

Рецензенты:

д. ф. н., проф. *А.Д. Урсул*,
д.г.-м.н., проф. *О.Д. Смиливец*

Г12

Габдуллин Р.Р., Ильин И.В., Иванов А.В.

Введение в палеоглобалистику. — М.: Издательство Московского университета, 2011. — 352 с.

ISBN 978-5-211-06200-9

Познание общих закономерностей совместной истории Земли, жизни, человечества и применение этих знаний для объяснения современных глобальных процессов и решения стоящих сегодня перед человеческой цивилизацией глобальных проблем является целью нового междисциплинарного направления — палеоглобалистики. В книге кратко представлены основные сведения о происхождении Земли, о появлении и развитии жизни и глобальных систем. Приводятся данные о биосфере и социосфере, экологии и палеоэкологии, о взаимодействии геоса, биоса и нооса.

Книга предназначена для студентов высших учебных заведений (может быть использована при освоении курсов «Введение в глобалистику», «Глобальные природные процессы», «Концепции современного естествознания», «Геоэкология» и других дисциплин), а также всех интересующихся проблемами глобального развития Земли, жизни и человечества.

УДК 56
ББК 28.1

ISBN 978-5-211-06200-9

© Р.Р.Габдуллин, И.В.Ильин, А.В.Иванов, 2011
© Издательство Московского университета, 2011

Сегодня изучение глобальных проблем, моделирование и поиск приемлемых сценариев их решения входит в особо активную фазу, о чем говорит бурное развитие молодого междисциплинарного научного направления — глобалистики. Глобалистические идеи проникают в разнообразные научные дисциплины и, интерферируя с ними, порождают оригинальные исследовательские задачи и тематики.

Изучение глобальных проблем и поиск путей их решения невозможны без детального исследования исторической причинности, так как глобальные процессы развиваются во времени и пространстве. Современные глобальные процессы уходят своими корнями в прошлое не только человечества, но и нашей планеты, история которой насчитывает около пяти миллиардов лет. За это время кардинально менялся географический облик планеты, эволюционировали экосистемы, происходили системные кризисы. Познание общих закономерностей совместной истории Земли, жизни, человечества, а также применение этих знаний для объяснения происходящих ныне глобальных процессов и решения стоящих сегодня перед человеческой цивилизацией глобальных проблем является целью нового междисциплинарного направления, предложенного в 2009 г. И.В. Ильиным и А.Д. Урсулом, — палеоглобалистики.

Ее основные задачи:

1. Выявление и изучение закономерностей функционирования и развития глобальных систем и процессов в разных масштабах времени и пространства (включая геологический масштаб).
2. Изучение истории взаимодействия и совместного развития оболочек планеты (геосфер) как наиболее крупных глобальных систем.
3. Анализ палеоглобалистических воззрений с позиций глобального эволюционизма.

Таким образом, палеоглобалистика способна в перспективе отвечать на вопросы: почему глобальная система в процессе эволюции стала именно такой; как возникла глобальная проблема, как она назревала; как кризисные события прошлого способны изменять глобальные системы и процессы?

Предметным полем палеоглобалистики является вся планета как совокупность взаимосвязанных глобальных систем (прежде всего оболочек планеты — геосфер), коэволюционирующих в геологическом времени и пространстве.

Методологически палеоглобалистика как междисциплинарное направление задействует общие методы и принципы (актуалистический, исторический, системности и т.п.), а также методы смежных наук прежде всего историко-эволюционного характера: исторической геологии, эволюционной географии и палеогеографии, исторической геоэкологии, археологии, экологической истории и других.

Структурно палеоглобалистику можно представить как науку, объединяющую такие направления, как геодинамика, палеонтология, историческая геология, геоэкология, палеоантропология и другие.

Сегодня очерчивается задача создания общей концепции строения, функционирования и эволюции глобальных систем. Развитие палеоглобалистических исследований может сыграть, на наш взгляд, ключевую роль в построении синтетической теории глобалистики.

Авторы предлагаемой книги обратились к теме палеоглобалистики не случайно и приблизились к ней как бы с двух сторон одновременно. Во-первых, мы имеем многолетний опыт работы в области исторической геологии и палеонтологии, связанный в том числе и с анализом глобальных процессов (а также их глокализационного и регионального проявления) космо-геологической природы (циклы Миланковича), а также в эволюции экосистем и отдельных групп организмов. Во-вторых, совместная деятельность последних лет в области глобалистики показала, что рассматривать происходящие сегодня как общепланетарные, так и региональные процессы в геолого-геоморфологическом субстрате, в живой оболочке и в человеческой цивилизации (прежде всего собственно процесс глобализации) отдельно, без учета их взаимосвязи друг с другом невозможно. И тем более это нереально без знания историко-эволюционных особенностей глобальных систем и процессов. Причем необходимая полнота картины при подобного рода

исследованиях может достигаться путем рассмотрения в геологическом масштабе времени.

Названные причины и побудили нас к написанию данной книги, на страницах которой предложены известные фактические данные о эволюции Земли, жизни и человечества, а также оригинальные результаты собственных исследований. В начале рассказывается собственно о науке глобалистике — ее предметном поле, основных понятиях, особенностях глобальных систем и процессов, классификации стоящих перед современным человечеством глобальных проблем. Глобалистика может быть логично представлена тремя видами исследований: палеоглобалистические исследования древних глобальных процессов, неоглобалистические исследования современных глобальных процессов (на чем изначально и сосредоточились силы исследователей в этой области), футуроглобалистические (глобалистический прогноз, предвидение кризисов, моделирование сценариев дальнейшего развития современных глобальных процессов, моделирование путей решения назревших сегодня глобальных проблем). Непосредственное решение связанных с глобальными системами, процессами и проблемами прикладных задач возможно лишь при синтетическом объединении усилий названных трех направлений.

Затем обсуждаются глобальные процессы в истории Земли. Основу эволюции планеты составляют глобальные геодинамические процессы в так называемых внутренних геосферах, приводившие, совместно с экзогенными процессами, к многократным коренным преобразованиям лика Земли — перераспределению суши и океана, изменению характера формирования отложений и т.д. Эти процессы, в свою очередь, контролировались и корректировались космическими — галактической цикличностью, солнечной активностью и другими.

С геологическими процессами на протяжении практически всей истории планеты активно взаимодействует живое вещество биосферы. Поэтому биосферным процессам и ее эволюции мы посвятили соответствующую главу. И только последние два миллиона лет в картину развития земной общепланетарной системы привнес свою составляющую человек посредством антропогенеза — комплекса взаимосвязанных глобальных процессов, инициированных природопользовательской, техногенной и иной деятельностью. За столь короткий (в геологическом отношении) интервал времени человек настолько сильно изменил сформиро-

вавшие до него глобальные системы и процессы, что вызвал множество кризисных событий, то есть глобальных проблем.

Сегодня одной из важнейших задач мирового научного сообщества является поиск и разработка механизмов гармонизации совместного развития человечества и его земного дома. Именно на это направлены известные теоретические построения: концепция коэволюции природы и общества Н.Н. Моисеева, концепция устойчивого развития человечества. Очевидно, что без палеоглобалистических исследований выстроить новый диалог человека с природой невозможно.

Основной материал для палеоглобалистических реконструкций можно почерпнуть из глобальной каменной книги — слоистой толщи планеты, где постранично записаны характеристики глобальных систем и особенности глобальных процессов минувших геологических эпох. Как читают эту информацию специалисты, авторы сочли необходимым объяснить в отдельной главе.

Особая тема, которую мы также не могли не отразить в книге, — кризисы. Человечество активно обсуждает современные критические и катастрофические события, пытается анализировать кризисы предыдущих эпох. Однако анатомия кризисных событий едина, и кризисы разного ранга в геологическом прошлом Земли представляет ценнейшую информацию по этой проблеме. Ее использование позволит на принципиально новом уровне рассматривать важнейшую для современной науки и всего человечества задачу предсказания и сглаживания последствий кризисных и катастрофических событий в будущем.

Глава 1

ГЛОБАЛИСТИКА: ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Глобалистика как формирующаяся область научного знания о глобальных явлениях и процессах предстает **в трех ипостасях**: как междисциплинарное научное направление, как основа нового мировоззрения современного человека и как сфера столкновения различных интересов, охватывающих широкий спектр общественных отношений: от экономики и политики до культуры и идеологии.

Такая специфика имеет свои *как положительные, так и отрицательные* черты: наряду с бурным конструктивным развитием глобалистики как научного направления имеют место вульгаризация терминологического аппарата, попытки превращения науки в модные знания, околonaучные и лженаучные течения и т.п.

Очевидно, что молодая сфера научных интересов испытывает необходимость в разработке научных основ своего дальнейшего развития, а предметное поле глобалистики нуждается в теоретико-методологических ориентирах, позволяющих разобраться в широком спектре концепций, раскрывающих суть глобальных проблем и процессов.

Сегодня следует говорить **о трех взаимосвязанных категориях глобалистики**, формирующих ее проблемное поле (рис. 1.1): *глобальных проблемах, глобальных процессах и глобализации*. Для каждого из этих понятий необходимо выделять свою специфику критериев глобальности, рассматривать различные подходы к их определению и т.д. Причем недостаточно говорить только о природных или только об антропогенных глобальных системах, процессах и проблемах. *Многие из них имеют комплексный, социоприродный характер, и в дальнейшем взаимодействие и коэволюция природной и антропогенной составляющих будут прогрессировать*.

Необходима синтетичность научного восприятия глобализации, глобальных природно-антропогенных процессов и проблем, что предполагает применение широкого системно-эволюционного подхода, постановку совместных исследований естественниками и гуманитариями. Глобальный процесс не может быть познан, а



Рис. 1.1. Три взаимосвязанные категории глобалистики

глобальная проблема не может быть решена силами одного классического научного направления — необходимо их широкое взаимодействие. Очевидно, что к решению этих задач нужно применять «глобально-ориентированный», всеобъемлющий междисциплинарный подход.

Рассмотрим в качестве примера **иерархическую классификацию некоторых глобальных систем** (рис. 1.2), таких как **глобальная социальная, биологическая и геологическая системы**. Их также еще принято называть **социосферой, биосферой и литосферой и т.д.** Внутри системы можно выделить **иерархические уровни, на которых располагаются подсистемы, чем уровень ниже, тем подсистем больше.**

Глобальная социосистема состоит из цивилизации, государств и т.д.

Глобальная биосистема включает биоценозы и разные систематические группы живых организмов.

Глобальная геосистема объединяет совокупность геологических тел, тектонических плит и др.

Из вышеизложенного видна также взаимосвязанность развития, т.е. коэволюционность, а следовательно, и необходимый междисциплинарный подход.

Теперь проанализируем **иерархическую классификацию некоторых глобальных процессов** (рис. 1.3), таких как **глобализация общества, эволюция жизни и тектоника плит, отвечающих социо-, био- и гео- глобальным системам соответственно.** Принцип соподчинения

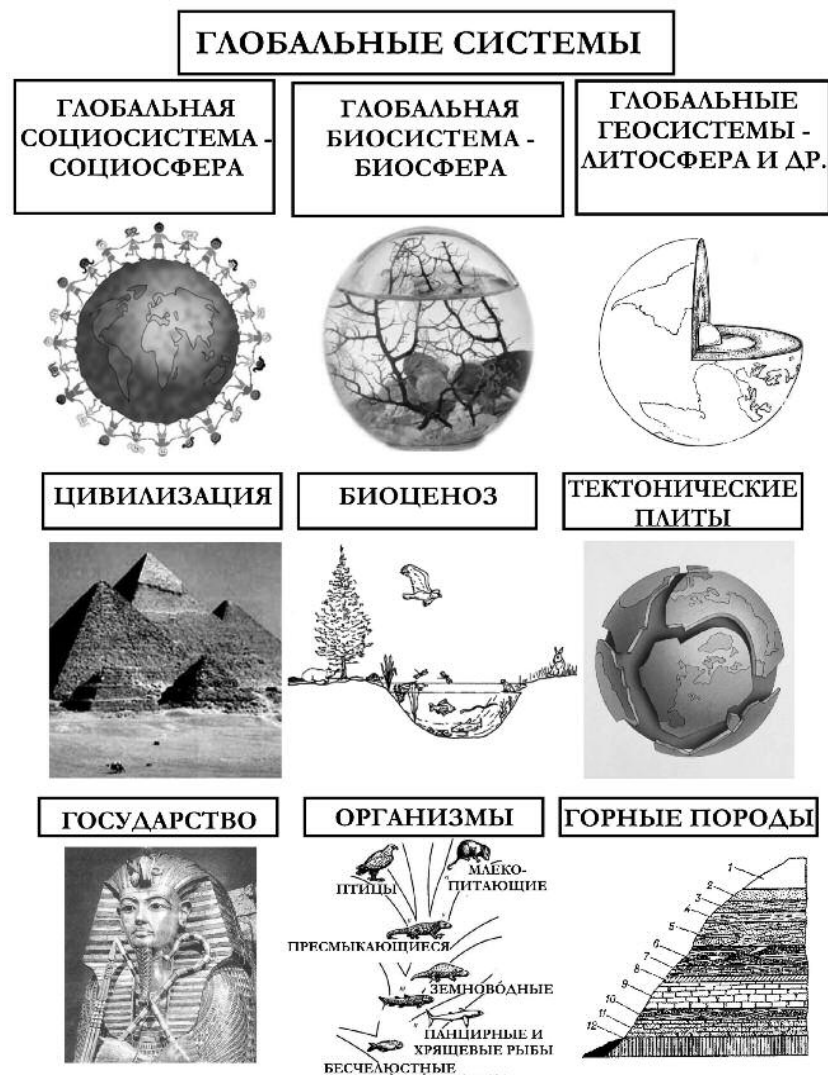


Рис. 1.2. Иерархическая классификация некоторых глобальных систем

иерархических уровней и рост числа составных компонентов при понижении статуса здесь также сохраняются.

Глобализация общества включает в себя весь спектр глобализационных процессов. Например, глобальное виртуальное пространство и один из его аспектов — информатизацию.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ



Рис. 1.3. Иерархическая классификация некоторых глобальных процессов

Эволюция жизни реализуется при помощи комплекса эволюционных процессов, частным случаем которого является цефализация — последовательное развитие и усложнение головного мозга живого организма.

Тектоника плит, или движение крупных литосферных блоков земной коры, объединяет совокупность различных тектонических

и других геологических процессов, отвечающих за механизм перемещения плит в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Это приводит к появлению и исчезновению океанических и континентальных впадин, в которых происходит накопление геологических осадков, или седиментация.

В глобалистике должны быть более эффективно задействованы современные методы, получившие развитие в других научных дисциплинах. К таковым относятся синергетический подход, экологический подход (в широком понимании экологии как науки о взаимодействиях систем разных уровней организации), эволюционный подход к познанию глобальных процессов через концепцию коэволюции геосфер и т.п.

Наиболее фундаментальное и практически эффективное изучение глобальных систем, процессов и проблем достижимо при массовом сборе и тщательном изучении материала по локальным и региональным объектам с последующим сопоставлением, обобщением и осмыслением в глобальном масштабе.

Сегодня в глобалистике преобладает решение «морфологической» задачи. Это означает, что в научной литературе преобладают констатация, фиксация, наблюдение за состояниями глобальных природных и природно-антропогенных систем. Необходимо серьезно усилить внимание к исторической, ретроспективной и прогнозной задачам.

Развитие прогнозирования и предвидения глобальных процессов является важнейшей задачей *футуроглобалистики*, которая должна решаться путем проведения прогнозных исследований и подготовки кадров, владеющих соответствующей научной методологией и математическим аппаратом. Широкие перспективы открывает метод математического моделирования глобальных процессов.

Проблема изучения глобальных кризисов должна рассматриваться с применением всего имеющегося в современной науке методологического арсенала, с использованием разработок по таким важнейшим направлениям, как анатомия кризисов, теория катастроф, исследования кризисов в глобальной эволюции Земли. Обострение одной глобальной проблемы неизбежно затрагивает другие и приводит к развитию кризиса. *Глобальные кризисы нельзя рассматривать через призму лишь одной из сфер социальной жизни или природного бытия — как только экологические, политические, финансовые, информационные и т.д. Кризисные явления носят комплексный*

характер. *И результативный подход к ним может быть только комплексным, междисциплинарным, синтетическим.*

В современной науке отсутствует единая синтетическая глобалистическая концепция, которая внесла бы существенный вклад в проблему преодоления глобальных кризисов. *Создание и развитие такой концепции может рассматриваться как ключевая стратегическая задача развития глобалистики как междисциплинарной сферы научного знания.*

Глобалистика — это принципиально новая интегративная область научного знания, включающая в себя философские, гуманитарные, и естественнонаучные аспекты изучения глобальных процессов и систем.

Зарождение и формирование глобалистики как междисциплинарной сферы научного знания относится к последней трети XX столетия. Ее появление было обусловлено процессом интеграции различных наук в решении комплексных проблем планетарного масштаба.

При этом сам термин «глобалистика», хотя и употреблялся уже в 1970-е гг., широкого распространения тогда не получил. Научная интерпретация его содержания относится к 1990-м гг., когда основное внимание ученых переключилось с изучения глобальных проблем на осмысление феномена глобализации, а термины «глобализация», «глобализм», «глобалистика» и др. стали часто использоваться в научной литературе, вошли в общественно-политический лексикон, лексикон средств массовой информации.

Становление глобальных исследований в немалой степени было связано с выявлением возрастающего значения проблем ядерной безопасности, ограниченности природных ресурсов, экологического равновесия, необходимости преодоления отсталости развивающихся стран и др.

Междисциплинарный характер глобальных исследований в каком-то смысле объясняет недостаточную на настоящий момент разработанность вопроса об их концептуальной и методологической основе. Тем не менее в качестве некоей методологической и теоретической «почвы» глобалистики можно выделить несколько теоретико-познавательных направлений (рис. 1.4).

Во-первых, фундамент глобальных исследований — критическое осмысление нарастающих угроз человечеству со стороны научно-технического прогресса. *Во-вторых*, на исследование глобальных проблем серьезное влияние оказали футурологические прогнозы, широко распространившиеся в научной мысли 1960-х гг.



Рис. 1.4. Методологические и теоретические предпосылки глобалистики

В-третьих, большую роль в становлении глобалистики сыграла теория динамики социальных систем, в рамках которой были выработаны методологические принципы глобального моделирования. *В-четвертых*, марксистская научная традиция (особенно в России) с ее диалектическими методами исследования политических процессов. *В-пятых*, труды В.И. Вернадского (рис. 1.5), которые оказали и продолжают оказывать большое влияние на развитие теории глобалистики. Концепция трансформации биосферы в ноосферу, выдвинутая Вернадским в 1930-е гг., фактически представляет собой схему иерархии философско-политических, естественнонаучных и технико-экономических аспектов глобальных проблем современности.

Вернадский Владимир Иванович (28.02.1863–06.01.1945). Великий российский ученый, философ, гуманист. Основоположник науки биогеохимии, автор учения о биосфере, учения о ноосфере, многих глобалистических и палеоглобалистических идей и воззрений. Профессор Московского университета (1898–1911), ушел в отставку в знак протеста против притеснений студенчества. Идеи

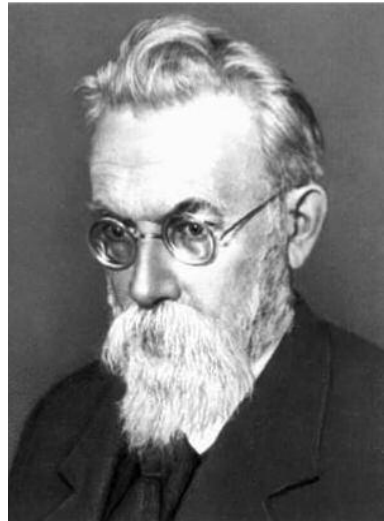


Рис. 1.5. Вернадский Владимир Иванович

Вернадского сыграли выдающуюся роль в становлении современной научной картины мира. В центре его естествонаучных и философских интересов — разработка целостного учения о биосфере, живом веществе (организующем земную оболочку) и эволюции биосферы в ноосферу, в которой человеческий разум и деятельность, научная мысль становятся определяющим фактором развития, мощной силой, сравнимой по своему воздействию на природу с геологическими процессами. Учение Вернадского о взаимоотношении природы и общества оказало сильное влияние на формирование современного экологического сознания. Развивал традиции русского космизма, опирающе-

гося на идею внутреннего единства человечества и космоса. (www.hrono.ru).

Эти направления научной мысли легли в основу современной глобалистики.

На первом этапе (конец 1960-х — конец 1980-х гг.) глобалистика, в основном, складывалась в контексте осмысления глобальных проблем, а не процессов глобализации, которые тогда еще оставались вне поля зрения ученых и специалистов.

Второй этап ее развития по времени совпал с распадом социалистической системы, что обусловило новую расстановку сил на международной арене в конце XX в., когда перед учеными встала задача осмысления кардинальных перемен. Это послужило импульсом, повернувшим научную мысль от изучения следствий к анализу причин и сущности происходящих на планете изменений. Именно тогда, в 1990-е гг., начинается активное осмысление процессов глобализации. При этом многое из осмысленного в 1970–80-е гг. осталось за чертой внимания ученых.

В 2000-х гг. начинается **новый (третий) этап** развития глобалистики, связанный с осмыслением глобализации как процесса становления общепланетарных структур в различных сферах жизни общества. В связи с этим можно дать более широкое определение статуса глобалистики как мультимеждисциплинарной

области научных исследований, посвященных изучению глобальных процессов в их сложном взаимовлиянии и взаимодействии. При этом глобальные проблемы выступают как результат глобальных процессов, оказывающих негативное влияние на жизнь общества, а их позитивные последствия выступают в качестве глобальных факторов прогрессивного развития человечества. Таким образом, глобализация предстает как важнейший социоприродный процесс, являющийся движущим фактором развития человеческого общества на современном этапе.

Сегодня в глобалистике преобладают три главные темы: *во-первых, социоприродные процессы глобального масштаба; во-вторых, мировые проблемы, вызванные процессами глобализации; в-третьих, оптимизация последствий этих процессов для людей и биосферы. Приоритетными также являются темы прав человека и сохранения окружающей среды.*

В последнее время как в России, так и за рубежом значительно возросло внимание к политическим, социальным, идеологическим, культурным и цивилизационным аспектам глобализации, что существенно расширило границы глобалистики и заметно повлияло на характер решаемых ею проблем. Сфера материального производства и духовная деятельность, экология и образ жизни, культура и политика — все это теперь является сферой изучения глобалистики.

Предметом глобалистики является глобальное развитие, а объектом — глобальные проблемы, процессы и системы. Глобальное развитие — вся совокупность взаимодействующих и коэволюционирующих глобальных процессов и систем. *Именно так определяют предметное поле глобалистики сторонники «социоприродного» подхода к изучению глобальных проблем.*

Сфера глобалистики на сегодняшний день содержит множество дискуссионных и нерешенных проблем, его можно обозначить как проблемное поле. *Среди таких проблем — дискуссии о предмете и методе глобалистики, содержании ее основных категорий, целях и задачах глобальных исследований.*

Одни ученые видят главный предмет исследований в актуальных глобальных проблемах, другие — в становящейся целостности бытия человечества.

Общая методология сторонников точки зрения, согласно которой *цель глобалистики состоит в изучении актуальных глобальных проблем, построена на трех взаимосвязанных принципах:*

— применении глобальных подходов к масштабным, комплексным мировым проблемам, отражающим постоянно растущую взаимозависимость всех стран в рамках единой планетарной системы;

— первоочередном рассмотрении долгосрочных последствий глобальных процессов, связанных с ними политических решений и практических мер по их реализации;

— рассмотрении всего комплекса современных проблем: политических, экономических, социальных, культурных, технических, природоохранных и т.д., которые определяются термином «глобальная проблематика».

