимания долгого, извилистого и во многом случайного пути, который выделил одну из линий человекообразных существ над остальными, необходим учет всего комплекса вышеприведенных факторов. Среди них, с точки зрения важной роли информации

в развитии человека, главным является становление речи. Она сделала человека умелого человеком разумным.

На этом принципиально важном этапе человек стал выходить из-под контроля естественного стихийного отбора.

Следует отметить, что биологическая эволюция от гоминида к человеку была исключительно быстрой и далеко не прямой. Естественный отбор «решал» множество задач и не все решения были удачными. При этом в самый разгар биологической эволюции человек в значительной мере вышел из-под влияния естественного отбора, можно думать, что не вполне сформированным, со многими чертами, оставшимися от животного, такими как агрессивность, стремление доминировать над более слабыми и другими инстинктами. Так что быстрый прогресс имел и негативные последствия. Учитывая это, можно (вслед за В. Дольником [17]) сказать: «Человек – непослушное дитя биосферы!».

Так как современный человек во многом вышел из-под контроля естественного отбора, отбор теперь частично проявляется через возникновение таких болезней, которые затрагивают не отдельные органы, а целые системы управления здоровьем (например иммунную). Не исключается действие долговременных факторов внешней среды на генетическую память, передача биологических «изобретений» (белков, ферментов, фрагментов геномного аппарата) в трофических цепях и влияние кризисных ситуаций в биосфере на образование новых эволюционных ветвей.

8.2. Эволюционные концепции

Обычным стереотипом является связывание концепции эволюции только с именем Ч. Дарвина, благодаря запоминающемуся выводу о близости биологических «корней» человека и человекообразных обезьян. В вульгарном толковании общность ветви приматов (существовавшей около 45 млн лет назад) и её разделение на виды (около 10 млн лет назад) сводится к прямому генетическому происхождению «человека от обезьяны». Неверны оба стереотипа.

Концепция Ламарка

Первая научная классификация в зоологии была предложена К. Линнеем (1707–1778), на её базе Ж.Б. Ламарк (1744–1829) разработал свою концепцию эволюции, основанную на двух принципиальных положениях.

Во-первых, все существа в течение их жизни *приспосабливаются* к среде обитания. В ходе этого процесса изменяется их поведение,

физические параметры и организм приобретает новые признаки фенотипа. Во-вторых, приобретенные признаки и свойства (поведение) *передаются по наследству* потомкам. Оба фактора, по мнению Ламарка, действуют как проявление всеобщего внутренне присущего «*стремления к усовершенствованию*». По данной концепции движущие силы развития заложены «внутри» живых организмов, и это можно совместить с христианской версией сотворения мира: стремление к самоусовершенствованию есть проявление части «Святого духа» Творца.

Если первое положение основано на данных палеонтологии и является обобщением «опытов» природы, то второе сформулировано, скорее, как интуитивно очевидное и в экспериментах не подтверждено. Хотя и были попытки не только акклиматизации растений, по Мичурину или Лысенко, но и опыты по отрезанию хвостов у 20 поколений лабораторных белых мышей. Подтверждения факту передачи информации от фенотипа к генотипу не было получено, тогда как обратная передача (с учетом мутаций) является экспериментальным фактом и возведена в центральную догму, подобно тому как ещё лет 20 назад центральной догмой молекулярной биологии было признание передачи наследственной информации только в одном направлении, от ДНК к РНК. Открытие обратной транскрипции эту догму разрушило.

Что касается внутреннего стремления к усовершенствованию, то в современном философском течении номогенеза также постулируется универсальное стремление к высшему состоянию, по терминологии Т. де Шардена это «точка Омега» (по названию последней буквы греческого алфавита). «Точка Омега» выступает в качестве некоего мегааттрактора развития биосферы и человека, подобно тому как поток галактик направлен к Великому аттрактору (природа которого пока не выяснена). В какой-то мере коммунизм К. Маркса тоже считался «точкой Омега» социального развития человеческого общества.

Концепция Дарвина

Отличительными чертами концепции эволюции по Дарвину, в современной ее трактовке, являются другие положения. Первое: отсутствие конечной цели, специальной предназначенности или финала развития биосферы и развития вообще как атрибута движения материи. Отсутствие направленности к определенной (изнутри или извне) цели не означает отсутствие проявлений изменчивости, сходных феноменологически с направленностью, создающих впечатление направленности эволюции от низших форм к высшим. Второе и основное в концепции:

в создании генетической информации (которая будет закреплена в потомстве) участвуют два процесса: внутренний и внешний.

1. Процесс случайных, хаотических, непредвиденных мутаций (в том числе рекомбинаций и горизонтального переноса генов между различными организмами) на уровне молекул ДНК и (или) РНК. Этот процесс «внутренний» для организма.

2. Естественный отбор на уровне организмов и их популяций как «внешний» процесс адаптации биологического вида к изменяющейся внешней среде.

3. Приобретенные в результате онтогенеза индивидуальные макросвойства и признаки на молекулярный уровень ДНК или РНК данного организма не передаются.

4. По классической теории Ч. Дарвина эволюционный процесс идет от микроуровня к макроуровню: мутации генетического кода, изменчивость отдельных многочисленных особей, выживание наиболее приспособленных, постепенное изменение видов и, наконец, постепенное изменение сообществ и всей биосферы без каких-либо катастрофических скачков или «взрывов» новообразований. Иначе говоря, по Дарвину эволюция – это постепенность, и первичными являются внутренние причины, внешние воздействия если и сказываются, то через вещества – мутагенты химической или физической (радиация) природы. На современном этапе развития естествознания концепция Ч. Дарвина не считается исчерпывающей. Вызывают возражение несколько моментов, которые мы рассмотрим ниже.

Случайна ли эволюция?

Генотип, по определению, содержит информацию о структуре и врожденном поведении организма, записанную в молекулах ДНК (или РНК – у ретровирусов) с помощью «четырёхбуквенного алфавита». Исходя из того что любой осмысленный генетический текст возник в конечном счете в результате серий случайных перестановок азотистых оснований – букв генетического алфавита, можно оценить вероятность возникновения смысла в тексте.

Слово, представленное всего лишь одним геном, содержит, по порядку величины, 1000 букв. ДНК хромосомы, состоящей из тысяч генов, содержит уже 10^6 букв. Число случайных комбинаций из 4 букв составляет для гена 41 000, для одной хромосомы это будет уже 101 000 000, примерно столько проб надо сделать чисто механически, чтобы реализовать нужную комбинацию [18]. Это число настолько велико, что времени существования Вселенной недостаточно даже при очень большой

скорости испытаний. Фактически это означает нулевую вероятность случайного возникновения хромосом, то есть генетической информации. Из неслучайного характера возникновения воспроизводимой жизни проповедники христианства делают вывод, что «наука доказала» существование Творца. Автор сам вынимал из почтового ящика письменные призывы к Вере с такими утверждениями и ссылками на подобные расчеты.

Однако приведенные оценки не учитывают один существенный феномен природы, исследование которого проводится последние годы. Речь идет о явлениях самоорганизации даже в неорганических, неживых системах химических веществ, когда они далеки от равновесного состояния. При определенных условиях в таких системах спонтанно, самопроизвольно устанавливаются элементы достаточно высокого порядка. В качестве примера можно привести эффект Бенара – возникновение гексагональных ячеек в плоском слое при градиенте температуры между его поверхностями. Тем более процессы появления самопроизвольного порядка (самоусовершенствования) возможны в биологических веществах, способных поддерживать гомеостаз при общем термодинамическом стремлении к разупорядочению.

Геобиологические циклы (концепция катастрофизма)

Одна из новых концепций эволюции [19] допускает возможность приема потока информации генетическим аппаратом организмов с уровня макромира (сверху вниз). В этом варианте процессы могут протекать по схеме: изменение формы Земли (сопровождается движениями земной коры, неустойчивостью магнитного и электромагнитного полей, а также климата); реконструкция биосферы (сопровождается упрощением структуры биологических сообществ-биоценозов, вымиранием части организмов и видов); развитие новых приспособительных механизмов на основе резких смещений в развитии органов; заполнение вакантных экологических ниш; видообразование, т. е. закрепление информации о сдвигах в генетической памяти.

Периодические вариации скорости вращения Земли, изменения наклона плоскости орбиты и т. д. не могут не влиять на магнитное поле и форму Земли, кора которой изменяется подвижками литосферных плит и расхождением континентов (см. рис. 137, 138). Действие космических и геологических сил вызывает изменение климата. То, что происходило 100 млн лет назад (опускание континентов, теплый климат, рост биомассы и разнообразия организмов) и 65 млн лет назад (поднятие континентов, похолодание, падение продуктивности живой массы

и сокращение разнообразия организмов), можно считать циклическими изменениями, многократно повторяющимися с момента образования континентов.



Рис. 137. Встреча океанической плиты с континентальной и двух континентальных плит



Рис. 138. Изменение формы и расположения континентов

Но эта цикличность сложная, на нее влияет галактический год (180 млн лет) и самые короткие циклы от полумиллиона лет до 22 тыс. лет (цикл прецессии земной оси). При этом поток солнечного излучения, достигающий в определенный сезон различных частей земного шара, изменяется более чем на 10 %. Может быть циклична и эволюция биосферы?

В периоды заметно переменных геоклиматических условий биосфера приходит в состояние далекое от равновесия, когда вымирают многие виды. Вымирание ослабляет конкуренцию, борьба за «место под Солнцем» отступает на второй план, в целом для биосферы важно ускорить развитие новых видов. В такие периоды возникают необычные признаки и свойства, носители которых в спокойном периоде были бы нежизнеспособными «уродами». Но теперь некоторые отклонения от нормы должны быть подхвачены естественным отбором, это даст шанс формам, потенциально способным дать начало новым эволюционным ветвям. Циклические изменения в геобиологической системе стимулируют ход эволюции.

Если сделать предположение о том, что с некоторой конечной вероятностью фенотип влияет на генотип (информация передается с макроуровня на микроуровень), то можно сделать оценки времени генерации одного гена от достигнутого сейчас генофонда. Разделим время существования биосферы на число генов человека: у человека примерно

10^6 генов, созданных всеми его предшественниками (время существования биосферы 10^9 лет). Грубая прикидка порядков величин приводит к оценке, равной одному гену за 1000 лет для организма, типа человека, как бы живущего все это время. Если же учесть различные расы (то есть примерно 10 версий каждого гена) и что в течение всего периода существования биосферы гены производили по оценкам 10^9 различных организмов от клетки до человека, то величина скорости генерации генов будет порядка 10^{-11} ген/организм/год. Средний период производства нового гена одним организмом средней сложности (между человеком и одноклеточной бактерией) будет равен 10^{11} лет, что больше времени существования биосферы.

Ясно, что данная оценка завышена. Но даже заниженная оценка в 1000 лет показывает, что экспериментально, наблюдательно проследить процесс ввода информации от фенотипа к генотипу практически очень трудно, слишком велик период передачи воздействий. По-видимому, так и должно быть, генетическая память обязана быть консервативной. Только долговременно действующие внешние условия могут найти в ней отражение, но не сиюминутные. *За время геобиологических циклов такое становится возможным.*

Еще один путь в буквальном смысле усвоения некоторой части информации с пищей обсуждается в литературе [15]. Если некоторая информация записана на какой-то молекулярной структуре, то может ли эта структура быть усвоена без диссимиляции, целиком? Или быть частично сохраненной после некоторого разрушения в органах пищеварения? По-видимому, принципиального запрета нет. Известно, что РНК вирусов может проникать с пищей в организм с сохранением своей активности. Есть случаи так называемого клептогенеза, когда животное целиком использует целые органы от других животных, послуживших ему пищей. Например, стрекальные капсулы – оружие ресничных червей – происходят не из клеток их тела, а целиком «крадутся» у гидроидов, которыми ресничные черви питаются.

Во время работы в Конакрийском университете автору пришлось услышать от одного из студентов сожаление о невозможности ...«съесть Ваш мозг, месье». Зачем? «Чтоб стать таким же умным, как Вы, месье». Тогда это показалось диким суеверием... Если бы знания передавались так просто!

Синтетическая теория эволюции

Синтетическая теория эволюции (СТЭ) – это современная эволюционная теория, которая является синтезом генетики и дарвинизма. Она также опирается на палеонтологию, систематику, молекулярную

биологию и другие науки. Основой развития синтетической теории стала гипотеза о мутациях в составе геномов популяций. Полагается, что в каждой воспроизводящейся группе организмов во время обмена участками материнской и отцовской хромосом, а также в результате ошибок при репликации ДНК постоянно возникают мутации, приводящие

к созданию новых вариантов генов.

Влияние генов на строение и функции не только белков, но и организма в целом вариативно: каждый ген участвует в определении нескольких признаков. С другой стороны, каждый признак зависит от многих генов; генетики называют это явление генетической полимерией признаков. Благодаря такому взаимодействию генов внешнее проявление каждого гена зависит от его генетического окружения. Поэтому обмен участками материнских и отцовских хромосом, порождая всё новые генные сочетания, в конце концов создает для данной мутации такое генное окружение, которое позволяет мутации проявиться в фенотипе (внешнем облике и внутреннем строении) особи-носителя.

После этого мутация попадает под действие естественного отбора, отбор уничтожает сочетания генов, затрудняющие жизнь и размножение организмов в данной среде, и сохраняет нейтральные и выгодные сочетания, которые подвергаются дальнейшему размножению, вариации и тестированию отбором. Причем отбираются прежде всего такие генные комбинации, которые способствуют благоприятному и одновременно устойчивому фенотипическому выражению изначально мало заметных мутаций, за счет чего эти мутантные гены постепенно становятся доминантными.

Таким образом, сущность синтетической теории состоит в преимущественном размножении определённых генотипов и передаче их потомкам. В вопросе об источнике генетического разнообразия синтетическая теория признает главную роль за рекомбинацией генов (обмен участками двух хромосом). Считают, что эволюционный акт состоялся, когда отбор сохранил генное сочетание, нетипичное для предшествующей истории вида. В итоге для осуществления эволюции необходимо наличие трёх процессов:

- мутационного, генерирующего новые варианты генов с малым фенотипическим выражением;
- рекомбинационного, создающего новые фенотипы особей;
- селекционного, определяющего соответствие этих фенотипов данным условиям обитания или произрастания.