Общая методология сторонников точки зрения, согласно которой предмет изучения в глобалистике — становящаяся целостность миробития, пока не разработана. Здесь наблюдается гораздо меньше единства точек зрения и подходов. Прежде всего, по-разному трактуется само понятие мироцельности (глобальности).

Много споров вызывает вопрос о статусе глобалистики. Одни ученые считают ее научной дисциплиной, другие — сферой общественной практики. Третья группа ученых называет глобалистику наддисциплинарной областью научного знания. Анализируя различные точки зрения и имеющиеся к настоящему времени теоретические разработки, следует сказать, что глобалистика изначально складывалась как принципиально новое научное направление, изучающее широкий круг проблем социально-гуманитарного и естественнонаучного плана, как сфера общественной практики, охватывающая международную политику, экономику, экологию и даже идеологию.

В целом глобалистика стремится исследовать коренные причины глобальных изменений и вытекающих из этого проблем.

Важнейшими достижениями глобалистики являются разработка и формирование языка междисциплинарного общения, разработка и уточнение ключевых понятий и категорий.

Постепенно с увеличением объема научных знаний, систематизацией и осмыслением накапливаемой информации о происходящих мировых событиях стали создаваться новые теоретические модели (С. Хантингтон (рис. 1.6), Ф. Фукуяма (рис. 1.7), М. Фридман (рис. 1.8), Э. Гидденс (рис. 1.9) и др.) в области глобальных исследований. Все отчетливей обозначается и проблемное поле глобалистики (рис. 1.10), элементами которого стали такие понятия, как «глобальность», «глобальные проблемы», «глобальные процессы», «глобальные тенденции», «глобальные вызовы», «глобаль-

ные решения», «глобализация», «глобальная эволюция», «глобализм» и т.п.

Самюэль Филлип Хантингтон (18.04.1927–24.12.2008) — выдающийся американский политолог, известный своим анализом отношений между военным и гражданским секторами, своими исследованиями переворотов и тезисом, что главными политическими актерами в XXI веке будут цивилизации, а не государства. Совсем недавно он привлек к себе внимание анализом угроз, перед которыми стоят Соединенные Штаты, вызванных современной иммиграцией. Хантингтон стал широко известен в 60-е годы, когда была опубликована его работа «Политический порядок в меняющихся обществах», которая опровергала общепринятые взгляды теоретиков модернизации (экономический и социальный прогресс в недавно деколонизированных странах будто бы приведет к развитию там стабильной демократии). В 90-е годы он прославился как ученый в транзитологии своей работой «Третья волна» и в геополитике — работой «Столкновение цивилизаций», переведенной на множество языков. После 11 сентября 2001 года репутация Хантингтона в Америке непререкаемой, концепция полицивилизационного конфликтующего мира стала доктриной внешней политики США.

С. Хантингтон стал доктором политических наук (1951), профессором Университета Альберта Вэзерхэда и председателем Гарвардской академии международных и местных исследований. В Гарвардском университете он также занимал пост директора Центра международных отношений. В 1986–1987 годах был президентом Американской ассоциации политической науки, в 1977 и 1978 годах являлся координатором планирования стратегии безопасности при Совете национальной безопасности США. Хантингтон — основатель популярного журнала *Foreign Policy*. К его главным интересам относятся: (1) национальная безопасность, стратегия и взаимоотношения гражданского и военного секторов; (2) демократизация и политико-экономическое развитие развивающихся стран; (3) культурные факторы в мировой политике; (4) американская национальная идентичность (www.politnauka.org).

Фрэнсис Есихиро Фукуяма (род. 27.10.1952) — влиятельный американский философ, политический экономист и писатель.



Рис. 1.6. Самюэль Филлип Хантингтон



Рис. 1.7. Фрэнсис Есихиро Фукуяма



Рис. 1.8. Милтон Фридман

Получил степень бакалавра искусств в Корнеллском университете, степень доктора философии в Гарварде, где изучал политологию. В 1979–1980, 1983–1989 и в 1995–1996 годах работал в отделе политологии «RAND Corporation», а в 1981–1982 и в 1989 годах — в департаменте политического планирования Государственного департамента США, сначала как сотрудник средиземноморского отдела, затем — в качестве заместителя директора по военно-политическим отношениям в Европе. В 1981–1982 годах также входил в состав американской делегации на египетско-израильских переговорах по вопросу палестинской автономии. В 1996–2000 годах Фрэнсис Фукуяма был профессором в Школе общественной политики в университете Джорджа Мэйсона. В настоящее время — постоянный консультант корпорации RAND в Вашингтоне (округ Колумбия). Сотрудник факультета общественной политики George Mason University, член редколлегии «Journal of democracy». Автор работ «Конец истории и Последний человек» (1992), «Доверие: общественные добродетели и путь к процветанию» (1995) (www.politnauka.org).

Милтон Фридман (31.07.1912–16.11.2006) — выдающийся американский экономист, лауреат Нобелевской премии «за достижения в области анализа потребления, истории денежного обращения и разработки монетарной теории, а также за практический показ сложности политики экономической стабилизации» (1976). Милтон Фридман — основатель теории монетаризма. Теорию Фридмана, ставшую абсолютной противоположностью кейнсианской экономической теории,

частично приняли администрации Никсона, Форда и Рейгана. Милтон Фридман выступал за отказ от чрезмерного регулирования в сфере экономики, приватизацию и свободный рынок. Он считал, что правительства лишь наносят ущерб экономике, увеличивая государственные расходы с целью сократить безработицу. По мнению Фридмана, такие действия лишь повышали инфляцию. У безработицы, доказывал он, есть некий естественный уровень, и попытки понизить его, стимулируя потребительский спрос и увеличение числа рабочих мест, ведут к повышению цен и проблему безработицы на самом деле не решают. Совместно с Анной Шворц Фридман написал «Монетарную историю Соединенных Штатов» (A Monetary History of the United States), в которой заявил, что Великая депрессия была результатом ошибочной политики Американской Федеральной резервной палаты. По случаю 90-летия Фридмана Бен Бернанке, тогда сотрудник ФРС, а теперь ее председатель, обращаясь к Фридману, сострил: «Относительно Великой депрессии. Вы были правы, это мы виноваты. Нам очень жаль».

Фридман критиковал технологии клонирования человека и генной инженерии, а также другие технологии по улучшению человеческого тела (www.monetarism.ru).

Однако до сих пор основной смысл этих понятий остается предметом острых дискуссий, что значительно тормозит развитие научных исследований, снижает эффективность междисциплинарного взаимодействия и явно не способствует принятию практических решений, направленных на преодоление негативных последствий глобализации.

Отмечая широкий разброс мнений в истолковании термина «глобалистика» и производных от его корня понятий, важно подчеркнуть, что это означает не просто жонглирование смыслами или схоластическую игру в дефиниции, а является следствием становления новой, активно формирующейся области научного знания и единого языка междисциплинарного общения.

Важным элементом проблемного поля глобалистики является такое понятие, как «глобальность».

Семантически понятие «глобальность», как и другие понятия с этим корнем, связано с латинским словом globus (земной шар). Тем самым подчеркивается, что жизненным пространством человечества является вся планета Земля, а проблемы его существования выступают как общепланетарные, т.е. глобальные.

Барон Энтони Гидденс (род. 18.01.1938) — видный английский философ и социолог. В ряде своих философских и социологических работ он рассматривает



Рис. 1.9. Энтони Гидденс

проблему взаимосвязи модерности и современной социокультурной ситуации. Для произведений Гидденса специфично внимание к основополагающим характеристикам модерности, базисным институтам Нового времени и их трансформации в эпоху современности.

Новейшая парадигма предложена в 70-е годы школой мир-системного анализа (Ф. Бродель (рис. 1.11), И. Валлерстайн (рис. 1.12)). Согласно Валлерстайну, в XVI в. в Европе произошла смена мир-систем: мир-империи, основанные на политическом властвовании, уступили место мир-

экономике, основанной на торговле. Центр силы переместился из Севильи (империя Габсбургов) в Амстердам. Это была победа капиталистической мир-экономики (КМЭ), которая с тех пор выступает как современная мир-система (СМС) и вокруг которой складывались концентрационные кольца мировой периферии. Ядро-центр КМЭ, получая основную массу торговой прибыли, постоянно ведет борьбу за монополию, и государство выступает инструментом этой борьбы, решающим фактором внутренней и внешней экспансии.

Доступность мира в современных условиях обеспечивается с помощью информационно-коммуникационных технологий. Отсюда выявляется и важнейшая особенность «глобальности» — создание информационного пространства с помощью новых технологий коммуникации и информации, способствующих всеобъемлющей коммуникационной интеграции мира. Мир оказывается опутанным различными информационно-коммуникационными сетями, которые функционируют поверх географических территорий, на глобальном уровне. Все это приводит к усилению взаимодействия составных элементов мировой структуры, изменению и даже преобразованию жизнедеятельности человечества. Такое новое состояние мира, несомненно, повлияло и на трансформацию общественных отношений.



Рис. 1.10. Проблемное поле глобалистики

С точки зрения формирования новой стадии организованности человечества современный период характеризуется постепенным созданием единого мирового сообщества, где происходит сближение людей, наций, народов и государств, расширяются области взаимодействия и интеграции, усиливается взаимозависимость стран, доступными оказываются различные мировые культурные ценности и т.п. Все эти процессы сопровождаются установлением различных отношений и связей в экономической, политической, социальной, культурной и информационной сферах.

Методологическим основанием глобалистики можно назвать следующие принципы.

Первый принцип связан с учетом экологических «пределов роста» техносферы. Экологическая перегрузка планеты требует смены самой парадигмы развития современной технической цивилизации и форм ее отношения к природе. В этом смысле глобальные исследования направлены на разработку модели качественно иного будущего. Важное методологическое значение при этом имеет обо-

значение современными учеными основных точек глобальных «пределов роста»:

— в конце XX века объемы потребления человеком многих жизненно важных ресурсов и уровень заражения окружающей среды превысили физически допустимые нормы. Если не будут приняты меры по существенному сокращению потребления материальных ресурсов и энергии, в ближайшие десятилетия произойдет неконтролируемый спад производства продуктов питания, энергии и промышленных товаров на душу населения;

— капитал, ресурсы и рабочая сила сегодня отвлекаются от производства готовых изделий на разработку более редких, удаленных, глубокозалегающих и все менее концентрированных ресурсов, а также на деятельность, которой раньше занималась сама природа (например, обезвреживание отходов, очистка воздуха, регулирование паводков, борьба с сельскохозяйственными вредителями и пр.);

— темпы амортизации капитала начинают превышать темпы роста капиталовложений, основные фонды пополняются с запозданием, особенно в долговременных инфраструктурах;

— инвестиции в образование, здравоохранение, жилищное строительство сокращаются с переключением средств на удовлетворение насущного потребительского спроса или выплату задолженностей;

— процентное соотношение всех видов долга к ежегодному реальному объему производства растет;

— обостряются конфликты вокруг источников инвестиций и способов уничтожения отходов. Социальная солидарность идет на убыль, процветает накопительство, усиливается имущественное расслоение и поляризация общества.

Фернан Бродель (24.08.1902–27.11.1985) — французский историк. Предложил учитывать экономические и географические факторы при анализе исторического процесса. Заложил основы мир-системного подхода. Яркий представитель французской историографической школы «Анналов», занимавшейся доскональным изучением исторических феноменов в социальных науках.

Иммануил Морис Валлерстайн (род. 28.09.1930) — американский социолог, представитель неомарксистского направления в теории международных отношений, один из создателей мир-системной теории. Закончил Колумбийский университет со степенью доктора социологии (1959). Работал в Колумбийском уни-



Рис. 1.11. Фернан Бродель



Рис. 1.12. Иммануил Морис Валлерстайн

верситете (1958–1971), Университете Мак-Гила (1971–1976), Бингемтонском университете (1976–1999). С 1976 по 2005 год руководил организованным им Центром Фернана Броделя по изучению экономик, исторических систем и цивилизаций при Бингемтонском университете. В 1994–1998 гг. был президентом Международной социологической ассоциации. С 2000 года И. Валлерстайн — старший научный сотрудник Йельского университета (www.politnauka.org).

На первом этапе своей научной деятельности (1955–1970) Валлерстайн занимался исследованием африканских обществ, но затем переключил свое внимание на общую теорию социально-экономического развития. Разработанная им мир-системная теория опирается на предложенные Фернаном Броделем принципы комплексного исторического анализа. Она синтезирует социологический, исторический и экономический подходы к общественной эволюции. Главный труд И. Валлерстайна — многотомник «Современная мир-система»: в первом томе (1974) рассматривается генезис европейской мир-экономики в XVI в., во втором (1980) — ее развитие в период меркантилизма, в третьем томе (1989) он довел ее историю до 1840-х. В других своих работах Валлерстайн анализирует эволюцию капиталистической мир-экономики в XIX–XX вв. и даже делает прогнозы на XXI век.

Второй принцип связан со становлением новой научной картины мира, основанной на признании нелинейного характера всех происходящих на Земле и в окружающем ее пространстве изменений. В новейшей постнеклассической науке появились такие кон-

цепты, как неопределенность, бифуркация, стохастичность, дискретность и др., которые нельзя не учитывать в исследованиях глобальных процессов.

Третий принцип — отказ от «жесткой» рациональности, ориентированной на преобразовательные-наступательные технологии, и развитие «мягких», детализированных и тонких технологий интерпретации происходящих процессов в глобальном диалоге культур.

В целом, в современной глобалистике можно выделить несколько содержательных направлений.

Во-первых, философско-методологическое, в рамках которого исследуются философские основания, сущность, генезис глобальных процессов, анализируются наиболее важные социально-политические и экономические преобразования, необходимые для успешного решения глобальных проблем.

Второе направление — социоприродное, охватывающее широкий круг проблем, из которых наибольшую озабоченность вызывают экология, обеспеченность сырьевыми, энергетическими, водными, земельными и другими ресурсами. В этой области в тесном контакте работают представители естественных, технических, общественных наук, политики, общественные деятели. Их усилия направлены на выработку принципов и методов оптимизации взаимодействия общества и природы, экологизацию производства и рациональное природопользование.

Третье направление — культурологическое, где в центре внимания находятся проблемы, возникающие в сфере научно-технического прогресса, народонаселения, здравоохранения, культуры, права, образования и других областях общественной жизни.

При изучении глобальных процессов необходим комплексный и системный подход. Представленные подходы и формируют проблемное поле глобалистики. Это поле включает в себя все новые актуальные темы: многовариантность моделей развития человечества; формы взаимодействия национальных государств в условиях глобализации; трансформация политических, экономических и социокультурных процессов; сущность социоприродного взаимодействия и многое другое. Эти вопросы касаются каждого человека и всего мирового сообщества, от их решения зависит будущее человечества и самой планеты Земля.

Важным элементом предметного поля глобалистики являются вопросы, связанные с осмыслением **глобальных проблем**. Эти проб-

лемы особенно остро проявились уже во второй половине XX в. По определению У. Бека (рис. 1.13), глобальные проблемы являются следствием нелинейных (трансграничных) процессов мирового развития. Они характеризуются динамизмом, комплексностью, взаимозависимостью, большой остротой, исторической иерархичностью и т. д.



Рис. 1.13. Ульрих Бек

Ульрих Бек (1944 г.р.) — известный немецкий социолог и философ, профессор Мюнхенского университета и Лондонской школы экономики.

Ключевой, важнейшей публикацией У. Бека является «Общество риска» (1986). Главная мысль книги: модернизация размывает контуры индустриального общества, в недрах которого рождается другая модель современного мира, названная исследователем «обществом риска».

Исследование глобальных проблем порождает множество вопросов. Какова природа глобальных проблем? В чем их отличие от множества других трудностей, с которыми сталкивается человечество? Какая связь между глобальными проблемами и глобальными процессами? Все это чрезвычайно актуальные вопросы. Отметим, что осмысление глобальных проблем невозможно без знания закономерностей геологических и экологических процессов, многие из которых, в свою очередь, все в большей степени зависят от деятельности человека.

В современной глобалистике считается общепризнанным, что глобальные проблемы являются объективным фактором мирового развития и не могут быть проигнорированы какой-либо страной или иным субъектом международных отношений. Так, например, А.Н. Чумаков и авторы энциклопедии «Глобалистика» рассматривают глобальные проблемы как закономерный результат процесса глобализации.

Причиной появления глобальных проблем является деятельность человеческого общества. В самом общем плане глобальные про-

блемы — это проблемы, возникающие из противоречий социальной системы и условий ее существования в едином пространственно-временном континууме с природным миром. Обострение противоречий приводит к разрушению этой пространственно-временной целостности, к подрыву основ социальной и социоприродной форм движения материи.

Глобальные проблемы вырастают из политических, экономических и социокультурных противоречий глобального масштаба, накладывающих конкретные ограничения на характер и формы соперничества различных стран, общественных и культурных систем.

Сегодня принято считать, что появление и резкое обострение глобальных проблем во второй половине XX в. — не результат какого-то просчета или роковой ошибки, злого умысла или неверной стратегии социально-экономического развития, не следствие природных аномалий или причуд истории человеческого общества. Глобальные изменения и связанные с ними глобальные проблемы явились результатом многовековых количественных и качественных трансформаций как в обществе, так и в системе «общество—природа». Их появление связано с историей становления современной цивилизации, породившей кризис технократического общества. Этот кризис охватывает весь комплекс взаимодействий, меняет принцип взаимоотношений в системах «человек—человек», «человек—общество», «человек—природа», «общество—природа» и затрагивает интересы всего мирового сообщества.

Глобальные проблемы носят комплексный характер, они представляют собой природный или социоприродный феномен и находятся во взаимосвязи друг с другом.

За четыре последних десятилетия понятие «глобальные проблемы современности» глубоко вошло в научный и политический лексикон, приобрело соответствующий смысл и прочно закрепилось в массовом сознании. Глобальными проблемами принято называть такие проблемы, которые имеют общечеловеческий характер и затрагивают интересы не только человечества в целом, но и отдельных людей, практически каждого человека на планете.

В 1990-е гг. глобальные проблемы стали рассматриваться в контексте феномена глобализации, понимаемой отныне как причина и следствие глобальных проблем.

В рамках концепции глобализации глобальные проблемы выступают в качестве негативных последствий воздействия глобаль-

ных процессов на социосферу. Позитивные тенденции предлагается называть глобальными факторами прогрессивного развития общества.

При этом глобальные процессы и их последствия являются важнейшей частью предметного поля глобалистики, которое в этом контексте предстает как область изучения глобальных процессов в их целостном воздействии на генезис и развитие всех сфер (глобальных систем) нашей планеты, их взаимодействии и глобальном развитии. И здесь очевидным образом очерчивается место и значение палеоглобалистики.

Вопрос о критериях глобальности. По поводу критериев и общего перечня основных глобальных проблем согласия среди ученых нет. Практически все исследователи сходятся во мнении, что их список не ограничивается такими общепризнанными проблемами, как, например, ядерная угроза, загрязнение окружающей среды, проблема ресурсов, демографии и т.п., однако, когда речь заходит о расширении этого перечня, возникают серьезные споры. Такой разброс мнений объясняется, в частности, недостаточной разработанностью критериев глобальности. В 1991 г. в Мюнхене была издана «Энциклопедия мировых проблем и человеческого потенциала», где содержалось уже более 12 тысяч проблем, названных глобальными, что явно указывает на отсутствие достаточно четких критериев.

Вопрос о критериях глобальности является очень важным, т.к. не все проблемы, сопровождающие мировое сообщество, можно отнести к глобальным. Довольно часто к числу глобальных проблем относят практически любые противоречия современной эпохи, связанные с деятельностью человека.

Критерии глобальности — это количественные параметры и качественные признаки, на основании которых различные проблемы оцениваются с точки зрения распространения их в масштабах планеты, их значимости и уровня угроз, представляемых ими для всего человечества. Установление критериев глобальности позволяет более точно выразить специфику действительно глобальных проблем и отделить их от множества других, которые таковыми по существу не являются.

Главное, на что обращают внимание практически все исследователи, состоит в том, что глобальные проблемы представляют собой комплекс острейших социоприродных противоречий, затрагивающих мир в целом, а вместе с ним и все его регионы, раз-

личные страны, и, в отличие от проблем «региональных», «локальных», «частных», имеют общечеловеческую значимость.

Если рассматривать проблемы различного уровня как конкретное выражение философских категорий «общее», «особенное» и «единичное», тогда частные проблемы выступают как единичные, локальные и региональные — как особенные, а глобальные — как всеобщие.

При отнесении проблем к разряду глобальных следует учитывать следующее.

Во-первых, географический критерий — под ним подразумевается территория, для которой актуальны те или иные проблемы. При этом принимается во внимание вся сфера, в которой осуществляется деятельность человека, включая поверхность планеты, ее недра, гидросферу и часть космического пространства. Таким образом, географический критерий имеет количественное выражение — площадь поверхности всей планеты, поэтому его еще называют «количественным».

Во-вторых, критерий «надрегиональности». Любая проблема только тогда может считаться глобальной, когда она является актуальной относительно любого региона планеты, т.е. проявляется в каждом из них. В противном же случае речь будет идти о проблемах одного или нескольких регионов или даже территорий более мелкого масштаба. Все глобальные проблемы являются в то же время и региональными, но не все региональные проблемы являются глобальными.

В-третьих, глобальными являются те проблемы, которые затрагивают интересы не только отдельных людей и стран, а интересы и судьбу всего человечества.

В-четвертых, глобальными считаются те проблемы, для преодоления которых требуются совокупные усилия всего международного сообщества.

В-пятых, нерешенность глобальных проблем может привести в будущем к серьезным, возможно, необратимым последствиям для всего человечества и среды его обитания.

Итак, глобальные проблемы:

- выражают фундаментальные противоречия целостного и взаимосвязанного современного мира;
- являются объективным фактором развития современной цивилизации;
- характеризуются геопространственными показателями;

— обладают свойством всемирности, т.к. затрагивают жизненные интересы всего человечества, каждой нации и государства, каждого отдельного индивида и создают реальную угрозу для позитивного развития человеческой цивилизации, биосферы и выживания всей планеты в будущем;

— обладают качеством всеобщности, так как требуют для своего разрешения согласованных действий всех субъектов мировой политики независимо от их политического устройства, экономических, социальных и культурных различий; выявляют необходимость создания общественного механизма урегулирования противоречий в системе международных отношений; способствуют интернационализации общественных процессов и вовлечению в общественную международную жизнь широких слоев населения.

При анализе глобальных проблем выявилась еще одна очень важная их особенность: в современный период все проблемы тесно переплетены между собой, и при их обострении отчетливо выявляются целостность мира и его хрупкость. Глобальные проблемы развиваются комплексно, усиливая глобальную взаимосвязь и взаимозависимость регионов, стран, наций, народов и отдельных индивидов.

Первые попытки систематизации глобальных проблем были предприняты в начале 1970-х гг. в рамках исследований Римского клуба и работ целой плеяды ученых — Ф. Ферикса, В. Базьюка, Ю. Скольников, Г. Брауна, С. Чейза, А. Габю, Э. Фонтела и др. В «Ежегоднике мировых проблем и человеческого потенциала», изданном в 1976 г., насчитывалось более двух с половиной тысяч «общечеловеческих проблем». В 1979 г. прогностический центр Конгресса США назвал 286 общих для всего человечества проблем, выделив из них 32 в качестве наиболее важных.