В настоящее время основу СТЭ составляют следующие положения, принятые большинством биологов [16]:

- элементарной единицей эволюции считается локальная популяция;
- необходимым процессом эволюции является мутационная и рекомбинационная изменчивость;
- естественный отбор рассматривается как главная причина развития адаптаций, видообразования и происхождения надвидовых таксонов;
- вид есть система популяций, репродуктивно изолированных от популяций других видов, и каждый вид экологически обособлен;
- видообразование предполагает возникновение генетических изолирующих механизмов и осуществляется преимущественно в условиях географической изоляции.

Таким образом, синтетическую теорию эволюции можно охарактеризовать как теорию органической эволюции путем естественного отбора признаков, детерминированных генетически.

Концепция симбиогенеза

Симбиозом (от греческого *symbiosis* – совместная жизнь) принято называть такое взаимодействие двух и более разных организмов, от которого все партнеры получают пользу, все что-то выигрывают [16]. Обычно симбиоз бывает мутуалистическим, т. е. сожительство обоих организмов (симбионтов) взаимовыгодно и возникает в процессе эволюции как одна из форм приспособления к условиям существования. Идею о том, что некоторые органоиды в составе клетки (в частности хлоропласты и митохондрии) могут быть симбиотическими организмами, высказал в начале XX в. хранитель Зоологического кабинета Казанского университета К.С. Мережковский. Примерно через полвека к аналогичному выводу пришла Лин Моргулис в США. Она полагает, что при симбиогенезе происходит органическое «слияние» разнородных организмов в некое новое, более сложное целое, обладающее новыми функциональными возможностями. Иначе говоря, утверждается, что сложные клетки (эукариоты) возникли из более простых (прокариот) путем симбиоза и объединения вещественного и генетического материала.

В качестве одного из признаков отличия прокариот (не имеющих клеточного ядра) от эукариот (содержащих ядра в клетке) является наличие у последних двухмембранных органелл (митохондрий и/или пластид). Эти органеллы, помимо двойной мембраны, имеют еще целый ряд характерных признаков, которые выделяют их среди остальных внутриклеточных образований [16].

Во-первых, у них есть все признаки элементарной клетки:

- полностью замкнутая мембрана;
- свой генетический материал – своя ДНК;
- свой аппарат синтеза белка (рибосомы и др.);
- размножаются делением (причем делятся иногда независимо от деления клетки).

Во-вторых, у них есть признаки сходства с бактериями:

- ДНК обычно кольцевая, не связана с гистонами;
- рибосомы прокариотические и мельче;
- рибосомы чувствительны к тем же антибиотикам, что и бактериальные.

Однако у хлоропластов и митохондрий нет клеточной стенки, характерной для предполагаемых предковых групп. Но ее нет или почти нет и у многих современных эндосимбионтов. Видимо, она теряется для облегчения обмена веществами между симбионтом и хозяином.

Многие белки митохондрий и хлоропластов кодируются ядерными генами, синтезируются на рибосомах цитоплазмы и только потом доставляются сквозь две мембраны в органеллу [16]. Как так могло получиться? Единственное объяснение в рамках симбиогенеза – часть генов органелл переместилась в процессе эволюции в ядро клетки.

Образование двойной мембраны митохондрий теория симбиогенеза объясняет результатом эндоцитоза; наружная мембрана фактически является бывшей мембраной пищеварительной вакуоли (см. рис. 122), и, таким образом, принадлежит хозяину, а не эндосимбионту. Хотя сейчас эта мембрана воспроизводится вместе с органоидом, по липидному составу она больше похожа на мембрану эндоплазматической сети клетки, чем на внутреннюю мембрану самого органоида. Не исключено, что и наличие клеточного ядра с его мембраной, отделяющей ядро от окружающей цитоплазмы, возникло как приспособительный барьер, отделяющий «свой» генетический материал от «чужих» генов симбионтов.

Теория симбиогенеза предсказывает гомологию (сходство) последовательностей ДНК органелл и бактерий. Это предсказание с появлением методов секвенирования геномов блестяще подтвердилось. Например, по нуклеотидным последовательностям 16S-рибосомальной РНК хлоропласты наиболее близки к цианобактериям, а митохондрии – к пурпурным бактериям. И те и другие рРНК резко отличаются от рРНК эукариотических рибосом цитоплазмы хозяев. Наконец, теория симбиогенеза предсказывает возможность множественного (неоднократного) приобретения симбионтов и вероятность нахождения нескольких разных свободноживущих бактерий, похожих на их предков.

И симбиоз, и интеграция клеток одного вида приводит к повышению сложности, переходу на новый интегративный уровень развития. При этом вырабатывается система связи между элементами предыдущего уровня, т. е. если ранее говорилось (см. рис. 136) о совокупности скооперированных бактерий, то сейчас уже речь идет о системе взаимодействующих клеток-прокариот.

Таким образом, концепция симбиогенеза определяет решающий шаг в эволюции живых организмов на уровне клеток. Но этим ее значение не ограничивается. Симбиоз может осуществляться как на уровне отдельных клеток (внутриклеточный симбиоз), так и на уровне многоклеточных организмов. В симбиотические отношения могут вступать растения с растениями, растения с животными, животные с животными, растения и животные с микроорганизмами, микроорганизмы с микроорганизмами. Развивая данную концепцию, Джеймс Лавлок утверждает, что симбиоз, понятый как самоорганизация на основе кооперации и взаимоадаптации, существует не только на уровне клеток, но и на уровне таких сложных систем как почва, флора и фауна, океан и атмосфера. Его гипотеза Геи (так в мифах древней Греции называли богиню Земли) подразумевает, что Земля представляет собой единый организм, построенный из огромного числа симбиотически взаимодействующих экосистем. Очевидна близость гипотезы Геи к концепции биосферы, развитой в свое время В.И. Вернадским.

Широко распространён симбиоз животных (и человека) с микроорганизмами, например образующими нормальную кишечную флору. Микробы заселяют кишечник хозяина с первых часов жизни, попадая туда главным образом с пищей. В период младенчества люди обладают высоким содержанием бифидобактерий. У здорового ребенка первого года жизни 90–98 % всего микробиоценоза толстого кишечника составляет бифидофлора.

Бифидобактерии – это микроорганизмы, которые заселяют нижние отделы кишечника и выполняют следующие функции [16]:

- 1) продуцируют натуральный антибиотик, который не позволяет размножаться патогенным (болезнетворным) штаммам *E.coli* (постоянным обитателям толстого кишечника человека);
- 2) помогают снизить *pH* толстого кишечника;
- 3) действуют как антагонист (противодействующий агент) всем потенциально патогенным организмам в кишечнике;
- 4) продуцируют ацетиловую кислоту, которая активно противодействует грам-болезнетворным бактериям.

Благодаря концепции симбиогенеза, на рубеже XXI в. в естествознании сформировалось представление о микрофлоре организма

человека как о еще одном «органе», покрывающем в виде чулка кишечную стенку, другие слизистые оболочки и кожу человека. Оставаясь незаметным, этот «орган» весит в целом около двух килограммов и насчитывает порядка 10^{14} клеток микроорганизмов. Этот факт наглядно свидетельствует о тесной связи организма человека с миром невидимых микросуществ.

8.3. Компоненты биосферы

Можно выделить три оболочки Земли: атмосферу, гидросферу и литосферу. Они определяют три сферы жизни, три среды обитания разнообразных организмов. Живые организмы приспособились к оболочкам Земли, но они их значительно изменили.

Достаточно сравнить составы первичной и современной атмосфер Земли (табл. 14).

Таблица 14

Сравнительный состав атмосфер планет земной группы

Газовый состав	Планета			
	Земля	Марс	Венера	Первобытная Земля
углекислый газ	0,03	95	98	98
азот	79	2,7	1,9	1,9
кислород	23	0,13	следы	следы

В первобытной атмосфере Земли (как и других планет земной группы до сих пор) кислород почти отсутствовал, теперь же его относительное содержание достигает 23 %. Весь имеющийся в настоящее время атмосферный кислород появился в результате жизнедеятельности растений. Они же поглотили громадное количество углекислого газа. Почва обязана своим происхождением живым организмам, ряд месторождений полезных ископаемых (меловые отложения, уголь, нефть и другие) появились при участии растений, бактерий и простейших организмов. Коралловые рифы в океане созданы морскими губками и кораллами. Поэтому современная геобиосфера – это и среда жизни, и результат жизнедеятельности. Появление Жизни начинает менять эволюцию планеты. Процитируем В.И. Вернадского:

...Нередко отделяют всю живую материю, составляющие ее организмы от окружающей среды. Забывают, что с мертвой материей организм связан неразрывно. Можно отделить его только мысленно. Отделив мысленно организмы от окружающей среды и не принимая ее во внимание, мы изучаем организмы в совершенно абстрактной, не

отвечающей действительности обстановке. При таком отделении мы изучаем не природный организм, а абстракцию, часть организма, мысленно поставленную в невозможное в природе положение.

Забывается принцип неразрывной связи живого и мертвого – та неразрывная, ни на секунду не прекращающаяся связь, которая существует между организмом и внешней средой, в которой живет организм, – жизненный вихрь материи, на который указывал Кювье, тот вихрь, который проносит химические элементы среды через организм – одни из них оставляет, другие возвращает во внешнюю среду. Организм составляет неразрывную часть земной коры, есть ее порождение, часть ее химического механизма, через который проходят во время жизненного процесса химические элементы.

Специфической особенностью биосферы является биогенный, то есть связанный с жизнедеятельностью живых организмов, круговорот веществ, в котором они (организмы) связаны в трофические сети (цепи потребления пищи). Здесь каждый вид использует определенные источники питания и вместе с тем сам служит пищевым объектом. Источники питания, количество, свойства и доступность пищи в значительной мере лимитируют распределение и численность любой популяции и во многом определяют её эволюционную судьбу.

По оценкам ряда ученых, ежегодно в биосфере образуется примерно 230 млрд т органического вещества. В большинстве случаев в каждом следующем звене трофической цепи биомасса организмов уменьшается на один порядок величины (правило 10 %). Пока организм живет, он поддерживает гомеостаз «вопреки» законам неорганического мира. Погасла жизнь организма (от примитивной амебы до млекопитающего) – и начинаются неотвратимые физико-химические процессы распада. Чтобы быть устойчивым явлением планетарного масштаба, Жизнь объективно требует разнообразия видов организмов, разнообразия форм и уровней живой природы.

В чем биологическая роль разнообразия?

Представим себе, что вся жизнь представлена единственным видом, нашедшим себе подходящий источник полезных для его жизни и поддерживающих её каких-то веществ. Поскольку ресурсы планеты физически ограничены, рано или поздно этот вид извлечет, исчерпает свой источник питания, а в окружающую среду выделит горы отходов жизнедеятельности. На чем всё и закончится. Поэтому равновесие между синтезом и распадом живого вещества является необходимым условием устойчивой жизни биосферы Земли.

Три экологических категории организмов должны быть представлены в устойчивой жизни биосферы (см. рис. 139).



Рис. 139. Три компонента биосферы

Продуценты, как правило, *аутотрофы*, то есть сами себя обеспечивают пищей. Это в первую очередь водоросли и растения, они используют внешние источники энергии (солнечную, геотермальную) и минеральных веществ для построения своих организмов. Процессы жизни продуцентов идут с накоплением рассеянно-

го вещества и концентрацией превращенной энергии Солнца или тепла Земли в химическую энергию биомассы.

Консументы – потребители, они используют по большей части уже произведенную органику, т. е. растения, насекомых, животных. В своих клетках они преобразуют старые и создают новые органические вещества (белки, липиды, ферменты и другие), а в окружающую среду выделяют шлаки.

Редуценты необходимы для обратного процесса деполимеризации белков и других сложных по структуре и составу органических соединений в более простые формы, которые могут быть использованы продуцентами наряду с неорганическими материалами.

Несколько отвлекаясь, можно сказать, что приведенная триада продуценты – консументы – редуценты фактически соответствует триадам богов созидания – существования – разрушения.

Иногда экологи говорят, что в живой природе утилизируется всё, что экологические системы безотходны. Это явное преувеличение, при «стопроцентной» утилизации не сформировались бы почвы, не отлагались бы трофы. Мелы, известняки, мраморы, сланцы, уголь и нефть – это вещества, вышедшие из циклов обмена за предыдущие эпохи существования биосферы. По-видимому, главное не в том, чтобы не было вообще отходов, а в том, чтобы они были в такой форме введены в природу, в которой они оказывают наименьшее негативное действие на составляющие биосферы. Реальными зонами, в которых происходит биогенный круговорот веществ, являются биоценозы или экосистемы.

В экологии значение термина *популяция*, первоначально означавшего группу людей, расширено и обозначает группы особей любого вида организмов. Биотическое сообщество в экологическом смысле включает все популяции, занимающие данный участок. Сообщество и неживая среда функционируют совместно, образуя экологическую систему (*экосистему*). Другой удобный и широко используемый термин –

биом – обозначает крупную региональную или субконтинентальную биосистему, характеризующуюся каким-либо основным типом растительности или другой характерной особенностью ландшафта, например биом лиственных лесов умеренного пояса.

Самая крупная и наиболее близкая к идеалу в смысле «самообеспечения» биологическая система, которую мы знаем, – это биосфера или экосфера; она включает все живые организмы Земли. Они находятся во взаимодействии с физической средой Земли как единое целое, чтобы поддерживать эту систему в состоянии устойчивого равновесия, получая поток энергии от Солнца, ее источника, и переизлучая эту энергию в космическое пространство. Под устойчивым равновесием понимают способность саморегулируемой системы возвращаться в исходное состояние, по крайней мере, после небольшого отклонения.

Биоценозом называют совокупность (набор) разных видов организмов, которые сосуществуют в данных географических и климатических условиях. *Вид* – это группа организмов, связанных достаточно близким родством, позволяющим половое скрещивание. Каждый вид относят к тому или иному *роду*, который может также содержать и другие виды, сходные с данным по каким-либо признакам. Роды объединяют в *семейства*, семейства в *отряды* и далее идут уровни *класса*, *типа*, *царства*. Разнообразию географических условий Земли соответствуют различные биоценозы, с различными или похожими видовыми составами организмов (рис. 140).