В России широкое распространение получила точка зрения И.Т. Фролова и В.В. Загладина, согласно которой все глобальные проблемы в зависимости от степени их остроты и первоочередности решения, а также от того, какие причинно-следственные отношения существуют между ними в реальной жизни, делятся на **три большие группы**.

Первую группу составляют проблемы, которые характеризуются наибольшей общностью и актуальностью. Они проистекают из отношений между различными государствами, а также крупнейшими социальными общностями (социально-экономическими системами, международными политическими союзами и

входящими в них странами). Такие проблемы называют «интернациональными». Здесь выделяются две особо значимые для всего мира проблемы:

- устранение войны из жизни общества и обеспечение справедливого мира;
- установление нового международного экономического порядка.

Во вторую группу включены проблемы, связанные с системой «человек—общество». Все они напрямую связаны с качеством жизни человека на планете. Это, например, демографическая проблема, проблемы здравоохранения, образования, социального обеспечения, сохранения культурного многообразия человечества, проблема международного терроризма и др.

В третью группу входят проблемы, которые возникают в результате взаимодействия общества и природы. Проблемы такого характера существовали уже на заре человеческой истории, но постепенное нарастание масштабов производства во всем мире к середине XX в. достигло таких размеров, что экстенсивный рост для многих видов производства стал невозможен в силу ограниченных размеров нашей планеты и исчерпаемости ресурсов. В результате этих количественных изменений появились качественно новые, не существовавшие ранее в глобальном масштабе проблемы. Среди них — обеспечение людей энергией, топливом, пресной водой, сырьевыми ресурсами и т.п. Сюда же относятся всевозможные экологические проблемы, а также проблемы, связанные с последствиями освоения Мирового океана, литосферы и космического пространства.

В XXI в. несколько взаимосвязанных групп глобальных проблем будут определять основные направления исследований в глобалистике. К ним относятся: переориентация военной экономики на решение задач в интересах всего общества; содействие социально-экономическому развитию отсталых государств; решение экологических проблем качественно новой сложности (снижение содержания в окружающей среде токсических веществ, ослабление «парникового эффекта», угрозы истончения озонового слоя, угрозы кислотных дождей); борьба с организованной преступностью и международным терроризмом; развитие энергетики с учетом тенденций к потеплению климата; несбалансированный экономический рост; кризис управления и способности управлять; обеспеченность населения Земли продовольствием и водными ресурсами; рост чис-

ленности населения и миграционные потоки; сдвиги в мировой геополитической ситуации.

Классификация глобальных проблем позволяет выявить различные связи и отношения между ними. По содержанию глобальные проблемы разделяют на политические, экономические и социальные — в зависимости от того, в какой сфере мирового развития (политика, экономика, социальная сфера) они возникают. Такая структуризация является достаточно условной, т.к. в реальности глобальные проблемы тесно взаимосвязаны не только в рамках отдельной группы, но и между различными группами. Фактически функционирует целостная система глобальных проблем с многоуровневой структурой. Она характеризует взаимосвязь между различными международными акторами, а также взаимоотношения «общество—человек» и взаимодействие «общество—природа».

Являясь следствием нелинейных процессов мирового развития, глобальные проблемы оказываются узловыми точками мирового развития. Каждый из глобальных процессов обусловлен множеством глубинных факторов, однако их действие в конкретных исторических условиях и в различных географических регионах не постоянно. Поэтому с изменением «лица» глобальных процессов меняется и содержание глобальных проблем.

В современной глобалистике особенно актуальным является изучение глобальных проблем в контексте общих закономерностей исторического развития с учетом качественно новых процессов мировой динамики, в частности глобализационных процессов.

В последние годы становится все более очевидным, что глобализация является новым системным уровнем человеческой общности с его собственными закономерностями, движущими силами, механизмами регулирования.

К глобальным проблемам современности относится образование экологически неблагоприятной территории. Это опасность, которая грозит любому государству и которую отдельно взятая страна не всегда может решить собственными силами. Требуются совместные усилия мирового сообщества, иначе национальная проблема может перерасти в глобальную, как это произошло в случае с Аральским морем, исчезающим с лица земли. Под экологически неблагоприятной территорией следует понимать территорию, где в результате хозяйственной и иной деятельности, разрушительного влияния стихийных сил природы, имевших место аварий произошли устой-

чивые отрицательные (обратимые и необратимые), вызвавшие рост заболеваемости и смертности населения изменения, связанные с нарушением природного равновесия, разрушением естественных экологических систем, деградацией почв, растительного и животного мира, либо с угрозой таких последствий. Так, в Казахстане это регионы, прилегающие к полигону Капустин Яр, Азгирский полигону; испытания биологического оружия проводились на острове Возрождения на Арале (см. раздел 2.1). Существуют и другие полигоны, на которых проводились ядерные взрывы: Тайсойган, Урда, Жангала и т.д. Газообразные продукты подземных ядерных взрывов на Азгирском полигоне по своей суммарной радиоактивности (около 10 млн кюри) сопоставимы с Чернобыльской катастрофой. Превышение предельных показателей таллия в Азгире составляет от 120 до 8000 раз. На поверхности земли на полигоне уровень радиации достигал 3500 микрорентген в час, что в 150 раз превышало естественный, безопасный для здоровья человека радиационный фон.

Значительная часть химических загрязнителей, порождаемых антропогенной деятельностью, является ксенобиотиками, т.е. чужеродными веществами для биологических структур и природных объектов. Находясь в окружающей среде, даже в количествах, не вызывающих выраженных токсических эффектов, ксенобиотики оказывают хроническое воздействие на организм человека, приводя его к дезадаптации. Действие химических веществ на иммунную систему организма человека вызывает напряжение иммунорегуляторных механизмов, развитие вторичного иммунодефицита, патологию, аллергические заболевания, обуславливает врожденные физические недостатки у детей, снижение неспецифической сопротивляемости организма.

Острейшей глобальной проблемой окружающей среды последних лет является потепление климата. Если не будут приняты энергичные меры, то за ближайшие 25 лет рост эмиссий CO₂ ожидается: в странах ОЭСР—Европы — на 14 %; в США — на 23 %; в России — на 23 %; в развивающихся странах (в целом) — на 107 %; в Китае — на 124 %; в мире в целом на 56 % (по данным Международного энергетического агентства). Межправительственная группа по изменению климата (МГЭИК) в 2007 г. в своем отчете указала, что для недопущения (в течение нескольких веков) условно безопасного потепления климата в 2 градуса Цельсия потребуется снизить глобальную эмиссию парниковых газов на

60—80 % (за 50 лет), что без участия развивающихся стран, которые занимают жесткую позицию «несокращения» выбросов, практически невозможно.

К сожалению, сегодня глобальные процессы (изменения климата, уровня океана, биоразнообразия и др.), как правило, исследуются с учетом одного-двух факторов (увеличение CO₂ в атмосфере, загрязнение окружающей среды и т.п.). При этом зачастую не принимаются во внимание системный характер глобальных процессов, биосферных и экосферных перестроек, солнечно-земные связи и др. Здесь неопределимо важен опыт палеоглобалистических исследований.

В последнее время заявила о себе еще одна новая глобальная проблема — проблема трансформации литосферы.

Отличительной особенностью современного этапа развития цивилизации является сопоставимый экспоненциальный рост как урбосферы (площадь городов, по ряду оценок, превышает 12% всей площади суши планеты), так и масштабов изменения геологической среды. Объем извлекаемых за год человеком пород уже в десятки раз превышает годовой объем всех речных наносов планеты. Нарастает внедрение в литосферу путем горнотехнической (полезные ископаемые добываются во все большем количестве с все больших глубин) и инженерно-строительной деятельности, когда при интенсивной урбанизации идет масштабное освоение подземного пространства (метро, тоннели, хранилища, коммуникации, различные военные объекты, нередко сопряженные с крупными промышленными центрами).

Все возрастающие масштабы освоения литосферы обеспечивают рост разнообразия технологий освоения и в определенной мере, как следствие, форм и численности новых подземных комплексов. Отдельные объекты можно встретить все реже. Чаше формируются сложные системы, например развитые подземные части городов, становящиеся по мере эволюции их органическими частями, без которых немислимо функционирование современного мегаполиса как природно-техногенной системы. Это является мощным фактором, меняющим состояние экосистемы планеты.

Необходимо отметить новые тенденции: процессы урбанизации начинают входить в противоречие с развитой системой «ископаемых» подземных сооружений. С ростом вибрационных и статических динамических нагрузок на геологическую среду современного города растет число провалов и просадок грунта, фактов деформации.

ции и разрушения строений, возникновения и роста интенсивности опасных экзогенных процессов, не характерных для данных территорий. Негативная динамика зафиксирована на всех континентах, за исключением Антарктиды.

Глобализация в контексте концепции глобального эволюционизма. Все глобалистические концепции предполагают развитие каких-либо общепланетарных процессов, механизмов единения планеты как сложно организованной системы. В идейном восприятии современных глобалистических воззрений можно выделить ряд концепций. В частности, помимо экономико-политического направления имеются также глобалистические представления естественнонаучного характера.

Не отрицая значения экономических и политических причин глобализации, мы считаем важными также экологические, а точнее — историко-геологические и глобально-экологические причины и механизмы.

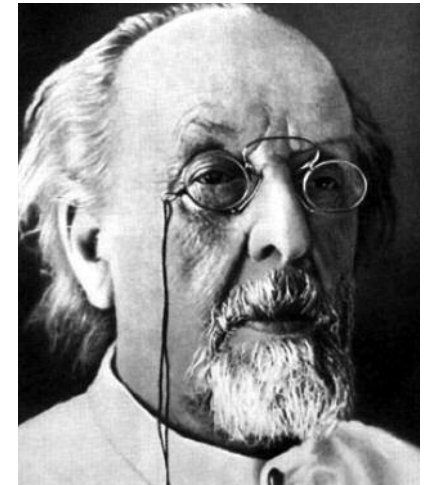
Экологическая (историко-геоэкологическая) глобализация признается первичной и основополагающей во всем широком спектре глобализационных процессов. Основными факторами представляются осознание единства природы, неразрывной взаимосвязи и взаимозависимости человека с ней и формирование единой научной картины мира. Сегодня налицо новый виток в понимании масштабности Вселенной, ее пространственно-временной сложности и, следовательно, хрупкости отдельно взятой планеты, ее уязвимости по отношению к внешним космическим воздействиям.

Естественнонаучный глобализм протекает из геофизиологической концепции Геи, согласно которой Земля воспринимается как единый сложный организм, а человечество должно быть его целостным, работающим гармоничным органом. Социосфера должна развиваться в гармонии с оболочками планеты: совокупностью физических оболочек и биосферой. Следовательно, социосфера должна, несмотря на внутренние противоречия, функционировать как целостная система. Поэтому сегодня необходимо говорить о глобальной коэволюции всех геосфер планеты в геологическом времени и пространстве.

Таким образом, глобализация может рассматриваться в определенном смысле как элемент (следствие) коэволюции геосфер и интерпретироваться как естественный процесс, укладывающийся в закономерности развития «обычной» планетарной оболочки. Глобальные процессы можно интерпретировать как механизмы

глобальной коэволюции геосфер.

Весьма важным представляется и эколого-геологический аспект глобализации, реализуемый через восприятие и поиск путей решения стремительно обостряющихся общепланетарных эколого-геологических проблем, особенно актуальных для крупных городов. Ключевым катализирующим процессом здесь является стремительная урбанизация.



Константин Эдуардович Циолковский (05.09.1857–19.09.1938) — русский и советский учёный-исследователь, писатель, философ. Основоположник современной космонавтики, представитель русского космизма. Он предлагал заселить космическое пространство с использованием орбитальных станций, выдвинул идеи космического лифта, поездов на воздушной подушке, многоступенчатых ракет и др.

Рис. 1.14. К. Э. Циолковский

В наиболее общем толковании глобализм можно проследить во взаимосвязи с идеями русских космистов (К.Э. Циолковского (рис. 1.14), В.И. Вернадского, А.Л. Чижевского и их последователей). Эти идеи тесно связаны с осознанием глобального планетарного единства, а следовательно, соотносятся с идеей коэволюции геосфер (физических оболочек, живого вещества и человека).

Сдерживающими факторами глобализации стали социальные, национальные, культурные, языковые различия и т.п.

Таким образом, на глобализационные процессы оказывает влияние большое число глубинных трансформаций, происходящих в различных сферах: политической, экономической и социальной.

В результате влияния всех вышеперечисленных факторов изменяется сущность глобализации, которая характеризует на данном историческом этапе расширение, усложнение взаимосвязей и взаимозависимостей народов и государств.

Итак, суммируя вышесказанное, можно утверждать, что глобализация — это:

— формирование единого финансово-экономического пространства,

— формирование единого информационного пространства,

— формирование единого социокультурного пространства.

Если первые два пространства складываются естественно и без особых усилий со стороны общества, то социокультурное пространство, которое затрагивает генетические коды цивилизаций и архетипы сознания людей, их населяющих, во многом не поддается трансформации или подается с большим трудом, вызывая многочисленные конфликты (столкновение цивилизаций).

Глобализация связана и с техническим прогрессом, упразднившим проблемы географических расстояний, времени и связи. Здесь наряду с созданием всемирной коммуникационной информационной сети важная роль принадлежит революционным изменениям в транспорте.

Также стало очевидным, что наряду с дифференциацией научного знания возникла настоятельная потребность в интеграции теоретических и практических знаний, направленных на изучение новых явлений и тенденций в контексте глобализации, которые отличаются масштабностью, целостностью и сложной системой взаимоотношений как внутри самих глобальных проблем, так и в их связи с экономической, социальной, политической сферами.

Подводя итоги вышеизложенному, можно сделать следующий вывод.

Множественность смыслов понятия «глобализация» свидетельствует о том, что:

— во-первых, это социальная действительность, характеризующаяся различными параметрами в различных сферах жизнедеятельности;

— во-вторых, это сложный и разносторонний процесс, в результате которого происходит усиление взаимосвязей между различными мировыми структурами, культурами и народами, а также между отдельными индивидами.

Глобализация является междисциплинарной темой исследования, вместе с методами политической науки должны использоваться как понятийный аппарат, взятый из других областей научного знания, так и несколько иные концептуальные схемы изучения.

Таким образом, можно констатировать социоприродность глобализации. *Глобализация — это диалектический процесс развития социоприродной действительности, характеризующейся усилением*

взаимосвязи и взаимозависимости между субъектом и объектом и усложнением системы в целом.

В то же время глобализация определяется глубинной трансформацией процессов интернационализации хозяйственной, культурной и политической жизни человечества, их резким ускорением и глубоким качественным преобразованием.

Следовательно, *глобализация определяет динамику мирового развития*, в результате которого формируется единое политическое, экономическое, информационное и социальное пространство с новыми уровнями интегрированности, целостности, взаимозависимости и т.п. При таком рассмотрении глобализации современный этап является периодом перехода человечества к более крупным системообразующим общественным единицам, как региональным (региональным объединениям — конгломератам), так и глобальным (мировому сообществу). Результаты этого переходного периода будут зависеть от движущих сил, форм, методов и механизмов реализации.

Глобальные процессы — одна из ключевых категорий не только глобалистики, но и всего современного научного дискурса. Без упоминания о глобальных процессах в том или ином контексте сегодня не обходится практически ни одна из научных дисциплин.

Каково же содержание данной категории? Какие свойства объективного мира она отражает? В чем состоит субъективная сторона этого понятия?

В самом общем виде глобальные процессы можно определить как последовательные изменения состояний природных и социальных систем, функционирование которых распространяется на планету в целом.

Глобальные процессы условно можно разделить на три основных класса:

1. Глобальные природные процессы, т.е. процессы, изменяющие физическую структуру планеты.

2. Глобальные социальные процессы, т.е. процессы, изменяющие структуру социальных отношений на планете.

3. Глобальные социоприродные процессы, т.е. процессы взаимодействия общества и природы.

К первой группе относятся процессы изменения атмосферных, минеральных, биологических, водных, климатических и других физических характеристик планеты.

Среди процессов второго класса выделяются изменения, относящиеся к области экономических, политических, социокультурных, правовых, идеологических, духовно-нравственных и других отношений между людьми.

К третьей группе относятся экологические, природоресурсные и др. социоприродные взаимодействия, связывающие в единую глобальную систему процессы, относящиеся к первой и второй группе.

Глобальные процессы объективны по своей природе. Они появились задолго до того момента, когда научная мысль определяет их как категорию глобальных.

В современной литературе существует широкий разброс мнений относительно начала этих процессов, однако вполне определенно можно говорить о настоящем времени как времени нашего осознания их в качестве глобальных. Долгое время эти процессы, хотя и описывались наукой, не мыслились как планетарные. Их объективная природа несомненна, но в качестве глобальных они обнаружили себя впервые в последней трети XX столетия благодаря субъективному фактору — через осознание научным сообществом и широкой общественностью всеобщей взаимозависимости всех протекающих на планете процессов и явлений, через понимание глобального масштаба последствий многих событий.

Появление и утверждение в научной литературе категории «глобальное» и есть та ступень, на которой научная мысль начинает осознавать ряд социоприродных процессов в качестве общепланетарных.

Как уже отмечалось выше, от категории «глобальное» происходит целый ряд родственных понятий и категорий — глобализация, глобальность, глобальные проблемы, глобальные процессы и др. Каждая из этих категорий обретает собственную жизнь в научном дискурсе, отражая тот или иной аспект изучения планетарного бытия в рамках определенной парадигмы.

Практически параллельно с категорией «глобальные процессы» в научном мире появляется понятие «локальных процессов», которым обозначают изменения местного масштаба.

У понятия «локальное» есть и другие значения, в которых оно противопоставляется таким понятиям, как «общегосударственное», «международное» и т.п., однако в своем категориальном качестве оно составляет дихотомию именно с «глобальным».

Локальность и глобальность — это категории, выражающие масштаб, в котором рассматривается влияние того или иного со-

бытия, явления или процесса на среду.

Другими словами, «глобальность» и «локальность» — это понятия, отражающие не только свойства объективной реальности, но и уровень их осмысления научным разумом.

Развитие содержания научных категорий — естественный процесс. *И сегодня в научной литературе уже активно используется синтетическое понятие «глокализация», означающее свойство глобальных процессов проявляться в локальных и, наоборот, свойство локальных процессов отражать глобальные. Термин «глокализация» предложил Роланд Робертсон* (рис. 1.15), стали обозначать взаимопроникновение и взаимоприспособление глобальных и локальных тенденций в развитии мировой экономики, политики и культуры.



Рис. 1.15. Р. Робертсон

Роланд Робертсон — британский социолог, профессор университета в Абердине. Он разработал и популяризовал термины «глобализация» и «глокализация». В 1968 г. Робертсон выдвинул тезис о том, что сфера культуры имеет решающее значение для категоризации мира, и начал разрабатывать теорию глобализации, которая позволяет концептуализировать ее не только как структурные изменения, но и как изменения, возникающие на уровне сознания индивидов. В модель глобализации Робертсона интегрирована возможность существования оппозиции, действующей глобально и при этом креативно использующей глобализационные процессы (www.cogita.ru).

Ряд исследователей утверждает, что, по сути, все происходящее на Земле процессы являются глобальными. Так ли это?

В категориях системного анализа локальное можно условно назвать «замкнутым», а глобальное — «открытым». К примеру, процессы, происходящие в том или ином организме в течение его жизни, относятся к закрытым, т.е. обусловленным пространственно-временными рамками его индивидуального существования, и не имеют глобального значения. А процессы, происходящие в течение определенного периода времени с биологическим видом

(исчезновение, миграции, внутривидовая эволюция и т.п.), являются открытыми и могут рассматриваться в качестве глобальных. То же самое можно сказать об экосистемах, гидросистемах и т.д.

Так же можно охарактеризовать изменения, происходящие внутри какой-либо социальной системы (изменение половозрастной структуры, социальное расслоение, специализация и т.д.): если эти изменения происходят внутри системы и не распространяются на среду, то являются локальными; если они выходят за рамки системы и обнаруживают тенденцию к распространению в окружающей среде, то, по мере достижения планетарных масштабов, могут рассматриваться как глобальные.

Изучение глобальных процессов. Вопрос о том, какими методами современная наука исследует глобальные процессы, является отдельной проблемой, особенно актуальной в свете необходимости решения прикладных задач.

Какие процессы сегодня рассматриваются и исследуются в качестве глобальных? В первую очередь те, влияние которых на стабильность мировой социоприродной системы является очевидным для человечества. Эта очевидность проявляется через тенденции, эмпирически обнаруживаемые исследователями: посредством наблюдений, измерений, сравнений и т.д.

Роль математических методов здесь особенно велика. В принципе, возникновение любой новой науки было связано не только со спецификацией предметной области, но и с развитием собственного метода. В сфере глобальных исследований также обнаруживается эта тенденция. Возникновение глобалистики совпало с революцией в прикладной математике. Глобалистика формируется в третьей четверти XX века не только потому, что становятся очевидными общепланетарные проблемы, но и потому, что появляется инструмент, с помощью которого становится возможным количественное изучение сложнейших процессов глобальной динамики.

В середине XX в. происходит резкий скачок в развитии вычислительной техники. Математические модели занимают место ведущего направления в тех областях, где экспериментальное доведение техники невозможно — разработки в области элементарных частиц и ядерных испытаний, аэрокосмическая техника, исследования атмосферных явлений и т.п. Достижениями прикладной математики воспользовались не только инженеры, но и ученые. Компьютерные методы внедрялись во все науки и дисциплины, и это

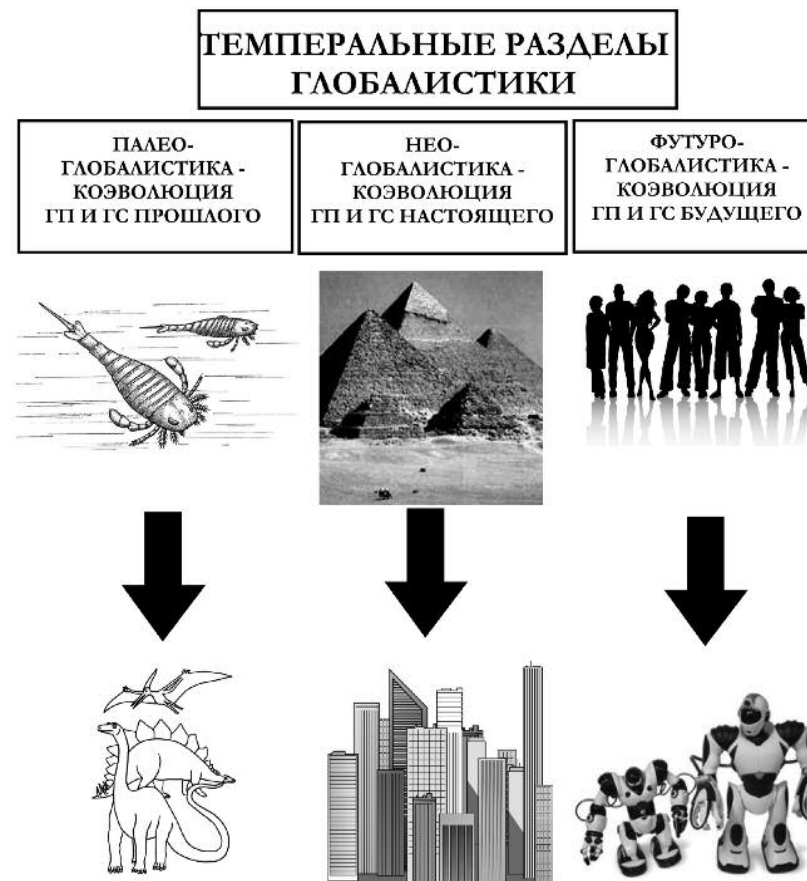


Рис. 1.16. Темпоральные разделы глобалистики

стало своего рода методологической предпосылкой для возникновения новой междисциплинарной области научного знания — глобалистики.