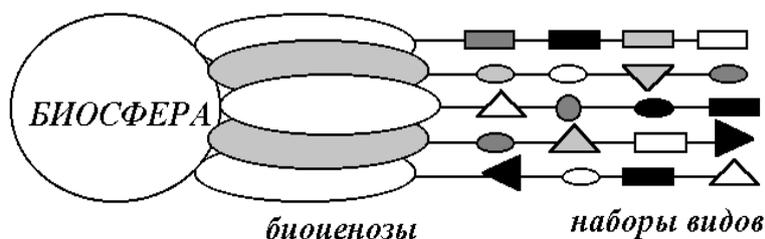


Рис. 140. Структурные составляющие биосферы

В каждом из биоценозов существуют вариации видов в пределах биологических родов, в процессах конкуренции за пищевые ресурсы это обеспечивает как внутривидовой естественный отбор, так и межвидовой. Одновременно это обеспечивает устойчивость биоценоза: если что-то случится с одним из видов и он исчезнет, его место займет близкородственный.

Множество биоценозов – тоже гарантия устойчивости на уровне всей биосферы. Геологические или климатические катастрофические изменения могут вывести из строя один или несколько из миллионов

биоценозов, но биофонд будет сохранен в других, это поддержит круговорот органических веществ и поможет восстановить со временем равновесие. Вообще, в последние годы все большее число естественников приходит к признанию *принципа минимально необходимого разнообразия* в каждой из экосистем (на уровне биоценозов и на уровне всей биосферы). Если число видов в биоценозе становится меньше минимально необходимого, то природное равновесие нарушится с далеко идущими последствиями.

Каждая экосистема представляет из себя весьма сложную по взаимосвязям организмов систему. Оценка сложности по количеству информации, необходимой для её описания, дает примерно следующие цифры: для простейшего вида и его среды обитания требуется 10^{60} бит информации, сложность человеческого организма оценивается как 10^{1000} бит информации! Считать, что мы уже разобрались с вопросом о «вредных» и «полезных» организмах в биоценозах, которые нас окружают в природе, нет достаточных оснований. По-видимому, нет абсолютно вредных, как и абсолютно полезных животных, птиц, насекомых и бактерий. Все определяется количественной соразмерностью составляющих элементов, т. е. оптимальностью экосистемы, которая поддерживается в биосфере естественным путем. Замена биосферы подобной искусственной средой, управляемой техническими средствами, представляется утопией: просто слишком велик тот объем информации, который потребуется перерабатывать одновременно.

Важно ещё отметить вот что: любая система развивается за счет окружающей её среды. Выше отмечалось, что в основе биосферы находятся продуценты – растения. Они используют энергию, источником которой является Солнце. Генофонд растений является бесценным достоянием не отдельной республики или союза государств, а всего настоящего и будущего человечества. Поэтому сохранение эндемиков растительного мира – не прихоть ботаников, это забота о сохранении генофонда биоценозов и биосферы в целом.

8.4. Адаптация популяций в биоценозах

Популяцией называют совокупность особей одного вида, занимающих вполне определенную территорию. Взаимоотношения видов в биоценозах осуществляются на уровне популяций, то есть с большим количеством участников. В результате многолетней совместной эволюции продуценты–консументы–редуценты «притерлись» друг к другу.

Адаптация на молекулярном уровне

Парадоксально, но факт: любой вид приспособливается как к определенному источнику питания, так и к тому, чтобы самому быть съеденным. Первая часть утверждения очевидна, вторая же может показаться невероятной. Приспособливаться к тому, чтобы обладать трофичностью, способностью быть ассимилированным многими другими организмами? Зачем!?



Рис. 141. Аллегория смерти

Здесь мы касаемся биологической роли смерти (рис. 141). Короткоживущие организмы быстрее эволюционируют, за одно и то же время у них происходит смена бóльшего числа поколений, чем у долголетних видов. Поэтому роль смерти – это роль косца на лугу, не зря её изображают с косой; она освобождает место под Солнцем для новых вариантов жизни, появляющихся с новыми поколениями.

Если смерть в природе необходима, так она должна сопровождаться наибольшей пользой для всех составляющих.

Чтобы не быть голословными, приведем один «пищеварительный» эффект, обнаруженный более 20 лет назад [15]. Речь идет о переваривании жертвы-животного его же клеточными ферментами, о самопереваривании, индуцированном влиянием желудочных соков животного-хищника.

Как удав переваривает так эффективно целиком заглоченного кролика, ведь поверхность контакта жертвы с ферментами желудка змеи сравнительно мала? Оказывается, главная роль в данном случае принадлежит клеточным лизосомам самого кролика. Индуцирующее воздействие создает соляная кислота желудка удава. Она проникает в клетки и разрушает оболочку лизосом, выпуская на свободу в цитоплазму ферменты – гидролазы (энзимы), разрушающие белковые структуры клетки. Фактически жертва переваривается своими собственными ферментами и затем усваивается организмом хищника. В клетках не только животных, но и растений содержатся вещества, опасные для их жизни! Такова приспособленность к трофической цепи на молекулярном уровне.

Адаптация «хищник – жертва»

На организменном уровне так же проявляются определенные закономерности. Образно говоря, жертва не должна убежать всегда

слишком быстро от хищника, а он не должен слишком легко добывать жертву. В этом случае возможна определенная средняя стабильность численности популяции за счет того, что хищники будут питаться преимущественно больными, дефектными и постаревшими особями популяции. Завышенное совершенствование жертвы может привести к вымиранию хищников и к ухудшению качества популяции из-за отсутствия контроля со стороны хищника. С другой стороны, совершенствование хищника не должно приводить к полному исчезновению популяции жертвы, иначе популяция хищников сама себя обречет на вымирание. Обычно уровень плодовитости (воспроизводства) видов-жертв эволюционно подстраивается так, чтобы «учитывался» фактор гибели части популяции от хищников. В итоге адаптационных взаимоотношений устанавливается некоторый цикл количественных изменений как жертв, так и хищников.

С математической точки зрения описание системы «хищник – жертва» аналогично описанию химических реакций с участием двух реагентов. В 1931 г. В. Вольтерра рассмотрел следующую модель популяций волков и зайцев. Пусть в замкнутом районе (биоценозе) живут зайцы и волки. Зайцы питаются растениями и их кормовая база всегда достаточная. Кормовой базой волков являются исключительно зайцы, без них волки вымирают. Зайцы воспроизводятся со скоростью, пропорциональной их числу (или половине их числа, что роли не играет); убыль численности зайцев пропорциональна произведению их численности на численность врагов-волков.

Рост количества волков определяется убылью зайцев и тоже пропорционален произведению численностей двух популяций, а убыль пропорциональна общей численности популяции волков: чем она выше, тем хуже для отдельного волка (ему меньше достанется или при встрече конкурентов одному из них будет нанесен урон: по определению волки друг друга не едят!). При таких граничных условиях получается следующая система дифференциальных уравнений:

$$\begin{aligned} dx/dt &= x(C_x - \gamma y), \\ dy/dt &= y(\gamma x - C_y), \end{aligned} \tag{64}$$

где x и y – количество зайцев и волков, соответственно;

C_x – константа рождаемости зайцев;

C_y – константа смертности волков;

γ – константа взаимодействия (встреч) волков и зайцев.