Темпоральный критерий глобалистики. Суммируя изложенное выше, рассмотрим основные темпоральные «срезы» глобалистики: **целесообразно разделять** (рис. 1.16) *ее на палеоглобалистику (коэволюция глобальных процессов и систем прошлого), неоглобалистику (коэволюция глобальных процессов и систем настоящего) и футуроглобалистику (коэволюция глобальных процессов и систем будущего).* Причем вектор коэволюции прослеживается внутри каждого из этих исторических срезов, у которых нет четких границ.

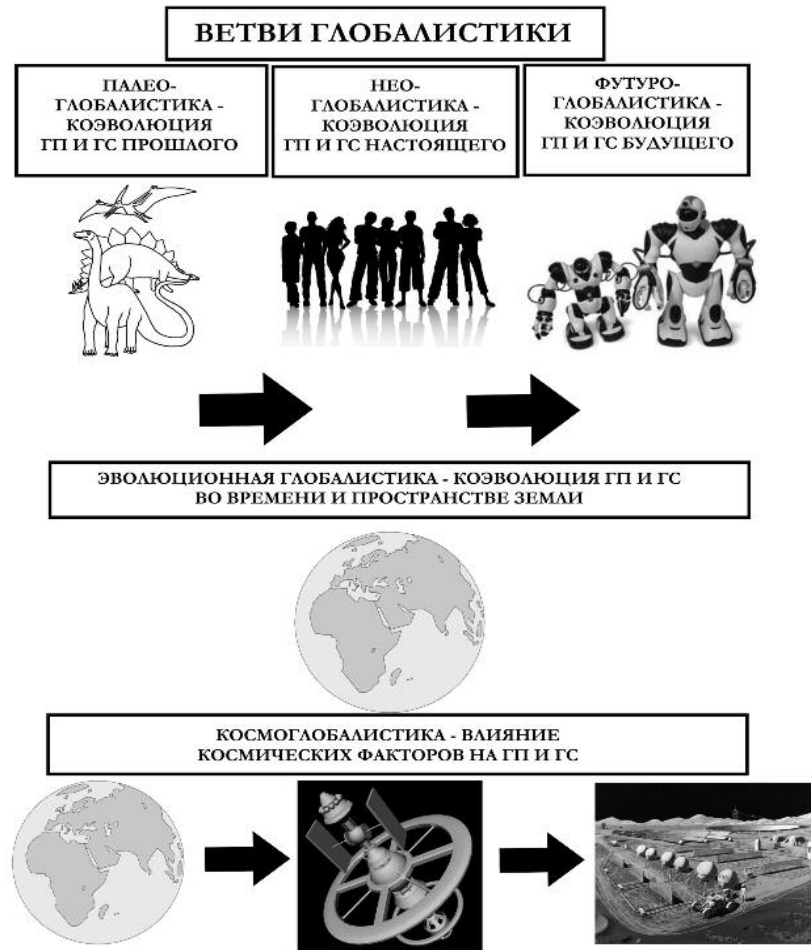


Рис. 1.17. Соотношение ветвей глобалистики в координатах: время и пространство

Встает вопрос о временных границах между этими темпоральными разделами глобалистики. *Палеоглобалистика* берет начало с момента формирования Земли, когда существовали многие системы и действовали процессы, которых либо почти нет сейчас, либо они сильно видоизменились, развившись в системы и процессы настоящего. Часть процессов и систем того времени действуют сегодня. *Историческая глобалистика* исследует глобальные системы и процессы от древнейших цивилизаций до наших дней. Современные глобальные процессы и явления изучает *неоглоба-*

листика. Сегодня исследователи глобалистики уже рассуждают о возможных глобальных системах и процессах будущего, т.е., по сути, занимаются *футуроглобалистикой*. Здесь они работают на одном поле с учеными-футурологами и писателями-фантастами.

Смена доминирующих глобальных систем и процессов, их коэволюция — предмет изучения **эволюционной глобалистики** (рис. 1.17). Именно эта ветвь определяет четкость временных границ и факт перехода от одного глобального этапа развития к другому. **Заметим, что пока речь шла о глобальных процессах и системах Земли**, но развитие человечества имеет четко определенный вектор на исследование и последующую колонизацию космического пространства. *Именно тогда наступит «космоглобалистический этап» и на научную арену выйдет новое направление, или ветвь — космоглобалистика, изучающая влияние космических факторов на глобальные процессы и системы* (рис. 1.17).

Глава 2

ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

2.1. Общая характеристика глобальных природных процессов

Говоря о глобальных природных процессах, связанных с нашей планетой, нельзя не упомянуть о двух основных тенденциях, присущих им. Во-первых, это необратимость и, во-вторых, цикличность. Эти два глобальных природных свойства действуют одновременно и являются типичным примером коэволюции (совместной эволюции) всех форм материи.

Всем известная смена дня и ночи, времен года определяется вращением Земли, а точнее — ее астрономо-климатическими параметрами. Последние отвечают за климатические вариации — интервалы общепланетарного потепления и похолодания. Тем не менее циклический процесс смены климата происходит на фоне необратимого замедления скорости вращения нашей планеты.

Цикличность изменения климата влечет цикличность в процессах осадконакопления и выветривания (разрушения ранее накопившихся осадков и горных пород), изменении рельефа, солености водоемов, силы и направлений ветров и течений, состава флоры и фауны. Вместе с тем процессы выветривания и на самом начальном этапе развития Земли, в докембрийской бескислородной атмосфере, протекали по-другому, и очевидна направленная (и пока необратимая) тенденция к постепенному росту содержания кислорода в атмосфере.

Помимо известного всем круговорота воды, углерода, углекислого газа существует и процесс «круговорота» осадков (рис. 2.1.1). Другим примером круговорота большего масштаба можно считать процесс дрейфа литосферных плит, который называют еще циклами Уилсона (рис. 2.1.2, 2.1.3). В условиях растяжения происходит утончение и разрыв континентальной коры с образованием рифтовой долины (рис. 2.1.3 б). Постепенно образуется океаническая кора в разрастающемся вширь молодом океане (рис. 2.1.3 в). В центре океана формируется центрально-океаническое

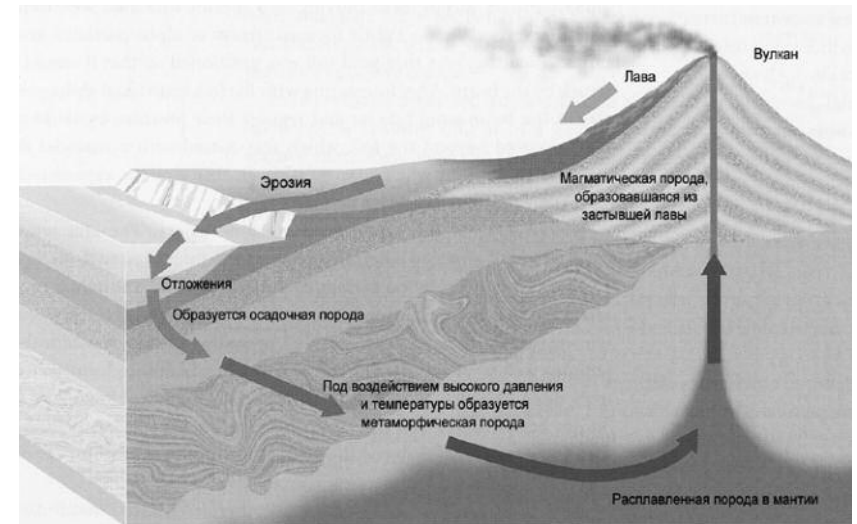


Рис. 2.1.1. «Круговорот» осадков



Рис. 2.1.2. Исландия. Граница Американской и Европейской тектонических плит

поднятие, или срединно-океанический хребет. В этом месте происходит рождение океанической коры. Океан достигает максимального размера (рис. 2.1.3 г), после чего начинает сокращаться. Процесс рождения океанической коры начинает компенсироваться

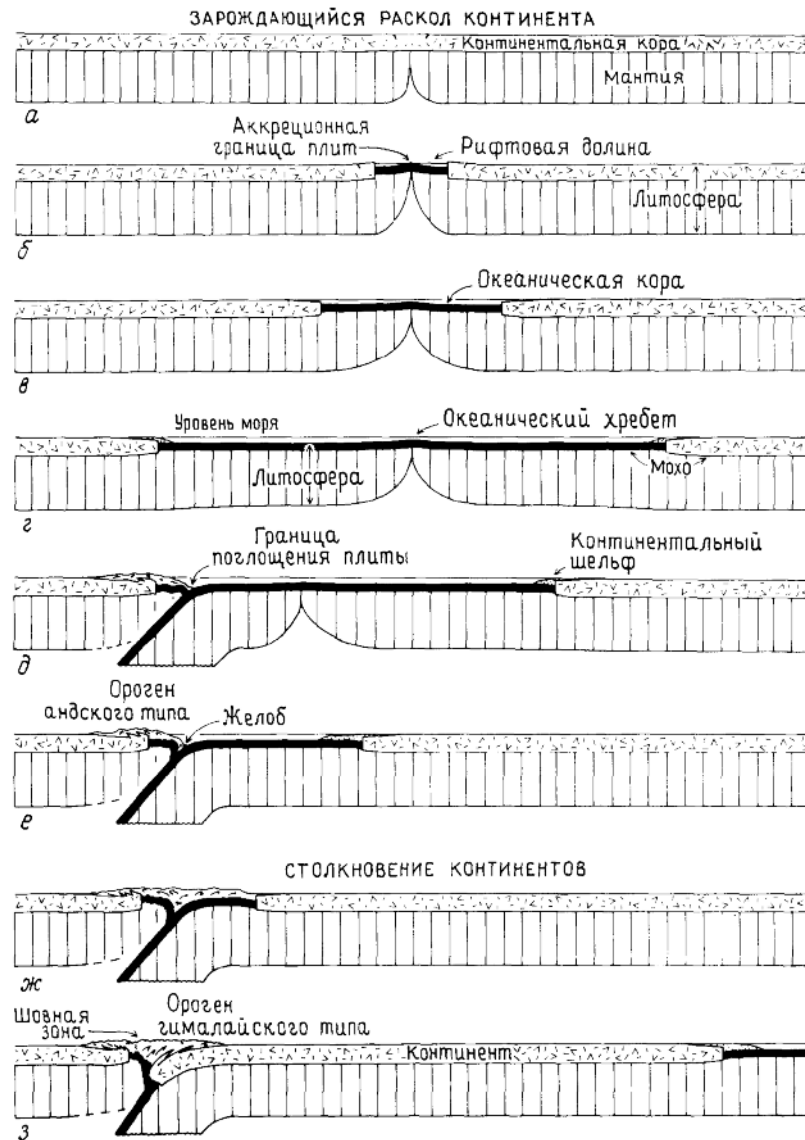


Рис. 2.1.3. Тектонические циклы (Уилсона)

процессом ее поглощения на окраинах океана (рис. 2.1.3 д). Океан перестает расти и начинает уменьшаться, т.к. процессы поглощения новообразованной коры начинают доминировать над процес-

сом ее рождения. Как правило, угасание одного океана провоцируется началом роста другого. По-другому и быть не может, ведь объем планеты постоянен согласно концепции тектоники плит. Океаническая кора погружается под континентальную в глубоководном желобе с образованием гор (орогена) андийского типа (рис. 2.1.3 е). Если океан полностью исчезает и континенты сталкиваются, то образуется *коллизийный* ороген гималайского типа (рис. 2.1.3 ж, з). При этом передовые участки континентальной коры дробятся, а одна плита либо погружается под другую (т.е. тонет, это называется *субдукцией*), либо наезжает на другую (т.е. покрывает, это называется *обдукцией*). **Рифтовая долина и горы сыграли ключевую роль в становлении древнего человека.** 8 млн лет назад Африка утопала в зелени тропических лесов. Из-за коллизии тектонических плит Индостана и Евразии возникли Гималаи — грандиозная горная система длиной до 3 тыс. км и высотой около 5 км. Они существенно повлияли на климат Евразии и Африки. Высочайшие горы изменили направление ветров, что в свою очередь привело к переориентировке океанических течений и направления движения дождевых облаков. Теперь они изливались ливнями в Индии, не достигая Восточной Африки, где наступает великая сушь. На смену тропическим лесам приходят саванны и пустыни.

В Восточной Африке возникает рифтовая долина — гигантский провал с отвесными стенками, вызванный растяжением земной коры. Долина — следствие гигантского геологического разлома шириной до 200 км и глубиной около километра, который протянулся от Южной Турции до Мозамбика на 6500 км и расширяется со скоростью около 4-х мм в год. Через несколько миллионов лет Восточная Африка отделится от основного материка и станет полуостровом, имеющим связь с Евразией на востоке.

Каньон тут же заполняется подземными и дождевыми водами, образуя каскад озер и формируя локальный оазис. К западу от разлома леса есть, а к востоку — нет. Приматам восточной части Африки приходится спуститься с засыхающих деревьев. Они в конечном итоге дадут начало людям. Их собратья по другую сторону разлома, а также те немногие, которым повезло найти новые леса, так и остались очень похожими на человека обезьянами.

Помимо циклических процессов, свойственных земной коре, наблюдается и необратимая тенденция к уменьшению ее толщины (рис. 2.1.4) в течение геологического времени. Причем существуют две модели: постепенного и ступенчатого уменьшения толщины океа-

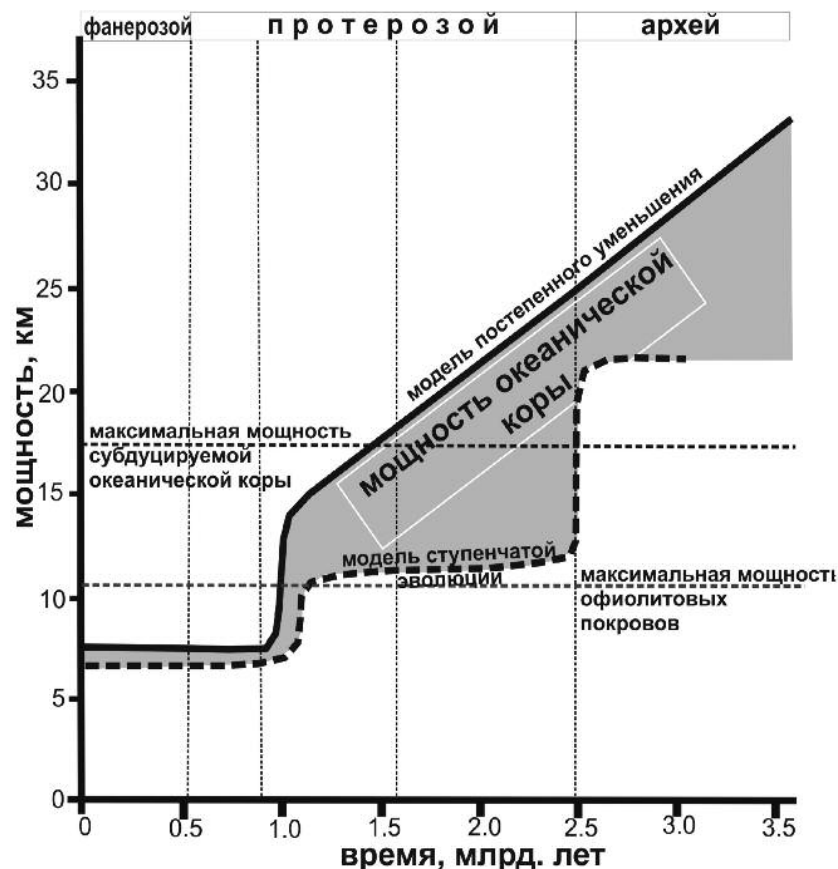


Рис. 2.1.4. График изменения толщины океанической коры в течение геологического времени. Рисунок А.М. Никишина (МГУ)

нической коры. Последний миллиард лет эта кора почти не меняла свою толщину.

Объем воды в гидросфере и ее положение на планете в течение геологической истории непостоянны. Вариации уровня Мирового океана, или *эвстатические* циклы, связаны с целым рядом причин, среди которых одними из самых глобальных и главных принято считать *гляциоэвстазия* (вследствие изменения климата) и *тектонозэвстазия* (из-за вариации геодинамики планеты). *Тектоноэвстазия* — это изменение объема океанических ванн вследствие поднятий, опусканий океанического дна, изменения геометрии контуров бассейна и др. (рис. 2.1.5).

ТЕКТОНОЭВСТАЗИЯ. ОСНОВНАЯ ПРИЧИНА - ИЗМЕНЕНИЕ ОБЪЕМА ОКЕАНИЧЕСКИХ ВАНН



Рис. 2.1.5. Тектоноэвстазия. Рисунок А.М. Никишина (МГУ)

Гляциоэвстазия проявляется понижением уровня Мирового океана при общепланетарном похолодании (оледенении) и повышением — при потеплении. В наши дни тема глобального потепления постоянно муссируется, многие слышали о возможном затоплении больших территорий и даже целых стран (например, Нидерландов) из-за таяния ледниковых щитов на Северном и Южном полюсах. Средняя температура за последние 15 лет достигла самой высокой отметки. Толщина ледников на полюсах нашей планеты за последние 40 лет уменьшилась на 40%.

По расчетам ученых, к 2030 году льды Арктики полностью исчезнут. Есть расчеты, согласно которым это может случиться раньше. Ледниковый щит отражает солнечные лучи, а теперь они проникают в темные воды и нагревают их. Не только атмосферное тепло, Солнце, но теперь и сама гидросфера растапливает лед.

Сегодня человечество, как и в давние времена, рассредоточено по береговым линиям континентов и по берегам рек и озер. **11 из 15 мегаполисов расположены на береговой линии, в дельтах рек и находятся под угрозой затопления.** При затоплении соленая вода про-

никает в грунтовые воды и лишает людей источников питьевой воды.

Сегодня 1 млрд человек не имеют доступа к безопасным и чистым источникам питьевой воды, а 5000 человек ежедневно умирают от загрязненной питьевой воды. Вместе с тем человечество нерационально расходует самое ценное полезное ископаемое — питьевую воду. На выращивание 1 кг картофеля уходит 100 л воды, на 1 кг риса — 4000 л воды, на 1 кг говядины — 13000 л воды.

Сегодня 500 млн человек живут в пустынях и знают цену воде. Расход воды на одного человека в Лас-Вегасе и Палм-Спрингз (США) составляет 800 л в сутки, а река Колорадо более не впадает в океан. Уровень Мертвого моря падает в среднем на метр каждый год из-за того, что река Иордан более в него не впадает. Вода в огромных количествах изымается для сельского хозяйства. Каждая десятая крупная река уже не впадает в море или океан. Все это — антропогенное воздействие на окружающую среду, пример *социоприродного процесса*: человечество в состоянии «обескровить» реки, полностью забрав воду для собственных нужд. Сравнение *природных* и *социо-природных* процессов и их результатов необходимо, во-первых, чтобы оценить степень воздействия человека на окружающую среду (чтобы разграничить природную и антропогенную компоненты) и, во-вторых, чтобы, учитывая динамику процесса в геологическом прошлом, путем сравнения, делать прогнозы на настоящее и будущее.

В качестве примера *социоприродного процесса* показателен факт постепенного *исчезновения (регрессии) Аральского моря в Казахстане*. В 1960 году его площадь составляла 68 000 кв. км, что вдвое больше площади Бельгии. Аральское море было одним из четырех крупнейших внутренних морей в мире и питалось водами рек Амударьи и Сырдарьи. Для нужд сельского хозяйства (хлопковые плантации) была прорыта система каналов, которая изымала большую часть воды рек. Начиная с 1960-х годов их ежегодный сток, достигавший 55 млн кубометров, сократился до 7 млн. В итоге за 40 лет площадь зеркала воды уменьшилась вдвое, а объем воды сократился на три четверти (рис. 2.1.6). Первые каналы были построены еще в 30-х годах прошлого века. В 1989 году море распалось на две неравные части: Малое море на Севере и Большое море на юге (рис. 2.1.6 а). Затем Большое море распалось на Западное (ныне существующее) и Восточное (высохшее). Границей между ними стал бывший остров Возрождения, ныне соединившийся с материком. В пересы-

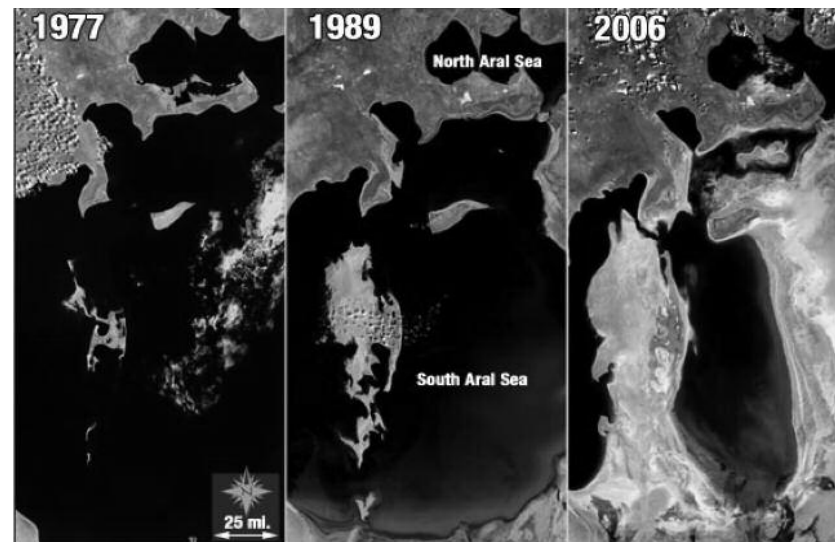


Рис. 2.1.6а. Регрессия Аральского моря (www.columbia.edu)



Рис. 2.1.6 б. Бывший флот Аральского моря (www.mk.ru)

хающем водоеме возросла соленость: в Большом море — 120 грамм на литр в 2007 году, против 10 в 1960-м. Это привело к исчезновению двух десятков местных видов рыб, а чуть ранее из-за их существенного сокращения в начале 1980-х вся рыболовная деятель-

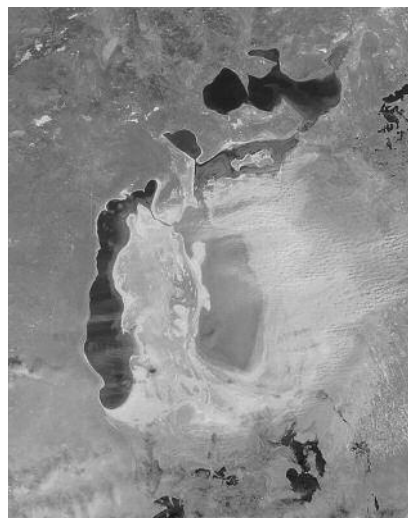


Рис. 2.1.6 в. Аральское море в 2008 г.
(www.amikeco.ru)

ность в регионе прекратилась. У бывшего поселка рыбаков Мергенсай, недалеко от Аральска, в песках стоят остовы кораблей, которые были обездвижены обмелевшим, а затем высохшим морем (рис. 2.1.6 б). Это «кладбище» судов — местная достопримечательность и обязательный пункт туристической программы. Дно моря покрыто солью и ядохимикатами (ранее смытыми с полей и принесенными реками), которые разносятся ветром на огромные расстояния. Сегодня озеро-море катастрофически мелеет (рис. 2.1.6 в)

Остров Возрождения (центральная часть снимка, рис. 2.1.6 а) служил полигоном для испытания биологического оружия. В 2001 году он соединился с материком, и пылевые бури могут принести выживших возбудителей сибирской язвы, чумы, тифа, оспы в населенные районы.