Точного аналитического решения система (64) не имеет, разработаны методы качественного математического анализа уравнений Вольтерра. Прежде всего, можно найти стационарные значения численности

популяций, когда производные в левых частях уравнений отсутствуют (равны нулю):

$$x^* = C_y / \gamma; \quad y^* = C_x / \gamma.$$

Так как все параметры положительны, особая точка стационарного состояния лежит в правом квадранте фазовой плоскости популяций, то есть плоскости с осями координат: x – численность популяции зайцев, y – численность популяции волков.

Численность как волков, так и зайцев будет периодически изменяться. Фазовые портреты для гармонических колебаний представляют собой концентрические окружности или концентрические эллипсы, если же колебания каких-либо величин негармонические, то и форма фазового портрета будет более сложной и менее симметричной (рис. 142).

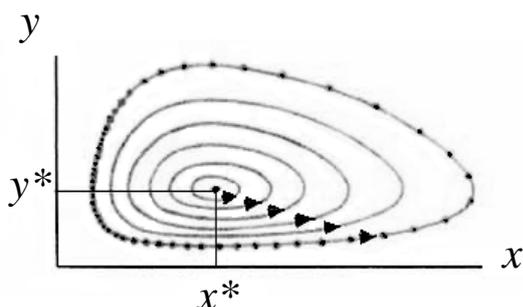


Рис. 142. Фазовый портрет динамики популяций волков и зайцев

В данном случае фазовые траектории колебательных изменений численности популяций оказываются

более или менее симметричными в окрестностях особой точки, а вдали от неё фазовые траектории остаются замкнутыми, но форма их отличается от эллипсоидальной.

Это значит, что графики изменения во времени численности популяций будут заметно отличаться от привычных синусоид, хотя и оставаться периодическими (рис. 143).

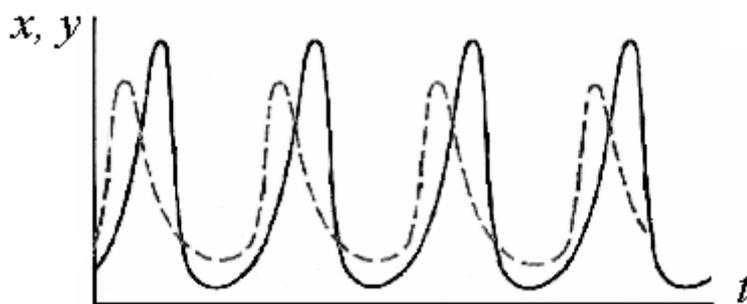


Рис. 143. Периодические изменения численности популяций

Обе кривые имеют примерно одинаковый период изменения, и, что характерно, максимум численности жертв (сплошная кривая на рис. 143) всегда опережает максимум численности хищников. Это понятно и качественно: когда жертв много, численность хищников

начинает расти с высокой производной, то есть с высокой крутизной кривой численности хищников. Конечно, реальные статистические данные по заготовке шкурок зайца и рыси в Канаде, например, показывают наличие случайных отклонений, но в целом приведенная модель взаимоотношений в популяциях подтверждается достаточно достоверно.

В условиях кризисов начинают действовать такие механизмы адаптации к изменившимся внезапно условиям, которые в спокойных условиях не проявляются, скрыты.

Адаптация к условиям кризисов

Для любой популяции периоды затяжных минимумов численности, равно как и периоды перенаселения, являются кризисными. Если популяция на грани уничтожения, то включаются клеточные механизмы выработки повышенного количества половых гормонов, резко возрастает плодовитость самок, выше обычного для данного вида. Это направлено на скорейшее восстановление популяции.

Наоборот, в условиях перепроизводства и тесноты на освоенной территории возникает ситуация стресса. В таких экстремальных условиях, как правило, возрастает агрессивность и увеличивается гибель от особей своего вида: от ран например, полученных при конфликтах. Во-вторых, в условиях кризиса резко снижается коэффициент воспроизводства вида, так как уменьшается плодовитость самок и потомство появляется с отклонениями от нормы. В опытах на животных (лабораторные мыши) установлено, что в условиях стресса замедляется половое созревание и многие особи сохраняют тип поведения, характерный для детского периода, т. е. они не устраивают гнезда, у них не наступает брачный период и т. д. Обычно в условиях кризиса перенаселения снижается устойчивость к болезням, иногда возникают случаи массовой миграции, самый яркий пример тому – миграция северных полевых мышей (леммингов). Биологическая цель таких механизмов состоит в том, чтобы освободить место для следующего поколения за счет повышенной смертности старшего поколения и меньшего вызревания младшего.

Биологическая роль «притертости» взаимоотношений «жертва – хищник» состоит в недопущении или смягчении кризисных ситуаций.

В опытах было также показано, что не всякий кризис преодолим для популяции. Когда численность популяции превосходит некоторый предел (уровень необратимости), то в конечном счете популяция от максимума приходит к полному вымиранию, и причиной являются устойчиво нарушенные взаимоотношения между особями в популяции.

Хотя эти данные получены для популяции мышей (кстати, тоже млекопитающих), то невольно сравниваешь ситуации и конечные результаты с историей человеческого общества и параллели иногда вырисовываются.

8.5. Ресурсы и численность населения Земли

Как биологический вид, человек является активной частью биосферы, приспособливая ее к своим потребностям. По мере выделения человека из остальной природы и создания им искусственной среды обитания, численность его популяций неуклонно возрастала. В 1650 г., году условного начала промышленной революции, на Земле, по оценкам, было примерно 500 млн человек. Более достоверные статистические данные о населении Земли можно найти примерно с 1800 г., когда численность населения можно оценить в 1 млрд человек. Данные, приведенные в табл. 15, показывают, что за последние почти два столетия население земного шара возрастало с ускорением: увеличение от одного миллиарда человек до двух миллиардов произошло за 104 года, прирост следующего миллиарда жителей Земли произошел за 36 лет, последующего – за 16 лет, от 4 до 5 млрд человек народонаселение всех стран увеличилось за 9 лет.

Таблица 15

Рост населения Земли

Годы	1880	1924	1960	1976	1985	2000
Население, млрд чел.	1	2	3	4	5	6

Современный период – это продолжающийся рост населения земного шара в основном за счет развивающихся стран Африки, Юго-Восточной Азии и Латинской Америки. Однако динамика прироста (производная от функции роста) показывает, что пик ее величины уже пройден (см. рис. 144). Поэтому рост от 5 до 6 млрд человек был достигнут за 15 лет.

Как долго будет продолжаться рост населения Земли в будущем? По демографической модели, предложенной С.П. Капицей [20], в течение ближайших десятилетий рост населения Земли еще будет продолжаться с достигнутой к настоящему времени скоростью, так что к 2050 г. население Земли возрастет до 9 млрд человек, еще через сто лет можно ожидать стабилизации общей численности на уровне 10–11 млрд человек.