Справка: В 60-х годах прошлого века в Аральском море обитало 34 вида рыб, из которых 20 считались промысловыми. Имелся собственный рыболовный флот и комбинаты по переработке рыбы. В 2002 году в Южном Арале обитало два вида рыб: камбала и атерина. С августа 2009 года рыба там более не водится.

В 2005 году Казахстан завершил строительство Кокаральской дамбы длиной 17 км. Из-за этого уровень Северного Арала поднялся, и в нем стали разводить рыбу (в основном камбалу). Казахстан надеется, что с 2012 года Северный Арал будет приносить до 10 тысяч тонн рыбы ежегодно (для сравнения, весь Арал в свои лучшие годы приносил до 60 тысяч тонн).

Отступившее море оставило после себя 54 тыс. км² сухого морского дна, покрытого солью, а в некоторых местах еще и отложениями из пестицидов и различных других сельскохозяйственных ядохимикатов, разносимых на расстояние до 500 км. Северные и северо-восточные ветры оказывают неблагоприятное воздействие на расположенную южнее дельту Амударьи — наиболее плотно населенную, экономически и экологически важную часть всего региона. Перено-

симые по воздуху бикарбонат натрия, хлорид натрия и сульфат натрия уничтожают или замедляют развитие естественной растительности и сельскохозяйственных культур. Местное население страдает от большой распространенности респираторных и глазных заболеваний, анемии, рака горла и пищевода, а также расстройств пищеварения.

Тем не менее в последнее время принимаются меры по восстановлению моря. Начата очистка от мусора территории моря, заселенной сегодня верблюдами, грызунами и волками. В 2005 году была введена в строй Кокаральская плотина, построенная от полуострова Кокарал до устья Сырдарьи на средства Всемирного банка и правительства Казахстана. Она является «перегородкой» между Малым и Большим морями. Плотина позволила наполовину восстановить площадь поверхности Малого моря. Три года назад ее береговая линия находилась более чем в ста километрах от Аральска, а в 2010 году она уже располагается в тридцати километрах. В будущем она должна вновь подойти к Аральску. Уровень воды, который в 2004 году составлял 18 метров, сегодня поднялся до 42 метров. Южнее плотины периодически возникает узкий водный поток. Это — излишек воды, сливающийся из Малого моря в весенний период. Вместе с водой на юг в Большое море попадает рыба, которая быстро погибает мучительной смертью — засаливаясь заживо.

В рамках проекта по регулированию русла реки Сырдарьи осуществляется вторая фаза программы восстановления Малого моря. На протоке Сырдарьи, Караозеке, построен новый гидроузел «Ак-лак», благодаря чему появилась возможность обводнить озерные системы, вмещающие в себя более 1,5 млрд кубометров воды. Идет строительство второй плотины, после ввода которой в строй уровень Малого моря должен будет подняться минимум на четыре метра, а море достигнет Аральска к 2011 году (<http://www.lenta.ru/articles/2009/09/19/aryl/>). Меры, принимаемые Казахстаном, способны восстановить лишь часть бывшего Арала — Малое море. Для воссоздания озера в его первоначальном виде необходимы определенные усилия со стороны Узбекистана, Таджикистана и Туркменистана.

Обмеление Аральского моря — *социоприродный процесс*. Есть и естественные причины сложившейся ситуации — это *циклические* флуктуации уровня озера за несколько миллионов лет его существования. За последние 10 тысяч лет этот уровень падал как ми-

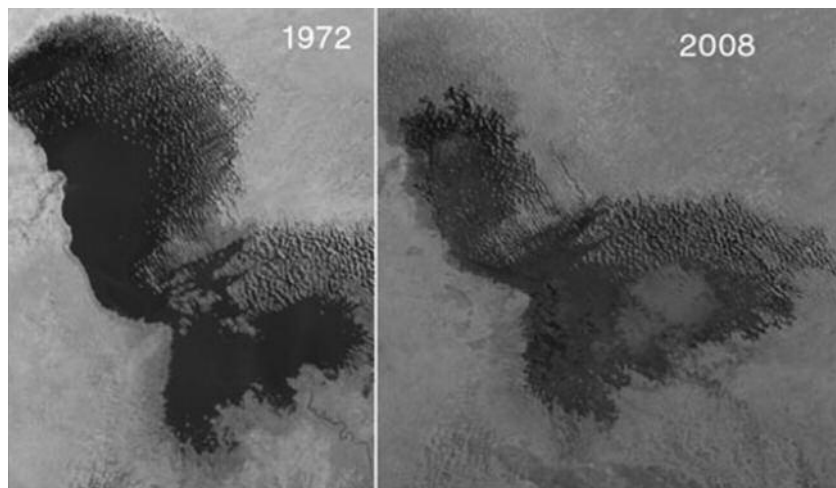


Рис. 2.1.7. Динамика обмеления озера Чад в Центральной Африке (www.lenta.ru)

нимум четыре раза, последний раз — в XVI веке. Однако соотношение антропогенных и естественных причин обмеления составляет семь к трем. Многие другие водоемы, например озеро Чад в Центральной Африке, также постепенно исчезают из-за растущего объема забора воды (рис. 2.1.7).

В Индии 21 млн колодцев. В Западной Индии 30% колодцев заброшено, полностью исчерпан ресурс пресных грунтовых вод. В ближайшее время Индия столкнется с проблемой острой нехватки питьевой воды. К 2025 году от нехватки воды пострадает 2 млрд человек.

Однако совсем немногие знают, что в геологическом прошлом уровень океана мог быть на 200, 400, а иногда и 600 м выше современного (рис. 2.1.8), а это уже совсем другой масштаб затопления.

Уровень океана поднялся на 20 см только за XX век. При таянии ледников Гренландии уровень океана поднимется на 7 м. Льды Гренландии содержат 20% мировых запасов замороженной пресной воды. Ледники Гималаев и многих других высочайших гор постепенно тают (рис. 2.1.9). Ледники удерживают воду в виде льда во время сезона дождей и отдают во время засухи. В итоге в сезон дождей страны страдают от наводков, селей и наводнений, а в остальное время — от засухи. В Бангладеш 1/3 страны непригодна для жизни из-за стихийных бедствий. Глобальное потепление приводит к засухе, засуха — к пожарам, пожары — к еще большему потеплению. К началу XXI века

Эвстатические циклы в фанерозое

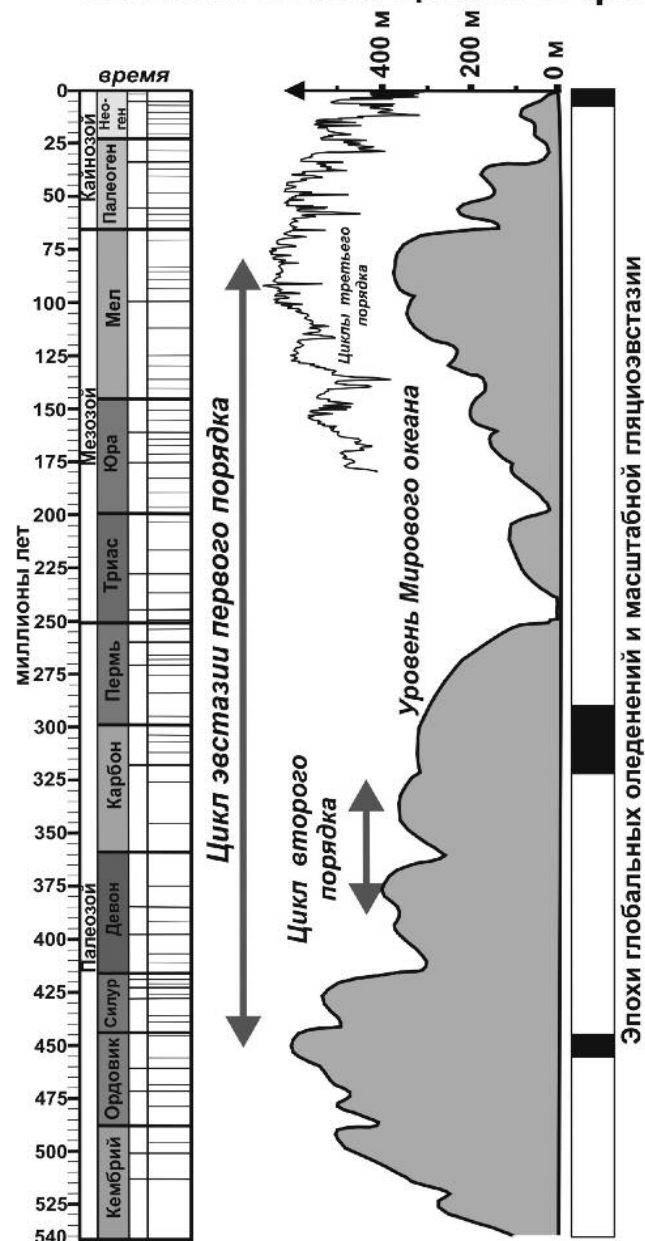


Рис. 2.1.8. Кривая эвстатических вариаций фанерозоя. Рисунок А.М. Никишина (МГУ)



Рис. 2.1.9. Масштабы таяния горных ледников в Европе

80% ледников г. Килиманджаро в Африке исчезло. Климат начинает заметно меняться: он становится более контрастным. По соседству возникают районы с разным атмосферным давлением, формируя циклоны и антициклоны (рис. 2.1.10). Ветра (рис. 2.1.11), наводнения и засухи все сильнее (рис. 2.1.12), а интервалы времени без «катаклизмов» сокращаются. На Ближнем Востоке усиливаются песчаные бури (рис. 2.1.13), а в Подмосковье возникают присущие



Рис. 2.1.10. Крупный антициклон. Снимок из космоса



Рис. 2.1.11. Ветер, переносающий песок из Ливийской пустыни в Атлантический океан. Снимок из космоса

Америке смерчи (рис. 2.1.14). Все эти перемены климата многократно имели место в истории Земли и играли важнейшую роль в эволюции органического мира, включая происхождение человека.



Рис. 2.1.12 а. Наводнение на реке Миссисипи, США (www.fishki.net)



Рис. 2.1.12 б. Оно же (www.fishki.net)



Рис. 2.1.13 а. Песчаная буря в Саудовской Аравии



Рис. 2.1.13 б. То же



Рис. 2.1.14 а. Смерч в г. Красноармейск Павлово-Посадского района Московской области, 3 июня 2009 г.



Рис. 2.1.14 б. Последствия смерча в Красноармейске утром 4 июня 2009 г.

К 2050 году число климатических беженцев может достигнуть 200 млн человек. Они во многом могут повторить судьбу первобытных людей, вынужденных скитаться и приспосабливаться к меняющимся условиям окружающей среды. Момент появления современного человека — это время перехода от *глобальных природных процессов* к *глобальным социальным* и *социоприродным*. Этот важнейший в истории человечества и жизни на Земле момент связан с определением: что такое человек?

Отличия человека от обезьяны на генетическом уровне невелики, самые существенные — скрыты внутри головы, в мозге, который определяет поведение. Примат перестал быть животным, когда его поведение вышло за грани животных инстинктов и стало осознанным.

Аристотель определяет человека как социальное (общественное) существо. Однако так же можно назвать колонии пчел, муравьев и других общественных насекомых. Второе определение человека по Аристотелю заключается в том, что он разумен. Сразу появляются вопросы: что такое разум и есть ли он у животных? Разум — это способность понимания и осмысления. Животные тоже могут решать простые задачи: волк может просчитать траекторию добычи и опередить ее, срезав путь. Дельфины и осьминоги поддаются гипнозу, т.к. у них высоко развит мозг.

С рождения животное уже что-то умеет, чему-то учится в процессе жизни, но ни одно животное не может сохранить какую-либо информацию, кроме генетической. Только человек способен сделать наскальный рисунок, создать скульптуру, написать книгу, которые останутся после его смерти. Человек умеет накапливать информацию, что позволяет каждому последующему поколению людей знать и уметь больше и передавать накопленные знания дальше.

Разум человека программируется на социальном уровне. Ни у одного биологического вида, даже у тех, которые живут в несколько раз дольше человека (крокодилы, попугаи), обучение и воспитание не занимает столько времени. Без должного обучения и воспитания человек деградирует, превращается в животное, т.е. становится «Маугли».

Важнейшую роль в образовании играет язык. Ни у одного биологического вида нет такого количества слов, диалектов и языков.

Животное не задумывается о причинах и следствиях протекающих событий в окружающем его мире. Оно ничего не планирует и философски не рассуждает.



Рис. 2.1.15. Гейдельбергский человек
(www.shkolazhizni.ru)

Ни одно животное не может быть религиозным — задумываться о смысле жизни, о жизни после смерти, заниматься сложными ритуалами и обрядами, не имеющими для повседневного выживания никакого смысла и отнимающими иногда сравнительно много времени. Только человек может сознательно себя ограничивать в пище во время поста и т.д. В природе бывают примеры простых обрядов — слоны закидывают ветками деревьев и кустарниками тело своего умершего собрата, как бы устраивая ему похороны.

Проследим лишь малую часть эволюционного пути человечества с отметки в 500 000 лет и проанализируем влияние природных процессов на его эволюцию. Начинается очередное оледенение четвертичного периода, которое превращает северное полушарие Земли в ледяную пустыню и замораживает воду рек и океанов, приводя к эвстатическому понижению уровня Мирового океана и вызывая необычайную засуху в южном полушарии, где пески пустынь наступают на редкие леса и оазисы. На этот момент самым эволюционно продвинутым приматом принято считать гейдельбергского человека (рис. 2.1.15). Его популяция разделилась на две части. Первая, которая осталась «на месте», научилась пользоваться огнем, а вторая, покинувшая холодные высокие широты и мигрировавшая на юг в Африку, применила всю смекалку, чтобы найти воду в условиях засухи. Огромные массы людей погибают от жажды и голода на юге и от холода и голода на севере, в живых остаются лишь самые выносливые.

Справка: Гейдельбергский человек — ископаемый вид людей, европейская разновидность человека прямоходящего (родственный восточноазиатскому синантропу и индонезийскому питекантропу), обитавший в Европе 800–345 тыс. лет назад.

Первая находка датируется 1907 годом, когда близ города Гейдельберг была обнаружена челюсть. Описана и выделена в отдельный вид профессором О. Штензенком, возраст находки определен в 400 тыс. лет. Культура найденных поблизости орудий (каменные рубила и отщепы) охарактеризована как шелльская. Шёнингерские копья позволяют предположить, что гейдельбергские люди охотились с помощью деревянных копий даже на слонов, однако мясо ели сырым, поскольку следов огня на стоянках не обнаружено.

Обнаружение следов гейдельбергского человека на юге Италии позволило ученым сделать вывод, что он был прямоходящим, а его рост не превышал 1,5 м.

На юге гейдельбергские люди встречаются с популяцией своего предка — человека трудящегося. Последний во многом проигрывает своему потомку, имеющему богатый опыт, полученный в результате миграции и жизни на севере, в Европе. Гейдельбергский человек продержался до конца засушливого периода, который закончился около 110 тыс. лет назад. Возможно, он догадался запасать воду во «фляжках» — пустых страусиных яйцах, закопанных в песок.

Потепление вызывает таяние ледников, уровень Мирового океана повышается, климат становится более влажным. Африканские полупустыни вновь превращаются в саванны, а саванны — в леса. Около 50 тыс. лет назад афрокроманьонец, «потомок» гейдельбергского человека, начинает мигрировать на север и встречает неандертальцев (рис. 2.1.16) — популяцию в прошлом гейдельбергских людей, переживших несколько фаз оледенения. Раньше их было принято считать прямыми предками современных людей, но последние исследования показали, что они являют собой тупиковую ветвь эволюции.



Рис. 2.1.16. Неандерталец
(www.liveinternet.ru)

Справка: Остатки человека неандертальского, или неандертальца (250–30 тыс. лет назад, Евразия), были обнаружены в 1856 г. в районе долины Неандерталь у г. Дюссельдорфа (Германия). Это были первые в истории науки останки ископаемого человека, отличающегося от современных людей. В 1864 г. его выделили в особый вид неандертальцев человеческого рода (гомо неандерталензис). С 1966 г. неандерталец — подвид человека разумного (гомо сапиенс неандерталензис, или разумный неандерталец), а не самостоятельный вид.

У неандертальца был больший объем мозга (1300–1700 см³), чем у современного человека (1450 см³) или «современников» (например, кроманьонца). Вместе с тем слабо развитые верхние лобные доли мозга в меньшей степени (чем у кроманьонца) подавляли животные инстинкты, или агрессивность.

Неандерталец — тупиковая ветвь эволюции. Это подтвердил сравнительный анализ ДНК неандертальца и современного человека. Генетически эволюционные ветви неандертальца и современного человека разошлись около 741–347 тыс. лет назад.

Как появились неандертальцы? Около 300 000 лет назад наступает очередное оледенение и гейдельбергский человек перерождается в неандертальца. Эти сравнительно низкорослые (1,7–1,5 м) люди имели широкий и большой нос, помогавший им охлаждаться. В условиях постоянного холода вспотевший человек моментально бы переохладился и заболел. Руки и ноги у неандертальца были короче для лучшей циркуляции крови (чтобы не отмерзали). Раны, полученные при охоте на мамонтов или защите от волков и медведей, в условиях холода сравнительно быстро заживали. Средний неандерталец жил около 25 лет. Он был сильным и неприхотливым — и тем не менее вымер. 40–30 тыс. лет назад началось постепенное исчезновение неандертальцев. Одновременно с этим стало больше современных людей.

Исчезновение неандертальцев имеет несколько объяснений. Во-первых, изменился климат, затем рельеф, животный и растительный мир, т.е. все то, к чему так хорошо приспособились эти люди, просто исчезло. Во-вторых, они могли быть вытеснены более умными кроманьонцами. Неандертальцы плохо контролировали свои эмоции в силу особенностей развития определенных частей головного мозга.

Есть доказательства взаимного каннибализма неандертальцев и кроманьонцев, возможно, являющегося результатом их борьбы. Неандертальцы имели ДНК отличную, от кроманьонской, а значит и от ДНК современного человека, поэтому никакой ассими-

ляции первых вторыми путем скрещивания между популяциями неандертальцев и кроманьонцев, общая численность которых достигла 80 тыс., не могло быть, т.к. это разные биологические виды. Иными словами, у них не могло быть общих детей.

Около 30 тыс. лет назад между неандертальцами и кроманьонцами произошел обмен культурами. Неандертальцы позаимствовали у кроманьонцев желание украшать свое тело, а кроманьонцы научились хоронить тела умерших, зарывая их в землю. После этого неандертальцы исчезли, и на планете остался только один вид человека — кроманьонец (рис. 2.1.17), который около 10 тыс. лет назад превратился в современного человека (современного сапиенса). Ряд ученых считают, что еще кроманьонцы приручили животных и начали заниматься земледелием, другие исследователи ратуют за то, что это было заслугой современного человека.

Кроманьонцы были людьми высокого роста (от 1,5 до 1,8 м), слабо отличающимися от современного человека. Окончательный облик современного человека возник около 25 тыс. лет назад. У кроманьонца и его потомка — современного человека — появился высокий череп с круглым сводом, а лобные и теменные отделы головного мозга развиты максимально. Эти отделы контролируют координацию эмоций и агрессии, а также интеллектуальную деятельность.

Кроманьонцы усовершенствовали копья, придумав острые зазубренные наконечники (гарпунного типа) из камня. Такое копьё пробивало шкуру зверя и застревало в ней. Они придумали копьё-металку — инструмент, «удлинявший» руку и позволявший метать копья на большее расстояние, в т.ч. из-за укрытия. Два этих изобретения кардинальным образом поменяли стиль охоты. Теперь достаточно было поразить цель и не спеша преследовать раненую добычу, идя по кровавому следу.

Развитый ум позволил еще более упростить охоту, изобретая лук и стрелы. Наскальная живопись пещер со сценами охоты из лука, датированная 20 тысячами лет, достоверно подтверждает факт существования лука, однако, по мнению ряда ученых, лук был изобретен раньше. Наконечники стрел сначала затачивались, а затем обжигались на огне.

Теперь охота стала быстрее, безопаснее и приносила больше плодов, а высвободившееся время можно было занять другими делами или отдыхом. Стало возможно запастись пищей впрок и хранить мясо в погребах — неглубоких ямах, дно которых могло доходить до

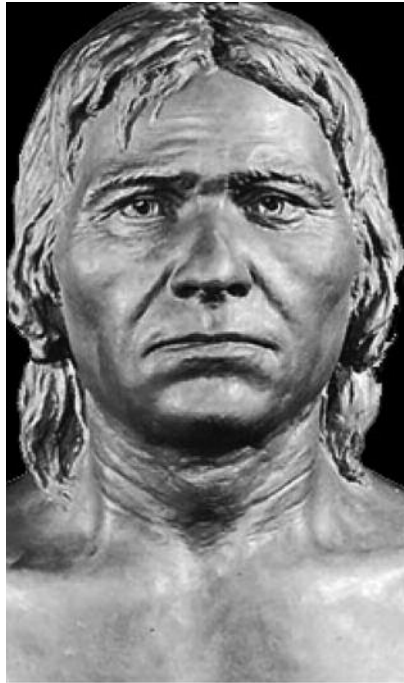


Рис. 2.1.17. Кроманьонец
(www.eden-saga.com)

вечной мерзлоты. Кроманьонцы освоили кость и дерево, научились шить иглами из рогов животных, поэтому они носили удобную одежду по сезону. Эстетически развитые кроманьонцы носили создавали украшения, наскальные рисунки и статуэтки из камня, кости и дерева. Удивительно, но пещеры ими воспринимались скорее не как дома, а как картинные галереи или храмы.

Справка: На юге Франции в 1868 г. на холме Кро-Маньон ученые обнаружили останки людей, живших около 25 тыс. лет назад. Их назвали кроманьонцами. Европейские кроманьонцы первоначально имели негроидные черты строения черепа и скелета, ввиду их африканского происхождения. Первые кроманьонцы, как считает ряд ученых, были черно-

кожими, но со временем обрели белокожесть. Если бы цвет кожи оставался темным, то в организм бы не поступал витамин D, отвечающий за рост костей тела, т.к. темный цвет кожи затрудняет избыточное поступление солнечных лучей в организм.

Все это способствовало увеличению продолжительности жизни кроманьонцев до 30–45 лет.

Современные люди освоили рыболовство: научились ставить сети и ловушки на рыбу. Они плавали на выдолбленных лодках, вели оседлый образ жизни, возвращаясь после охоты или рыбалки к себе домой. И сегодня рыба — основной рацион каждого пятого человека, но 75% рыбных ресурсов недоступно (исчезло, исчерпано или находится под угрозой исчезновения). Вместе с тем и сегодня глубины океана — это загадка. Там обитает около 10 тысяч неизвестных науке видов.