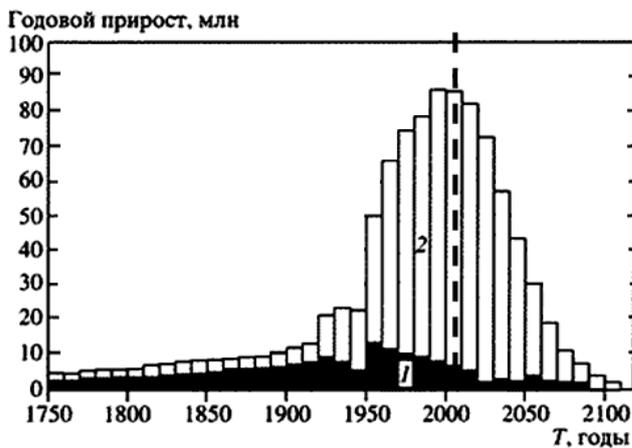


Рис. 144. Динамика годового прироста населения Земли:
1 – развитые страны,
2 – развивающиеся страны

При этом ограничению роста населения развивающихся стран способствует такой «внутренний» фактор, как необходимость увеличения периода обучения подрастающего поколения, овладения им суммой накопленных знаний. Как считает С.П. Капица, этот фактор в будущем будет иметь большее значение, чем ограниченность ресурсов Земли («внешний» фактор).

В принципе, возможны и другие варианты демографической ситуации. Напри-

мер, рост населения Земли будет продолжен, но с меньшей скоростью, за пределами 2150 г. возможно постепенное уменьшение общей численности, и явно нежелательный вариант – резкое падение численности человечества в результате всепланетной катастрофы.

Если исключить вариант катастрофического развития событий (ядерной мировой войны, приводящей к невозможным изменениям климата Земли – ядерной зиме, столкновение с астероидом и т. п.), то вероятность оставшихся вариантов непосредственно связана с экономическим развитием как отдельных стран, так и человечества в целом.

В ранние периоды формирования человеческого общества рождаемость составляла, по оценкам демографов, примерно 5 %. Глобальный уровень населения колебался, но поддерживался примерно постоянным, это значит, что и смертность была на уровне 5 %. В таких условиях средняя продолжительность жизни отдельной особи в популяции немногим превосходит 20 лет.

В настоящее время наибольшая продолжительность жизни достигнута в Японии: 75,9 лет для мужчин и 81,6 года для женщин. Несколько меньше значения для развитых стран Европы и США. Данные для России выглядят на этом фоне удручающими: согласно переписи 2002 г. средняя продолжительность жизни мужчин составляла 57,6 лет, женщин – 71,2 года. В начале 2008 г. численность населения России составляла 142 млн человек, так что она оказывается на седьмом месте после Китая, Индии, США (286 млн), Индонезии, Бразилии и Пакистана (146 млн).

Прогнозы демографической комиссии ООН по дальнейшей динамике численности населения России показаны на рис. 145.

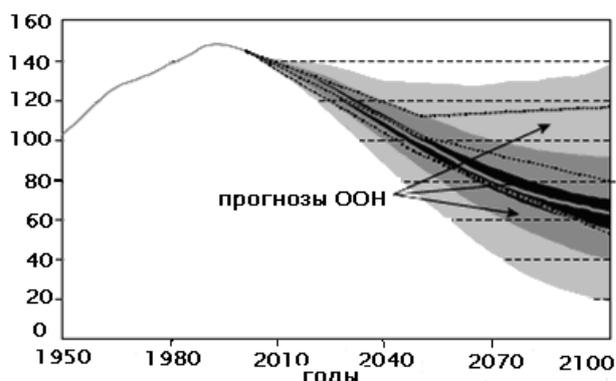


Рис. 145. Прогноз численности населения России в XXI веке

По оптимистичному варианту к концу XXI века численность населения России сократится до 116 млн человек, по пессимистичному – до 53 млн человек, по среднему варианту ожидается снижение до 80 млн человек. При этом средняя продолжительность жизни мужчин практически останется на достигнутом к настоящему времени уровне – 58–59 лет.

Хотя человек, как существо социальное, во многом вышел из-под контроля естественного отбора, он не может отменить наиболее общие физические законы природы, главным из которых является закон сохранения энергии. Очевидно, что без затрат энергии невозможно производство материальных благ, высокое качество жизни и его поддержание для части населения пожилого возраста. Между уровнем жизни и уровнем производства энергии в стране существует корреляционная связь (производство и потребление энергии и энергоносителей могут различаться из-за их экспорта или импорта, но это не принципиально).

Действительно, в статистических отчетах ООН за разные периоды можно найти соответствующие графики зависимости валового национального дохода на душу населения, в зависимости от потребления энергии, тоже на душу населения данной страны. Как принято, потребление энергии выражается в тоннах условного топлива (т у.т.) с фиксированной теплотой сгорания, доход – в тысячах долларов США.

В конце прошлого века корреляционная связь (при усреднении по всем странам) выражалась следующим образом: валовой душевой доход в размере 4000 \$ требовал затрат 10 т у.т. на душу населения. В США тогда производилось около 13 т у.т./чел.

Конечно, есть объективные различия в климатических и других географических условиях для стран мира, но определяющим фактором все же является производство и потребление энергии. По уровню потребления электроэнергии США опережают громадное большинство стран не менее чем в 2 раза, отсюда понятен и высокий уровень жизни в этой стране.

Тем не менее, в США предпринимают меры по снижению энергопотребления, поскольку на том уровне его, который был достигнут в 80-х гг. прошлого века, прогноз требовал огромного роста импорта энергоносителей (рис. 145).

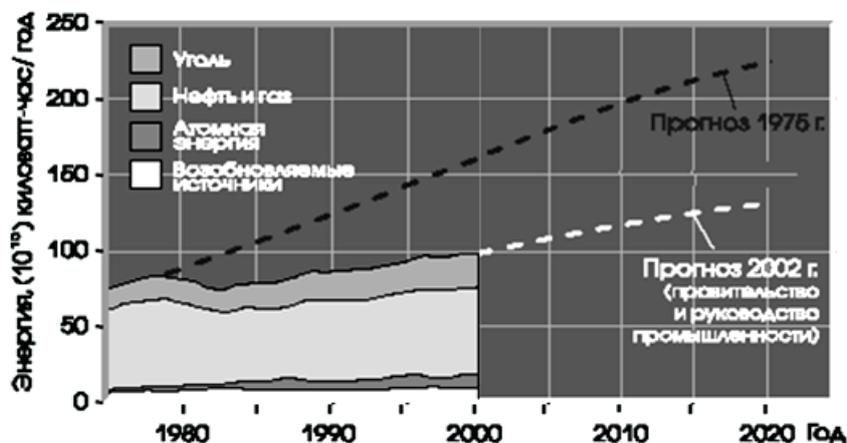


Рис. 146. Динамика потребления энергии в США

Эти меры позволили реально уменьшить энергопотребление за счет энергосбережения в промышленности и в социальной сфере без снижения качества жизни. Поэтому прогноз 2002 г. по энергопотреблению в США заметно отличается от того, который был прежде (нижняя кривая на рис. 146).

Расчеты экономистов показывают, что в условиях роста населения страны для создания материальных благ на одного нового человека требуется работа 4–6 человек в течение года (необходимо обеспечить ему посевные площади, жильё, транспорт и т. д.). Поэтому прирост населения на 1 % в год поглощает около 4 % национального дохода. Какие выводы отсюда следуют?

Пусть все время сохраняется прирост валового дохода в 4 %. Если население стабилизировалось по численности, то можно инвестировать в хозяйство 1 % и на 3 % повышать уровень (качество) жизни. Но если есть прирост населения в 1 %, то весь доход идет на него (без инвестиций на будущее и без роста качества жизни).