Изменения уровня Мирового океана большого масштаба тесно

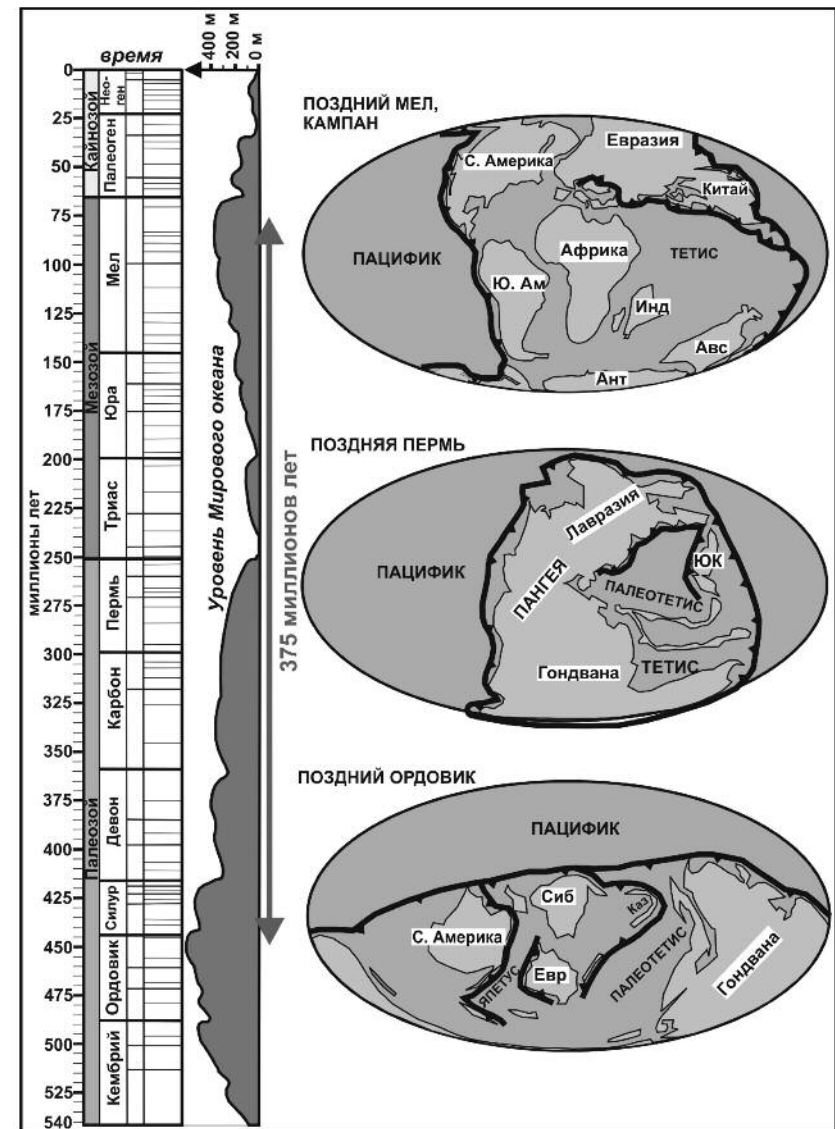


Рис. 2.1.18. Цикличность в образовании и распаде суперматериков на примере позднепалеозойского континента Пангея-2. Рисунок А.М. Никишина (МГУ)

связаны не только с климатом, но и с тектоническими движениями в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Минимальный уровень приходится на периоды образования суперматериков, а мак-

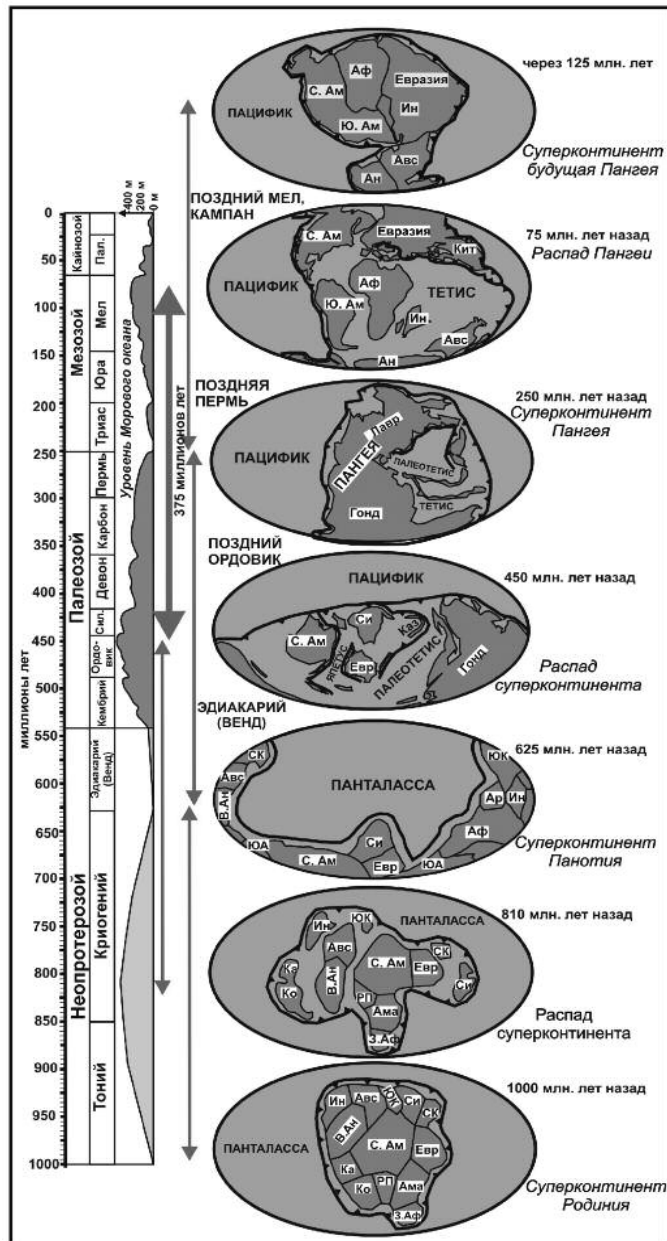


Рис. 2.1.19. Цикличность в образовании и распаде суперматериков.
Рисунок А.М. Никишина (МГУ)

Модель геологической истории Земли

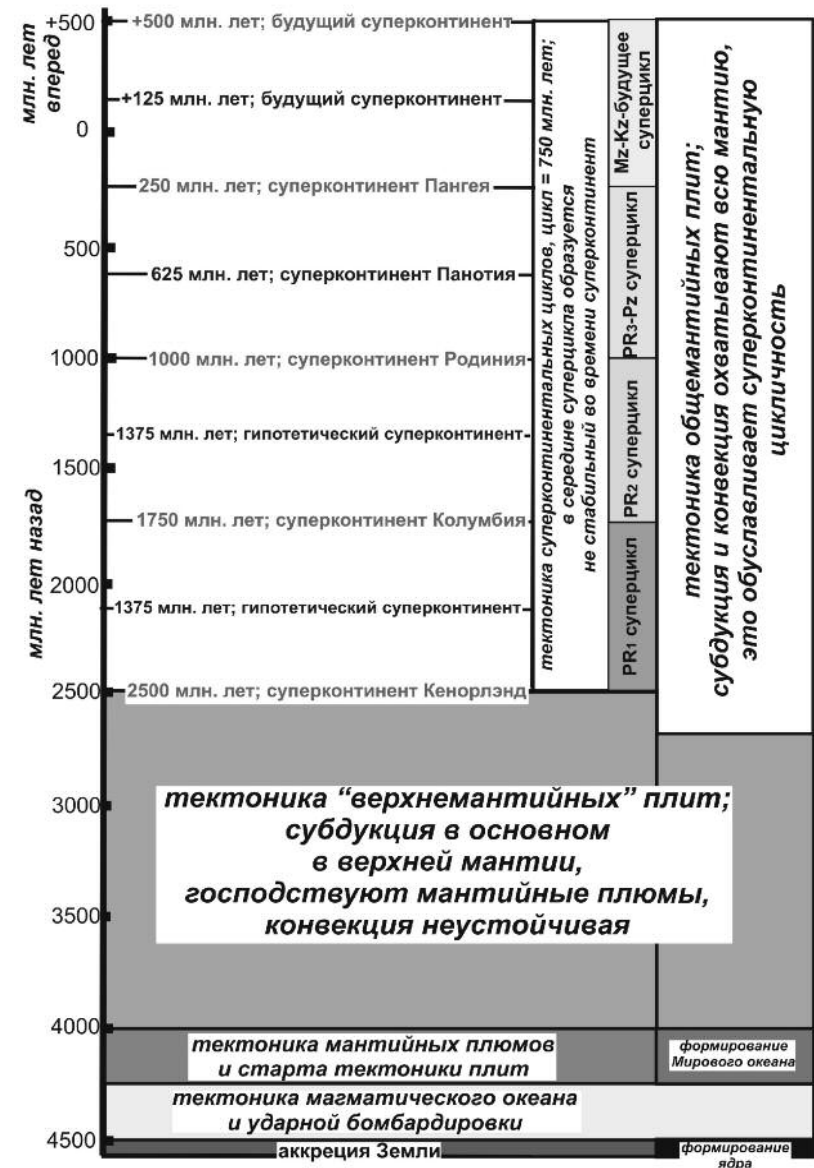


Рис. 2.1.20. Цикличность и необратимость в модели развития Земли.
Рисунок А.М. Никишина (МГУ)

симальный уровень — на времена их максимального рассеивания. Этот *глобальный тектонический период (или цикл)* оценивается в 375 млн лет (рис. 2.1.18).

Возникновение и распад суперконтинентов в истории Земли проходило многократно (рис. 2.1.19) и будет происходить в будущем.

Как считают геологи, в будущем исчезнет Средиземное море и возникнет единый Африкано-Евразийский континент и Индо-Атлантический океан. Позднее, через 125 млн лет, сформируется Пангея-3.

Резюмируя сказанное выше, очевидно, что цикличность и необратимость характерна для модели развития Земли и хорошо видна на рис. 2.20.

2.2. Глобальные климатические процессы

Очевидные климатические перемены, с которым столкнулось человечество еще в XX веке, показали, что **климат Земли постоянно меняется**. Антропогенная деятельность привела к глобальному потеплению, т.е. фактически это следствие *глобальных социоприродных процессов*.

Если разделять взгляды ряда исследователей, полагающих, что глобальное потепление спровоцировано не только антропогенной деятельностью, но и потеплением, вызванным земными причинами, потепление можно трактовать как глобальный *социо-природный процесс*.

Многочисленные гипотезы изменения климата Земли можно объединить в две группы: *астрономо-физическую* и *геолого-географическую*. *Геолого-географические гипотезы изменения климата* моделируют *глобальные природные процессы*, но меньшего порядка. Подробно они изложены в ряде работ (Синицын, 1967, 1980; Габдуллин, Ильин, Иванов, 2005).

Астрономо-физические гипотезы изменения климата объясняют проявление космоглобалистических процессов и систем за пределами Земли. Они связывают вариации с колебаниями количества и состава солнечной радиации. Они подразделяются на две подгруппы. *Первая подгруппа* оперирует изменением излучающей способности звезды s (Солнца). Вторая постулирует принцип постоянства солнечной радиации и переменности положения поверхности Земли

по отношению к потоку солнечных лучей.

Солнце — источник жизненной энергии для Земли. За час Солнце выделяет столько энергии, сколько человечеству хватит на год. Преобразование солнечной энергии в электрическую постепенно становится популярным источником возобновляемой энергии. К сожалению, не всегда человек ее использует.

В ОАЭ, богатых нефтью, где круглый год светит Солнце, нет ни одной солнечной батареи, нет своего сельского хозяйства, промышленности (кроме нефтедобывающей), почти все товары импортируются. Морская вода опресняется. Высочайший небоскреб мира — Башня Бурдж-Халифа (рис. 2.2.1) построенная в Дубае, — станет единственным «исключением из правил»: в нем используется энергия ветра и Солнца.



Рис. 2.2.1. Башня Бурдж-Халифа
(www.wikipedia.ru)

Справка: Высота башни Бурдж-Халифа, открытой 4 января 2010 года, составляет 828 м (при количестве этажей — 162), а ее общая стоимость — около 1,5 млрд долларов. Автор проекта — американский архитектор Эдриан Смит.

Планируется, что небоскреб будет полностью самостоятельно вырабатывать электроэнергию при помощи 61-метровой ветровой турбины и массива солнечных панелей, частично располагающихся на стенах башни, общей площадью около 15 тыс. м².

Объем получаемой солнечной энергии непостоянен и цикличен. Существуют циклы солнечной активности. По сути их можно сравнить с «мерцающей лампочкой», такая гипотеза было предложена Э. Эпиком (рис. 2.2.2). Переход водорода в гелий в Солнце создает зоны



Рис. 2.2.2. Эрнст Юлиус Эпик

сти (или циклов Чижевского, рис. 2.2.4).

Эрнст Юлиус Эпик (23.10.1893–10.09.1985) — эстонский астроном. Учился в Московском университете. В 1916 г. заведовал обсерваторией в Ташкенте. С 1921 г. в Эстонии, работал в обсерватории Тартуского университета (с перерывом в 1930–1934 гг. на работу в Гарварде). В 1944 г. перед наступлением советской армии бежал в Гамбург, где в 1945–1947 гг. преподавал в созданном здесь Балтийском университете. Оттуда перебрался в Великобританию и провел оставшиеся 40 лет жизни в Северной Ирландии. В 1948–1981 гг. работал в обсерватории города Арма, некоторое время был ее директором. В 1950–1981 гг. также был главным редактором «Ирландского астрономического журнала».

Свою первую книгу, «Солнце по новейшим исследованиям», Эпик опубликовал по-русски еще в 1919 г. в Москве. В 1922 г. он сделал прогноз относительно встречаемости вулканических кратеров на поверхности Марса, подтвержденный наблюдениями марсоходов спустя полвека. В 1922 г. он оценил расстояние до туманности Андромеды и сделал это раньше и точнее Хаббла. Однако основной вклад Эпик внес в исследование малых объектов Солнечной системы — в частности, астероидов и комет. В 1932 г. он выдвинул гипотезу о происхождении комет Солнечной системы из состоящего из малых объектов облака, вращающегося вокруг Солнца по удаленной орбите, — в 1950-е гг. эту гипотезу развил Ян

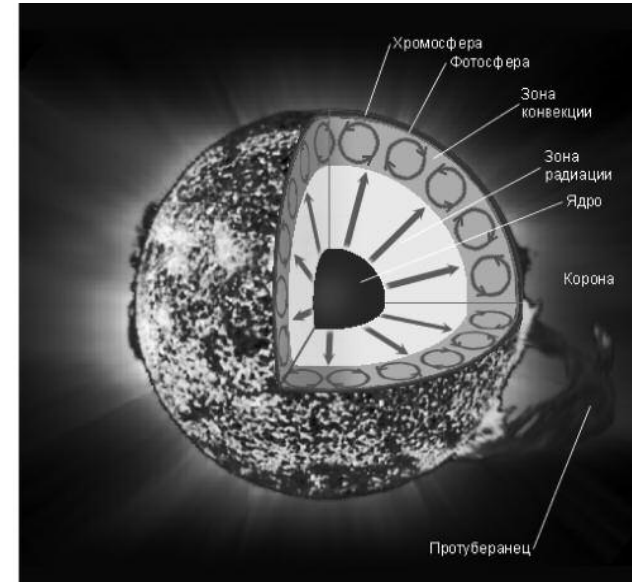


Рис. 2.2.3. Строение Солнца: ядро, зона лучистого переноса, зона конвекции

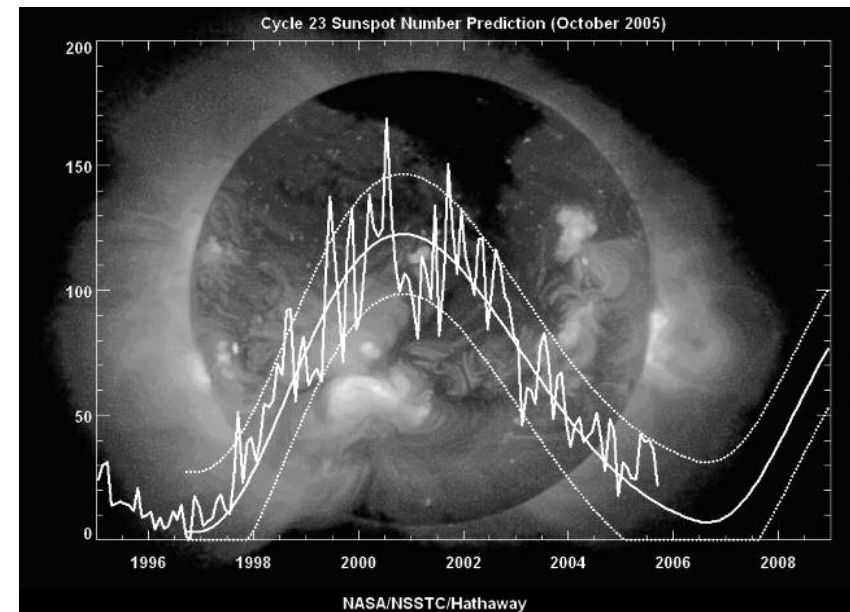


Рис. 2.2.4. Одиннадцатилетние циклы солнечной активности



Рис. 2.2.5. Александр Леонидович Чижевский (26.01.1897—20.12.1964)

Хендрик Оорт, и это явление получило название облака Оорта (www.dic.academic.ru).

Справка: Солнечная радиация — электромагнитное и корпускулярное излучение.

Электромагнитная составляющая солнечной радиации распространяется со скоростью света и проникает в земную атмосферу. Диапазон электромагнитного излучения Солнца очень широк — от радиоволн до рентгеновских лучей.

Корпускулярная часть солнечной радиации состоит преимущественно из протонов, движущихся от Солнца со скоростями 300–1500 км/с (солнечный ветер).

Полное количество *солнечной радиации земной атмосферы* составляет в среднем 1 366 Вт/м².



Рис. 2.2.6 а. Революция 1917 г.



Рис. 2.2.6 б. Начало Второй мировой войны в 1939 г.

А.Л. Чижевский (рис. 2.2.5) установил зависимость между циклами активности Солнца и многими явлениями в биосфере и социосфере, включая различные крупные социополитические события. Например, между революцией в России (1917 г.) и началом Второй

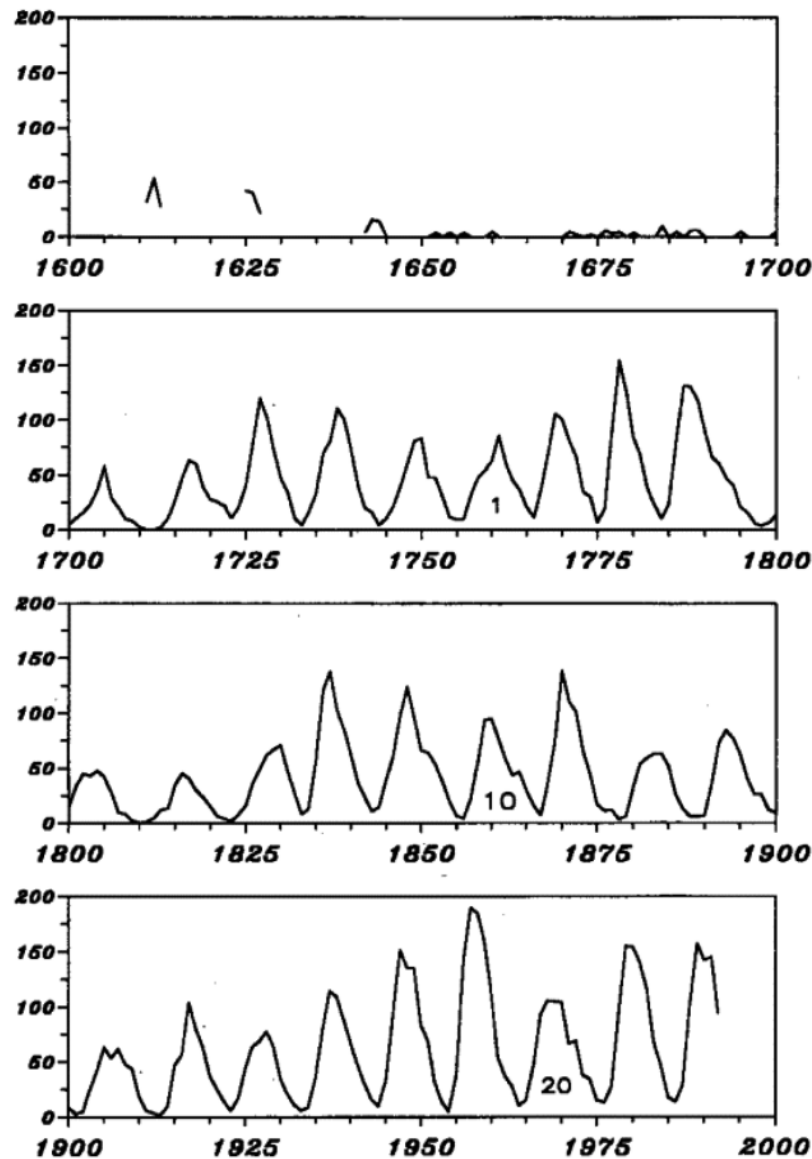


Рис. 2.2.7. Циклы солнечной активности

мировой войны прошло 22 года, т.е. два 11-тилетних цикла солнечной активности (рис. 2.2.6). Иными словами, солнечная активность — это глобальный космоглобалистический процесс, оказывающий гло-

бальное влияние на Землю и ее жителей. Чижевский проанализировал средневековые летописи и выявил закономерность: засухи, холодные годы, наводнения, неурожаи, эпидемии, войны, революции и многие другие важные для человечества события «случались не так уж и случайно», циклично и закономерно повторялись, что позволило синхронизировать их частоту с 11-тилетним циклом солнечной активности (рис. 2.2.7).

Справка: Александр Леонидович Чижевский (26.01.1897–20.12.1964). Русский ученый, писатель. Чижевский рассмотрел случаи эпидемий и сопровождавших их, как правило, других стихийных бедствий (землетрясения, засухи, наводнения и т.д.) начиная с IV века до н.э., что позволило выявить корреляцию между периодическими изменениями количества излучаемой Солнцем энергии и геофизическими параметрами (напряженность земного магнитного поля, колебания зарядов атмосферного электричества, колебания средней температуры и др.), а также явлениями в органическом мире (урожаи, болезни, средний вес младенцев и т.д.).

Помимо одиннадцатилетнего цикла активности есть и другие циклы (рис. 2.2.8), а также циклы более крупного порядка, которые, аperiodически сменяя друг друга, характеризуются в целом то усилением, то ослаблением активности (см. табл.).

Периоды солнечной активности

Название периода	Начало	Завершение
Минимум Оорта	1040	1080
Средневековый Максимум	1100	1250
Минимум Вольфа	1280	1350
Минимум Сперера	1450	1550
Минимум Маундера	1645	1715
Минимум Дальтона	1790	1820
Современный Максимум	1950	2004
Современный Минимум	2004	сейчас

Земные полярные сияния являются видимым результатом взаимодействия солнечного ветра, солнечной и земной магнитосфер и атмосферы (рис. 2.2.9).

Вторая подгруппа астрономо-физических гипотез анализирует непостоянство орбитальных параметров Земли, приводящих в



Рис. 2.2.8. 70-летние циклы активности Солнца, запечатленные в годовых кольцах дерева

Справка: Периодичность солнечной активности оценивается равной 70 лет (Bucha, Bucha, 1998) или 200 лет (Kegian Zhou Rp, Butler, 1998), что находит отражение в климатических флуктуациях, запечатленных в годовых кольцах современных и ископаемых деревьев.

Существуют и другие датировки длительности циклов.



Рис. 2.2.9. Полярное сияние

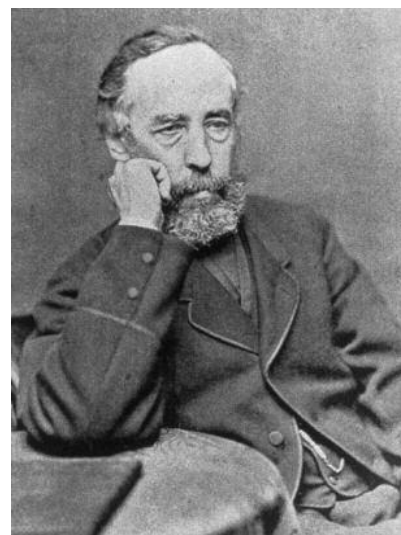


Рис. 2.2.10. Джеймс Кролл (James Croll, 1821—1890)



Рис. 2.2.11. Милутин Миланкович (Milutin Milankovic, 1879—1958)

Впервые подобные взгляды были высказаны английским астрономом Джеймсом Кроллом в 1875 г. (рис. 2.2.10). Он связал периодические изменения положения и объёма полярных ледовых шапок, обусловленные колебаниями климата, с вариациями эксцентриситета земной орбиты и наклоном эклиптики планеты (Найдин, Копаевич, 1988). Позднее широкую известность этой гипотезе придали труды Милутина Миланковича (рис. 2.2.11).

Справка: Представления о неравномерном распределении солнечной радиации по поверхности Земли в связи с изменениями элементов земной орбиты впервые были предложены английским астрономом Джеймсом Кроллом в 1875 г.

Справка: Милутин Миланкович — сербский климатолог. Родился в г. Дал (Dalj, ныне Хорватия), получил образование в Вене и работал инженером-строителем. В 1904 году поступил в Белградский университет. Во время Первой мировой войны он служил в генеральном штабе сербской армии и был захвачен в плен австро-венгерскими войсками. Отбывая заключение в Будапеште, имел возможность продолжать свои исследования. Многие годы Миланкович пытался восстановить историю климата Земли.

Предпосылки открытия. В XIX веке геологи сделали неожиданное открытие: оказалось, что когда-то огромные арктические ледники наступили на сушу



Рис. 2.2.12. Днище и борта долины ледника несут следы штриховки (www.elementy.ru)

и накрыли почти всю Европу и Северную Америку. В частности, на оледенение этих зон указывают следующие два геологических признака: *ледниковые морены* и глубокие параллельные борозды (*царапины*) на поверхности горной долины, образованной ледником (рис. 2.2.12). Вскоре после этого открытия стало ясно, что ледниковый период на Земле наступал не один раз. По-видимому, ледниковые периоды повторялись в прошлом через определенные промежутки времени. Почему так происходило, никто не мог объяснить вплоть до начала XX века, когда разрешить эту загадку взялся Милутин Миланкович — находясь в плену, он большую часть войны разрабатывал теорию периодичности ледниковых периодов (www.elementy.ru).

Изменение распределения солнечной радиации по поверхности планеты связывалось Миланковичем с периодическими изменениями: наклона земной оси (циклы наклона эклиптики), эксцентриситета земной орбиты и прецессии оси вращения Земли (время перигелия). Схема астрономических циклов М. Миланковича приведена на рис. 2.2.13.

В соответствии с законом всемирного тяготения Ньютона (рис. 2.2.14), а также первым из законов Кеплера (рис. 2.2.15), описывающим траектории движения планет Солнечной системы, каждая планета вращается вокруг Солнца по эллиптической орбите. Кроме

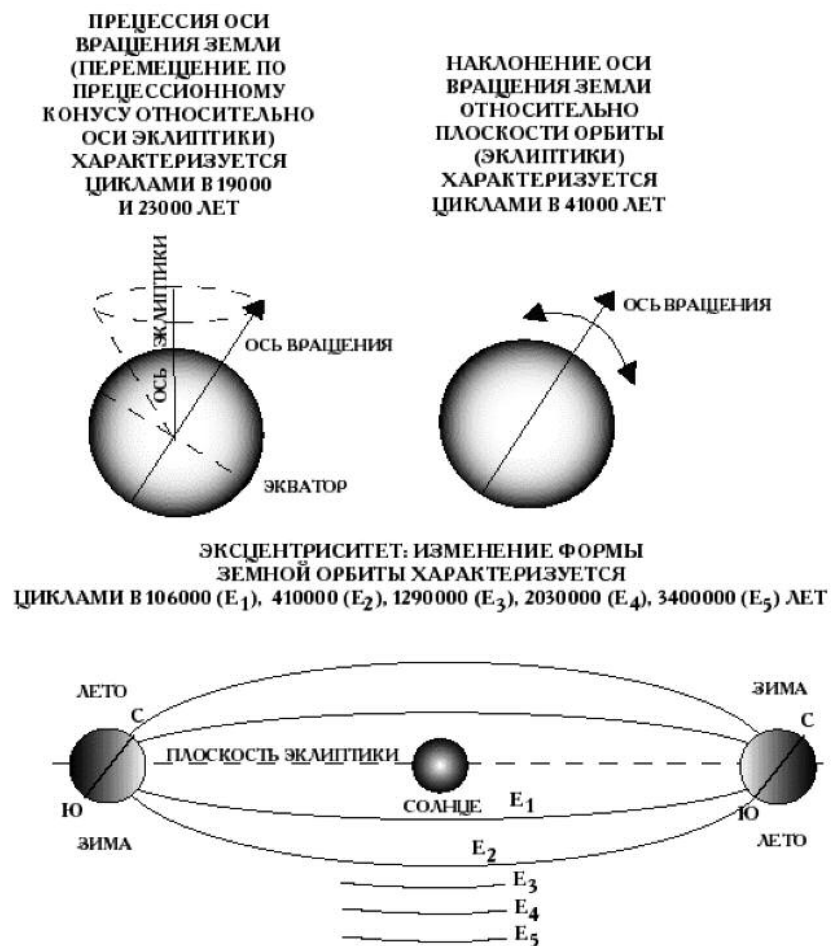


Рис. 2.2.13. Диаграмма системы Земля–Солнце и вариации астрономических параметров (по Gale, 1998, с дополнениями)

того, согласно закону сохранения момента импульса, если Земля вращается вокруг своей оси, то направление этой оси в пространстве должно оставаться неизменным. Но в реальной Солнечной системе на Землю действует притяжение Луны и других планет, и это притяжение оказывает хоть и слабое, но очень важное влияние и на земную орбиту, и на вращение Земли. Это влияние выражается тройко (www.elementy.ru).

Циклы прецессии, или Р-циклы (Precession cycles, рис. 2.2.16). Земная ось не повернута всегда в одном и том же направлении —

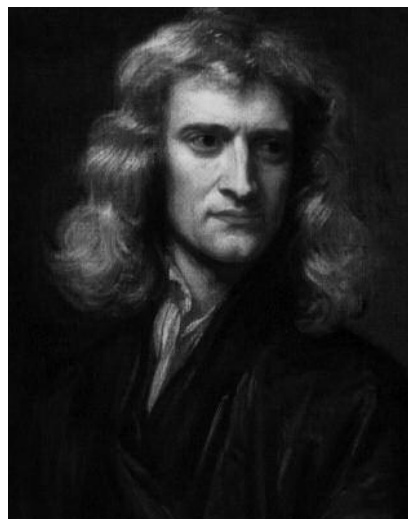


Рис. 2.2.14. Исаак Ньютон
(04.01.1643–31.03.1727)

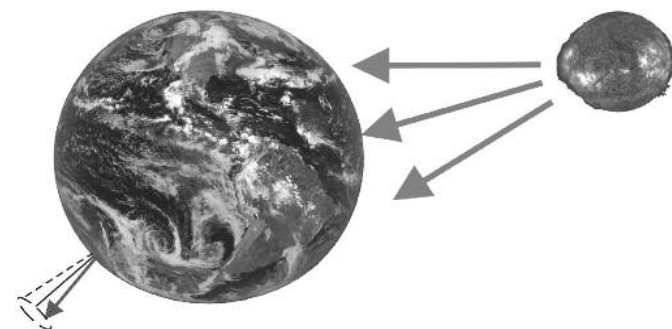


Рис. 2.2.15. Иоганн Кеплер
(27.12.1571–15.11.1630)

она медленно движется по круговому конусу. Этот эффект называется «прецессия». На нем основано действие гироскопа. Когда гироскоп приходит в движение, он быстро вращается вокруг своей оси, при этом сама ось описывает конус. С земной осью происходит то же самое, причем период полного оборота составляет приблизительно 19–23 тыс. лет. Сейчас Земля наклонена так, что в январе (когда Земля находится ближе всего к Солнцу) северное полушарие, где расположена основная часть суши, отвернуто от Солнца. Через 10–13 тыс. лет ситуация изменится на противоположную: в январе северное полушарие будет повернуто к Солнцу, и январь станет в северном полушарии серединой лета (рис. 2.17, 2.18).

Справка: Исаак Ньютон — английский физик, математик и астроном, один из создателей классической физики. Автор фундаментального труда «Математические начала натуральной философии», в котором он изложил закон всемирного тяготения и три закона механики, ставшие основой классической механики. Разработал дифференциальное и интегральное исчисление, теорию цвета и многие другие математические и физические теории.

Согласно закону всемирного тяготения, между любой парой тел во Вселенной действует сила взаимного притяжения. Если M и m — массы двух тел, а D — расстояние между ними, тогда сила F взаимного гравитационного притяжения между ними равна:



Циклы прецессии

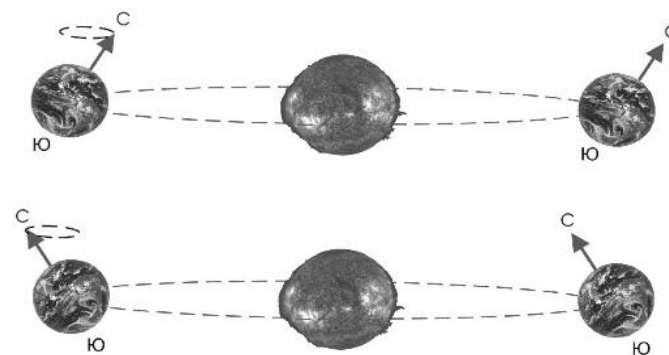


Рис. 2.2.16. Схема прецессионного цикла

$$F = G M m / D^2,$$

где G — гравитационная константа, определяемая экспериментально. В единицах СИ ее значение составляет приблизительно $6,67 \times 10^{-11}$.

Действие закона в явной форме распространяется на все без исключения физические материальные тела во Вселенной (www.elementy.ru)

Справка: Иоганн Кеплер — немецкий математик, астроном, оптик и астролог. Открыл законы движения планет.

Первый закон Кеплера (закон эллипсов)

Каждая планета Солнечной системы обращается по эллипсу, в одном из фокусов которого находится Солнце.

Второй закон Кеплера (закон площадей)

Каждая планета движется в плоскости, проходящей через центр Солнца, причем за равные времена радиус-вектор, соединяющий Солнце и планету, заметает сектора равной площади.



Рис. 2.2.17. Январь сейчас: картина И.М. Прянишникова «В 1812 году», 1874 г.

Третий закон Кеплера (гармонический закон)

Квадраты периодов обращения планет вокруг Солнца относятся, как кубы больших полуосей орбит планет. Справедливо не только для планет, но и для их спутников.

Климатическая цикличность приводит к формированию циклично построенных толщ осадочных горных пород, состоящих из циклитов. Мощность элементарных пластовых циклитов прецессии в разрезе обычно составляет 25–30 см (рис. 2.2.19).

Циклы нутации, или угла наклонения эклиптики, или О-циклы (Obliquity cycles, рис. 2.2.20). В дополнение к медленной прецессии Земли незначительно колеблется и угол наклона земной оси (эти колебания и называются «нутацией»). *Сейчас ось наклонена на 23° к плоскости земной орбиты. Каждые 39–41 тысяч лет под влиянием не только Луны, но Солнца и Юпитера (далекой, но массивной планеты) угол наклона уменьшается до 22° и затем вновь возрастает до 23°.* Мощность таких циклитов составляет 40–50 см. **Примечательно, что циклы Миланковича типичны для планет земной группы, например, Марса (рис. 2.2.21). На Марсе меняется положение и объем ледяного щита.**

Циклы изменения формы орбиты, или Е-циклы (Eccentricity cycles, рис. 2.2.22). *Циклы эксцентриситета.* Из-за притяжения других планет с течением времени меняется и форма земной орбиты. Проще говоря, из эллипса, вытянутого в одном направлении, она



Рис. 2.2.18. Январь будущего: картина И.И. Шишкина «Утро в сосновом лесу», 1889 г.



Рис. 2.2.19. Параллельная двухэлементная равномерно ритмичная слоистость в толще переслаивания светлых и темных известняков среднего сеномана (белогорская свита, позднемеловая эпоха) в промоине на южном склоне горы Сельбухры к югу от базы МГУ в Бахчисарайском районе Юго-Западного Крыма (Украина)

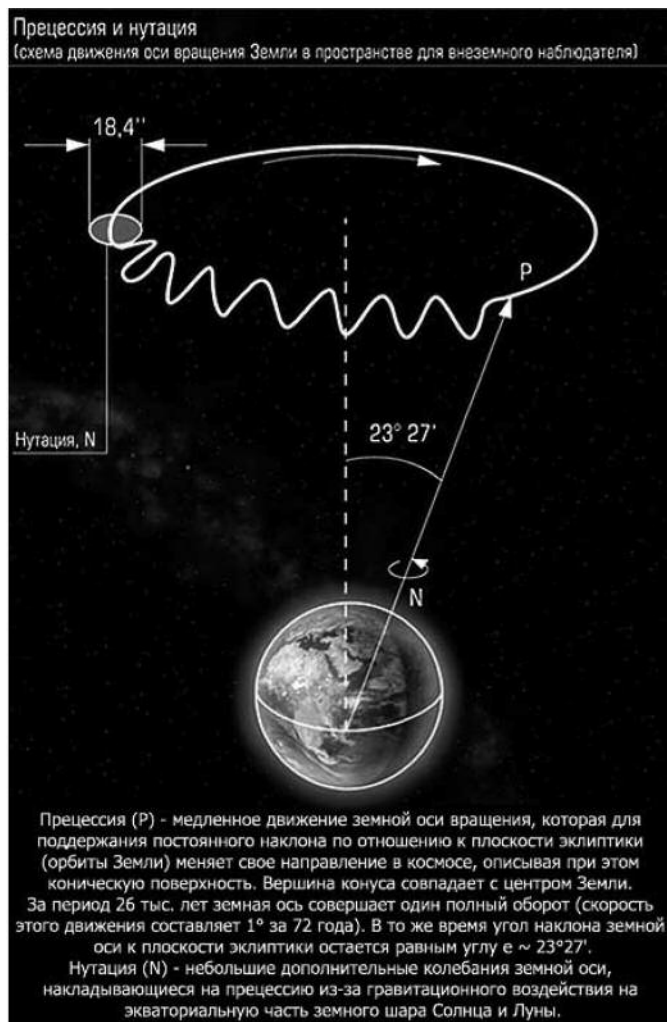


Рис. 2.2.20. Схема циклов прецессии и наклона эклиптики

превращается в круг, затем — в эллипс, вытянутый в направлении, перпендикулярном исходному, затем — снова в круг и т. д. Этот цикл длится примерно 93–106 тыс. лет, также существуют циклы более крупного порядка: 400–410 тыс. лет, 1 млн 290 тыс. лет и т.д. Мощность циклитов — 1 м и более (рис. 2.2.23). До настоящего времени не существует общепринятых оценок продолжительности циклов Миланковича.

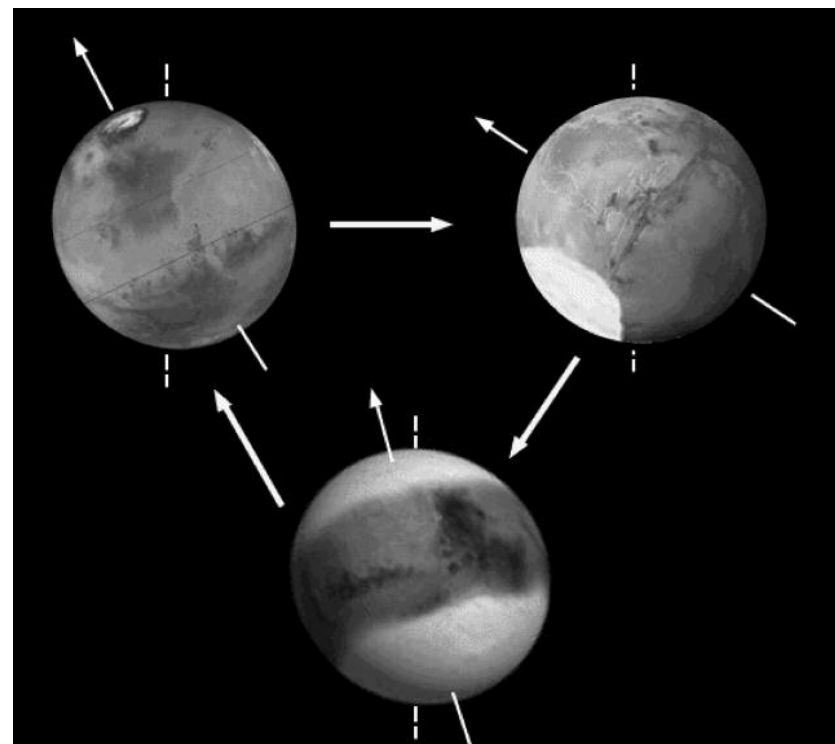


Рис. 2.2.21. Смена местоположения и объема ледников на Марсе из-за циклов эклиптики

М. Миланкович пришел к выводу, что каждый из этих трех циклически меняющихся факторов (прецессия оси вращения, наклон оси вращения относительно плоскости орбиты (эклиптики) и эксцентриситет орбиты) влияет на количество солнечного света, полученного разными областями Земли. Например, прецессия земной оси влияет на характер зим и лет в северном полушарии (где расположена основная часть суши и, следовательно основная часть ледников).

Ученый понял, что с течением времени климат Земли меняется. Если количество солнечного света, которое получает северное полушарие, уменьшается, то снег с каждым годом будет все дольше оставаться на поверхности. А поскольку снег хорошо отражает свет, увеличившаяся снежная поверхность будет отражать больше солнечного света, и это приведет к дальнейшему охлаждению Земли. Значит, следующей зимой выпадет еще больше снега, еще больше увеличится площадь снежного покрова, будет отра-

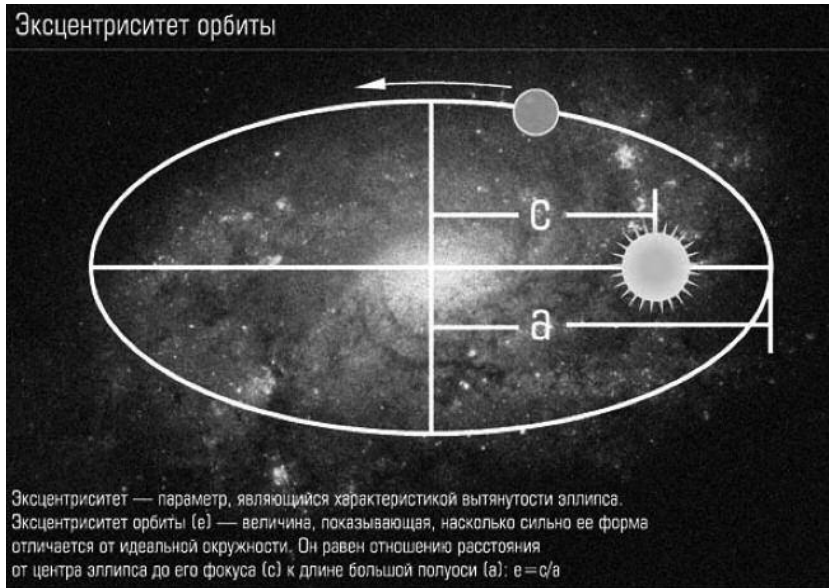


Рис. 2.2.22. Схема циклов эксцентриситета

жаться еще больше солнечного света — и т. д. С течением времени накопится много снега, и ледники двинутся на юг. Земля вступит в ледниковый период. В конце этого цикла, когда в северное полушарие начнет поступать больше солнечной энергии, произойдут обратные изменения — в некоторых местах лед растает, обнажатся участки почвы, хорошо поглощающей свет, Земля нагреется, и всё те же три фактора изменчивости вращения планеты приведут к тому, что ледник отступит.

Миланкович считал, что на земной климат оказывают влияние эти три цикла, каждый из которых связан с определенным астрономическим эффектом. Когда они усиливают друг друга, можно ожидать похолодания и наступления ледникового периода. Однако в норме эти три фактора действуют в разных направлениях, и их влияние не суммируется, так что климат быстро возвращается в обычное состояние. Итак, ледниковые периоды возникают, когда три орбитальных фактора действуют в одном направлении, их эффекты складываются и подталкивают климат Земли к похолоданию. Это явление не раз повторялось в истории планеты.

За последние 3 миллиона лет было, по крайней мере, четыре периода масштабного оледенения. Последний ледниковый период до-

стиг своего максимума примерно 18 тысяч лет назад, и время, в которое мы живем, ученые определяют как *межледниковое* (рис. 2.2.24, www.elementy.ru). Все эти периодические *астрономо-климатические вариации* по сути являются периодическими функциями типа косинуса или синуса *глобального земного и космического масштаба*.

Примеры воздействия на Землю циклов Миланковича изучают ученые — *циклостратиграфы*, рассматривающие закономерности климатической цикличности и их отражение в геологических разрезах. **Иными словами, они изучают следы проявления глобального климатического процесса в глобальных системах прошлого и настоящего. Это прямое практическое приложение палеоглобалистики** (см. прил. 3).

В итоге, границы ЦМ разных порядков в основном совпадают с рубежами геохронологических подразделений разного ранга и моментами важных историко-геологических событий, отвечающих переломным моментам в коэволюции глобальных систем — возникновению и исчезновению суперматериков, массовым вымираниям и др.

Фазы совпадения (совмещения) разноранговых ЦМ можно сравнить с парадом планет (рис. 2.2.25) — поистине *глобальным природным событием (процессом)*, оказывающим сложное влияние на Землю. Парад планет — это такое небесное явление, когда Солнце и Луна выстраиваются таким образом, что с Земли видно все пять ярких планет (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн) над горизонтом одновременно, т.к. они «выстраиваются» по одну сторону от Солнца в небольшом секторе.