Рост численности населения стран объективно требует темпа прироста годовых национальных доходов не меньше 4 % в год, а это требует роста энергопотребления. Очевидна неизбежность ограничения населения Земли вследствие конечной величины её ресурсов, как пищевых, так и энергетических. Наиболее предпочтительным выглядит вариант стабилизации народонаселения на некотором уровне. Насколько большим современного? Проблема требует анализа доступных ресурсов и учета научно-технического прогресса.

Человечество является единым биологическим видом, что не исключает внутривидового разнообразия. Антропологи выделяют от трех до десяти различных рас, между которыми возможно смешивание (метисация). Около 20 % населения земного шара являются метисами (рис. 147).

Сколько человек могут жить на Земле? Поскольку все основано на деятельности продуцентов, сделаем грубый расчет: оценим среднюю энергетическую ценность всех 230 млрд т ежегодно производимой растительной биомассы, разделим на 365 дней и на 2500 ккал/сут (уровень питания, необходимый для поддержания жизни человеческого организ-



Рис. 147. Представители различных рас населения Земли

ма по минимуму). Тогда получим число, равное примерно 75 млрд человек. Расчет не учитывает конкурентов человеку в питании растениями – насекомых, животных, птиц, и рассчитан на чисто вегетарианское питание.

Во всяком случае десятки миллиардов человек могли бы существовать на нашей планете на уровне прозябания. Вопрос в том, следует ли к этому стремиться или нас прельщает уровень «всеобщего благоденствия»? Тогда рост населения должен закончиться гораздо раньше.

Иногда выражаются оптимистические надежды на научно-технический прогресс, который якобы может «обогатить» сельскохозяйственные угодья, повысить урожайность растений, создать оазисы в пустынях и т. д. Расчеты специалистов, проведенные в 1990 г., показали, что в лучшем случае объем пищевых ресурсов Земли можно удвоить, но не более того. Все определяется количеством солнечной энергии, попадающей на земную поверхность.

Помимо пищевых ресурсов, развитие человечества определяется также ресурсами энергетическими и общим КПД используемых технологий (насколько они энергосберегающие). Различают возобновляемые ежегодно ресурсы энергии и невозобновляемые, их количественная оценка приведена в табл. 16.

Сравнение данных показывает, что среди возобновляемых ресурсов самым большим является солнечная энергия.

Мировые запасы энергии

А. Возобновляемые ресурсы:	кВт·ч за год
Гидроэнергия	$1,8 \cdot 10^{13}$
Ветровая энергия	$1,7 \cdot 10^{13}$
Энергия приливов	$7 \cdot 10^{10}$
Солнечная (на поверхности Земли)	$5,8 \cdot 10^{11}$
Б. Невозобновляемые ресурсы:	кВт·ч
Внутреннее тепло Земли	$1,3 \cdot 10^{14}$
Органическое топливо	$5,5 \cdot 10^{10}$
Ядерное горючее	$5,5 \cdot 10^{11}$
Термоядерное горючее	приблизительно 10^{20}

На верхней границе атмосферы солнечная постоянная равна 1358 Вт/м^2 , по мере прохождения к поверхности Земли поглощение молекулами углекислого газа, озоном и парами воды снижает плотность солнечной энергии примерно до 1000 Вт/м^2 .

При этом две трети энергии поглощается океаном, лишь одна треть континентами. Тем не менее, всего 0,1 % солнечной энергии на поверхности Земли достаточно для синтеза более 200 млрд т растительной биомассы, это уровень естественной утилизации энергии Солнца нашей планетой. Если уровень поступающей от него энергии снизится на 5 %, начнется новый ледниковый период.

Лет 10–15 назад казалось, что нетрадиционные источники энергии, экологически чистые (ветровая и солнечная энергия), могут внести заметный вклад в энергетику стран, их развивающих. Были построены ветроэлектростанции для местных нужд и довольно скоро выявились их недостатки: помимо высокой стоимости (за счет буферных накопителей энергии для смягчения эффектов неравномерной скорости вращения), они создают сильный низкочастотный гул, днем и ночью раздражающий население в округе. В настоящее время промышленного применения ветровая энергия (за редкими исключениями) практически не имеет.

Солнечной энергии «повезло» больше, построено более десятка тепловых гелиоэлектростанций башенного типа (где нагреватель освещается «зайчиками» сотен зеркал, отслеживающих движение Солнца). Во Франции действует «чистая» солнечная печь для беспримесной плавки металлов и других экспериментов. Однако основной прогресс был достигнут в прямом преобразовании световой энергии в электриче-

скую с помощью полупроводниковых фотобатарей. Коэффициент полезного действия коммерческих батарей в настоящее время находится на уровне 9–10 %, считают возможным его повышение до 15 % в ближайшие годы.

Фотоэлектрические источники энергии не имеют движущихся частей и не требуют постоянного внимания обслуживающего персонала, они нашли применение не только на космических аппаратах, но и для питания маяков, автоматических метеостанций, ретрансляторов связи, приема радио и телепередач в глубинных районах развивающихся стран. Однако считать ФЭС совершенно бесплатным и совершенно чистым источником энергии было бы неверным.

Во-первых, приходится занимать определенную территорию, порядка 1 км² на 10 МВт мощности. Хорошо поглощая солнечную энергию, ФЭС меняют тепловой баланс поверхности Земли, что может повлиять на климат. При распространении ФЭС придется устанавливать между фотобатареями зеркальные экраны для сохранения среднего альбедо территории и площадь ФЭС еще больше возрастет. При изготовлении полупроводниковых материалов приходится работать с токсичными веществами (особенно при получении арсенида галлия), и отходы производства отнюдь не безобидны, как и в большинстве химических производств. Недостатком ФЭС является и неравномерность вырабатываемой энергии в течение суток, поэтому их рассматривают в качестве резервных.

Поскольку невозполнимые ресурсы ограничены, ведутся работы по созданию термоядерных реакторов, где будут осуществляться реакции синтеза более массивных изотопов из легких, в частности реакции «горения» дейтерия и трития. При успешном развитии уже начатых работ по созданию демонстрационного реактора, т. е. показывающего принципиальную возможность таких устройств, в XXI в. можно ожидать прорыва на более высокую «звездную технологию» производства энергии на Земле.

Однако не следует думать, что это будет эра дешевой энергии, изотопы дейтерия надо предварительно выделить из воды океанов, где они рассеяны, а это большая техническая проблема. Да и вырабатывать на Земле можно только определенное годовое количество энергии, в противном случае изменится весь климат планеты.

Вся растительность Земли потребляет около 0,1 % солнечной энергии, примерно такой же уровень технического выделения энергии будет допустимым. С меньшей уверенностью следует оценивать как допустимый уровень в 1 % от солнечной ежегодно поступающей энергии.

Опасным, по-видимому, будет уровень 2 %, это ставит предел экстенсивному производству энергии на Земле.

Задания для самостоятельной работы

1. Приведите в рабочей тетради пример, показывающий, что человек вышел из-под контроля естественной среды обитания.
2. Рассмотрите один из примеров трофической цепи, в которой были бы представлены группы организмов, указанные на рис. 139.
3. Перечислите характерные черты эволюционного процесса. Можно ли говорить о наличии некой цели у эволюции в свете антропного принципа?
4. Может ли человек регулировать численность своей популяции на земном шаре? Известны ли Вам примеры такой регуляции на примере отдельных стран?
5. Приведите доводы «за» и «против» межнациональных браков.