По количеству выстраиваемых планет самый большой парад планет был в декабре 1989 года, когда девять из десяти планет на-

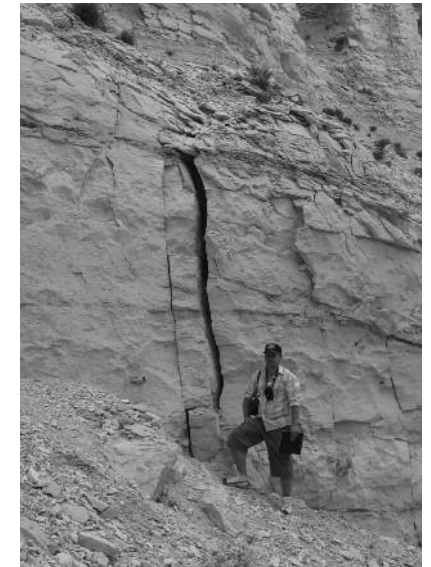


Рис. 2.2.23. Полосчатость мела туронской части разреза у с. Нижняя Банновка (Саратовская обл.) маркирует границы циклитов эксцентриситета

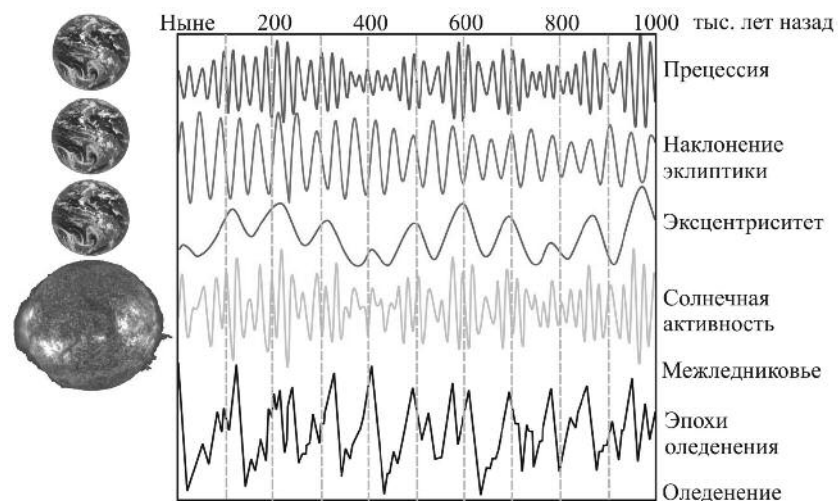


Рис. 2.2.24. Астрономо-климатические циклы Миланковича и циклы солнечной активности, имеющие циклическую природу, вызывают циклическую смену фаз межледниковья и оледенения

шей системы выстроились в одну «линию». Это довольно редкое событие, потому что такие удаленные планеты, как Плутон, Уран и Нептун, «медленно» вращаются по своим большим орбитам. Во время парада планет 21 декабря 2012 года не только Сатурн, Юпитер, Марс и Земля, но и планеты других звездных систем должны образовывать линию от центра галактики. Согласно многим верованиям и предсказаниям, именно в 2012 году может случиться конец света (www.zateevo.ru; www.2012year.ru).

Индейцы Майя в своем летоисчислении опирались на солнечные циклы. По современным расчетам, продолжительность солнечного года составляет 365,2422 дня. Майя вычислили значение в 365,2420 дня. Интересно, но по их календарю с момента возникновения человека прошло уже четыре цикла, или «Солнца», каждый цикл завершается практически полным уничтожением цивилизации, жившей в этом цикле. «Первое Солнце» было продолжительностью 4008 лет, и цивилизация была разрушена землетрясениями. «Второе Солнце» длилось 4010 лет, людей погубили ураганы. «Третье Солнце» длительностью 4081 год завершилось катастрофическим извержением вулканов. «Четвертое Солнце» (5026 лет) закончилось Всемирным потопом. Сегодня мы живем во время «Пятого Солнца», которое должно 21 декабря 2012 года завершиться

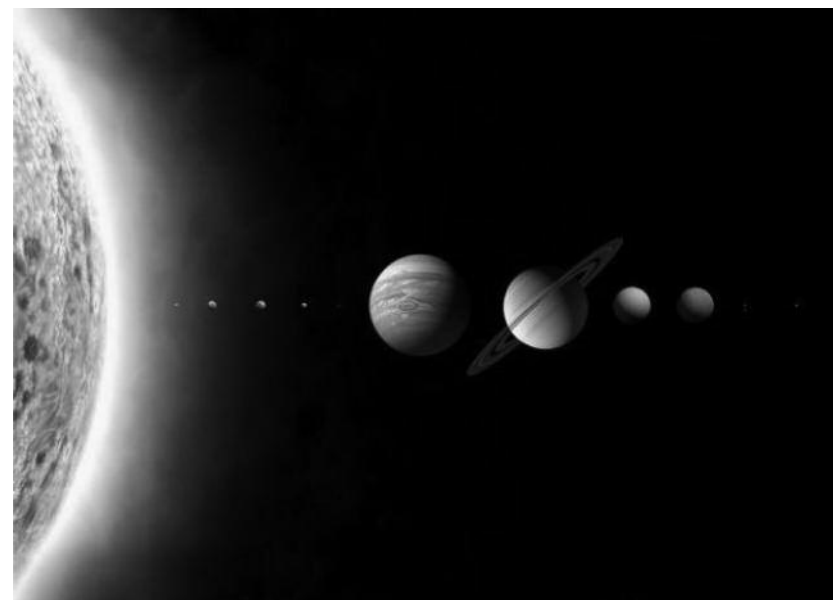


Рис. 2.2.25 (www.zateevo.ru). Парад планет

каким-то движением Земли, знаменующим конец 5126-летнего цикла и очередное уничтожение цивилизации.

Справка: Парад планет — расположение двух или нескольких объектов Солнечной системы или объекта Солнечной системы и звезды так, что и их эклиптические долготы (иногда прямые восхождения) для земного наблюдателя равны (близки, если объектов больше двух). В соединении объекты визуально находятся близко на небе. Внутренние планеты Венера и Меркурий за один синодический период дважды вступают в соединение с Солнцем. Если при этом планета расположена между Землей и Солнцем, наступает нижнее (внутреннее) соединение; если Солнце расположено между планетой и Землей, соединение называется верхним (внешним).

Малый парад — явление, когда вместе собираются четыре планеты. Происходит с примерной периодичностью раз в 20 лет.

Большой (великий) парад — явление, когда вместе собираются пять и более планет.

Видимый парад планет — планетная конфигурация, когда пять ярких планет Солнечной системы (Меркурий, Венера, Марс, Юпитер и Сатурн) в своем движении по небосводу подходят друг к другу на близкое расстояние и становятся видны в одно время в небольшом секторе (10–40 градусов) неба.

Невидимый парад планет — планетная конфигурация, когда планеты, в том числе и невидимые невооруженным глазом, «выстраиваются» по одну сторону от Солнца в небольшом секторе.

Парад планет 2012 года и последующее за ним время до 2020 года связывают с концом света. Обобщим существующие представления:

2011 год — конец календарного цикла маяя. Возможное столкновение с астероидом 2005 YU55.

2012 год — парад планет и конец света по календарю маяя.

2013 год — гиперпространственный переход в четвертое измерение.

2014 год — Солнечной системы достигнет облако космической пыли.

2015 год — конец 9576-годового цикла и гибель цивилизации.

2016 год — вследствие глобального потепления растают ледники, и большая часть суши будет затоплена.

2017 год — конец света по теории иерархических катастроф.

2018 год — Мировая ядерная война согласно расшифровке записей Нострадамуса.

2019 год — возможное столкновение с астероидом 2002 NT7.

2020 год — интерпретация Исааком Ньютоном предсказаний Иоанна Богослова о конце света.

2036 год — падение на Землю астероида Апофиз.

(www.zateevo.ru; www.2012year.ru).

В итоге циклостратиграфия, как один из элементов практического приложения палеоглобалистики, существенно помогает при расчленении и сопоставлении разрезов на детальном послойном уровне. Анализ пластовой цикличности незаменим при корреляции удаленных разрезов, так как из-за эффекта сдвига биозон точного сопоставления добиться трудно. Кроме того, астрономо-климатическая природа цикличности и методы ее исследования проливают свет на реконструкцию детальной палеогеографической обстановки осадконакопления, а значит, и на прогноз месторождений полезных ископаемых, столь необходимых человечеству.

Такое прикладное приложение геологических знаний о *глобальных природных процессах* — как инструментальный аппарат познания прошлого, способный помочь в прогнозе динамики настоящего и будущего, а также возможной разработки *глобального природного оружия*.

Глобальное природное оружие «маскируется» под природные аномалии, вызывая «природные» катаклизмы, которые приводят к техногенным, экологическим и др. катастрофам, что в итоге вле-



Рис. 2.2.26. Факты использования солнечного света в качестве поражающего фактора (фокусировка и направление его на мишень с помощью систем линз и/или зеркал) известны еще с античных войн

чет за собой гибель населения, сокращение ресурсов, экономические, социальные проблемы и, возможно, распад или подчинение государства — «мишени» (Кефели, 2011).

Воевать «через климат» дешевле и проще. Это дистанционная война. Всем известен пример применения таких технологий, как разгон облаков. Сегодня исследователи выделяют 4 вида (типа) такого оружия:

1. *Атмосферное (климатическое) оружие* — использование в качестве поражающего фактора таких климатических явлений, как ураганы, ливневые дожди, циклоны, сели, наводнения, смерчи и др.

2. *Гелиосферное (климатическое) оружие* — транспорт естественной солнечной радиации к поверхности Земли и ее фокусировка над определенным регионом, т.е. по сути это разновидность лазерного или плазменного оружия (рис. 2.2.26, 2.2.27).

3. *Гидросферное (гидрофизическое) оружие* — в качестве поражающего фактора используются искусственно направляемые цунами, подводные селевые и мутьевые потоки, подводные газогидратные извержения.

4. *Литосферное оружие* — использование в качестве поражающего фактора землетрясений, извержений вулканов, опускания земной коры, разломов и др.

Существует точка зрения, что аномально жаркое лето 2010 года — следствие применения против России климатического оружия. Военные

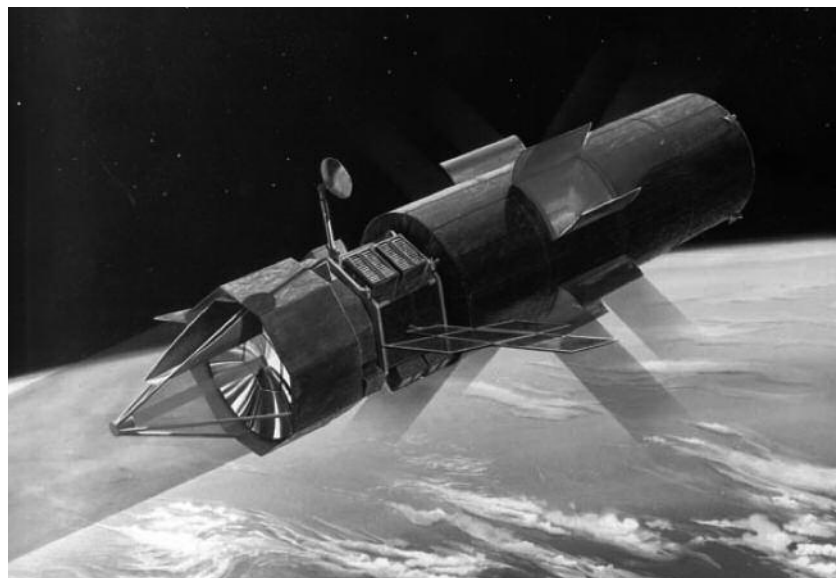


Рис. 2.2.27. Использование спутника как передатчика сфокусированного солнечного луча

синоптики отметили, что его причиной стал гигантский антициклон, зависший над европейской частью страны и «закачивающий» раскаленный воздух из Центральной Азии. Таких антициклонов в регионе никогда раньше не наблюдалось. Некоторое время назад в СМИ появилась информация, что накануне катаклизма в космос был выведен новый американский беспилотный космический корабль X-37B (рис. 2.2.28). Миссия X-37B считается строго засекреченной, продолжительность полета тоже не сообщается. Сопоставление этих фактов приводит к мысли о возможности испытания над Россией нового климатического оружия. Антициклонное воздействие, когда атмосфера очищается от облачного покрова, а в зону воздействия поступает разогретый воздух из смежных областей, приводит не только к деморализации людей и потере урожая, но и к военным проблемам. Так, в нагретом воздухе повышается дальность полета крылатых ракет, усиливается урон от нанесения авиационных и ракетных ударов и пр. На Аляске, на территории, запрещенной для полетов гражданских самолетов, установлены 180 антенн высотой 24 метра каждая, способных, как считается, вызывать сильнейшие магнитные бури над территорией любой отдельно взятой страны (система HAARP, <http://svpressa.ru/society/article/28154/>).

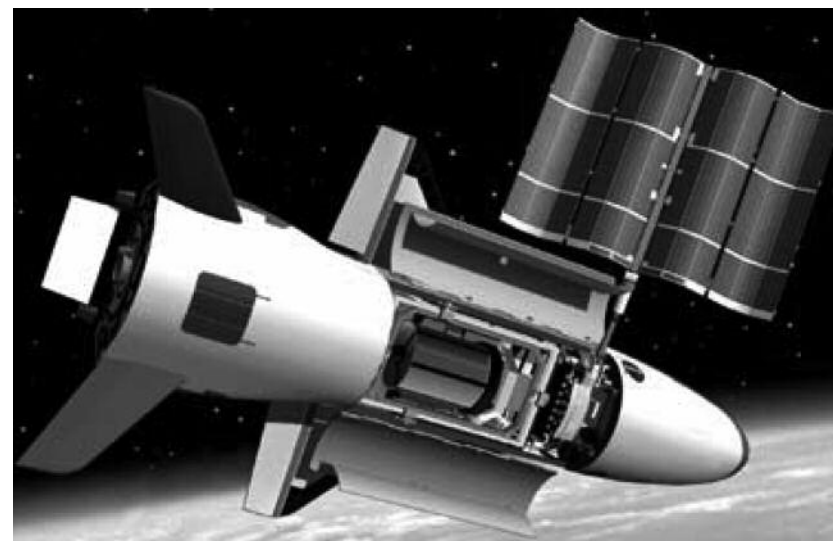


Рис. 2.2.28. Звездолет Boeing X-37B

2.3. Строение Земли и глобальные системы

Земля — одна из твердых планет Солнечной системы (рис. 2.3.1). Она имеет радиус около 6371 км. Гравитационное поле обуславливает сферическую форму Земли и существование атмосферы и гидросферы.

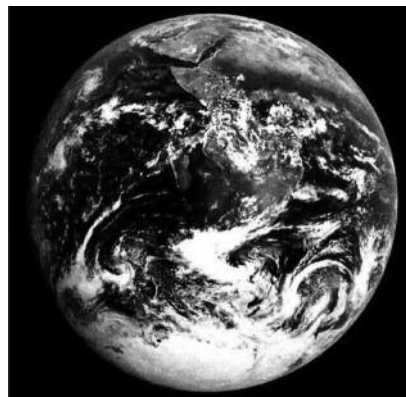


Рис. 2.3.1. Земля

Справка: Земля обращается вокруг Солнца по эллиптической орбите со средней скоростью 29,765 км/с на среднем расстоянии 149,6 млн км за период, равный 365,24 средних солнечных суток. Имеет спутника-Луну, обращающуюся вокруг Земли на среднем расстоянии 384 400 км. Наклон Земли к плоскости эклиптики $66^{\circ}33'$, период обращения вокруг своей оси составляет 23 ч 56 мин 4,1 с. Вращение вокруг оси вызывает смену дня и ночи, наклон оси и обращение вокруг Солнца — смену времен года.

Форма Земли по представлениям различных ученых — геоид, приближенно-трехосный эллипсоид или сфероид. Средний радиус 6371,032 км, экваториальный — 6378,160 км, полярный — 6356,77 км. Площадь поверхности 510,2 млн км², объем $1,083 \times 10^{12}$ км³, средняя плотность 5518 кг/м³, масса 5976×10^{21} кг (Советский..., 1982).

Земля *химически* (т.е. по изменению химических свойств) **состоит из следующих глобальных геосистем:** коры, мантии и ядра (рис. 2.3.2). Самая внешняя оболочка толщиной от 5 до 70 км — это кора. Она сложена магматическими, метаморфическими и осадочными породами с преобладающим химическим составом от основного до кислого. По строению и составу выделяют *океаническую* и *континентальную* кору. Океаническая кора выплавилась из мантии и сложена породами базальтового состава. *Континентальная кора* имеет преимущественно андезитовый («средний») состав, т.к. она образована широким рядом пород. Важную роль играют метаморфические породы. В переходной зоне от материка к океану развиты типы коры промежуточного строения.

Мантия Земли состоит из пород ультраосновного состава. Хи-

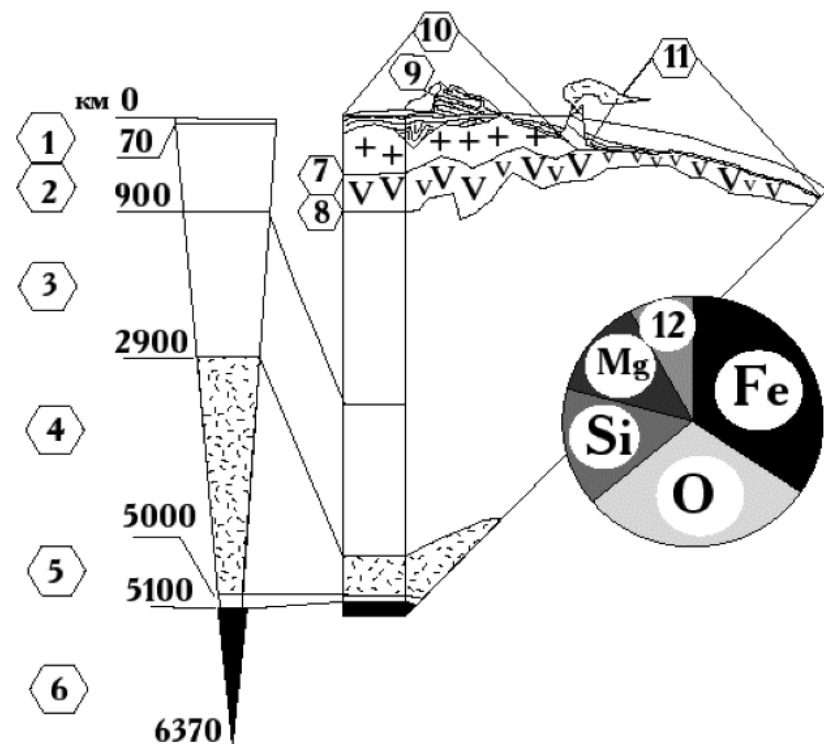


Рис. 2.3.2. Строение Земли (Советский..., 1982, с дополнениями и изменениями). Условные обозначения: 1 — земная кора, 2 — верхняя мантия, 3 — нижняя мантия, 4 — внешнее ядро, 5 — переходная зона, 6 — внутреннее ядро, 7 — граница Конрада, маркирующая подошву гранитного слоя (показан крестами), 8 — граница Мохоровичича, маркирующая подошву базальтового слоя (показан галочками), 9 — осадочные породы, 10 — континентальная кора, 11 — океаническая кора. В правой части рисунка приведена круговая диаграмма соотношения основных образующих Землю элементов. 12 — прочие элементы

мически она образована магнием (Mg, 12,7%), железом (Fe, 34,6%), кремнием (Si, 15,2%) и кислородом (O, 29,5%), а минералогически — оливином $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$. На глубине 670 км ввиду возрастания давления происходит смена структур кристаллических решеток оливина. Здесь мантия делится на верхнюю и нижнюю.

Ядро Земли радиусом около 3470 км сложено главным образом металлическим железом с примесью никеля (Ni). Внешнее ядро расплавленное, внутреннее — твердое.

От поверхности к центру Земли возрастают давление, плотность и температура: давление в центре Земли — $3,6 \times 10^{11}$ Н/м², плотность около $12,5 \times 10^3$ кг/м³, температура — 4000–5000°C.

Физически (т.е. по изменению физических свойств) **выделяются следующие глобальные геосистемы:** литосфера и астеносфера. Литосфера — внешняя «каменная» оболочка Земли толщиной 20–300 км. Она соответствует коре и верхней части мантии. Ниже существует астеносфера, в которой в масштабах геологического времени физические деформации происходят не в твердом теле (как в литосфере), а в эффективно жидкой среде. На границе литосферы и астеносферы температура составляет 1250°C. На границе мантии и ядра меняется физическое состояние вещества с твердого (мантия) на жидкое (внешнее ядро) и химический состав с силикатного на металлический.

Земля имеет магнитное и тесно связанное с ним электрическое поле, генерируемое внешним жидким ядром **в результате сочетания трех глобальных природных процессов: вращения планеты, конвекции и электропроводности во внешнем ядре.** Изменение конвекции во внешнем ядре в результате ряда процессов (в том числе и орбитально-гравитационной природы) приводит к инверсиям магнитного поля. Инверсии происходят с разной периодичностью от раза в 250 000 лет до раза в миллион лет.

Подробнее о строении Земли и ее основных структурах можно прочесть в книгах по общей и исторической геологии.

Сегодня большая часть Земли занята Мировым океаном (361,1 млн км²; 70,8%), а суша составляет всего 149,1 млн км² (29,2%) и образует шесть материков и острова. Кажется, что это *пример талассократического периода*, т.е. времени *глобального* господства моря над сушей. В геологической истории закономерно чередуются интервалы времени, когда в *общепланетарном масштабе* доминируют то море, то суша (*геократическая* эпоха). Однако если проанализировать всю историю Земли, то современность — не что иное, как *геократия*. Частично это обсуждалось в разделе 2.1, а подробнее изложено в следующих разделах (2.4 и 2.5).

Современная суша поднимается над уровнем Мирового океана в среднем на 875 м (наивысшая точка — вершина горы Джомолунгма (8848 м)); горы занимают свыше 1/3 поверхности суши. Пустыни покрывают около 20% поверхности суши, саванны и редколесья — около 20%, леса — около 30%, ледники — более 10%. Свыше 10% суши — под сельскохозяйственными угодьями.

Сегодня средняя глубина океана — около 3800 м, наибольшая — 11022 м (Марианский желоб в Тихом океане), объем воды 1370 млн км³, средняя соленость 35 г/л.

Атмосфера Земли, общая масса которой $5,15 \times 10^5$ т, состоит из воздуха — смеси в основном азота (~78,08%) и кислорода (~20,95%), остальное — углекислый газ (~0,03%), водяные пары, инертные и другие газы. Максимальная температура поверхности суши — 57–58°C (в тропических пустынях Африки и Северной Америки), минимальная — около –90°C (в центральных районах Антарктиды).

Распределение по широте и высоте над уровнем моря солнечной энергии, поступающей на Землю, вызывает в пределах географической оболочки закономерную смену климата, растительного и животного миров, почв (Советский энциклопедический словарь, 1982; Никишин, 2009).

2.4. Происхождение Земли и глобальных геосистем

Процессы образования Земли и коэволюция ее составных частей — геосфер, Солнечной системы, галактики Млечный путь и, безусловно, Вселенной — пример событий поистине космического масштаба, или наиболее *природного процесса*. В этом разделе будет описано происхождение и ранняя эволюция Земли и ее геосфер.

Образование Вселенной в результате Большого взрыва произошло около 17–15 млрд лет назад. Считается, что Вселенная бесконечна (рис. 2.4.1). **Наша галактика сформировалась примерно 10–12 млрд лет назад.** В ней около 8–9 млрд лет назад возникла звезда — Солнце — со своей системой планет. **Земля как планета Солнечной системы сформировалась около 5 млрд лет назад.**

После образования Вселенной началась эволюция звезд и их систем. Существуют две концепции: *катастрофическая* и *эволюционная*.

Согласно первой — взрыв сверхновой звезды приводит к появлению всего необходимого разнообразия химических элементов, а ударная волна взрыва стимулирует начало конденсации межзвездной материи, что, в конечном счете, приводит к образованию Солнца и протопланетного диска.

Вторая, более широко принятая концепция постулирует образование протозвездной туманности из рассеянных газа и пыли под воздействием гравитационного сжатия. Затем внутри таких облаков формируются уплотнения, которые трансформируются в молодые звезды типа Солнца, окруженные протопланетным диском (Хаин, 1995).

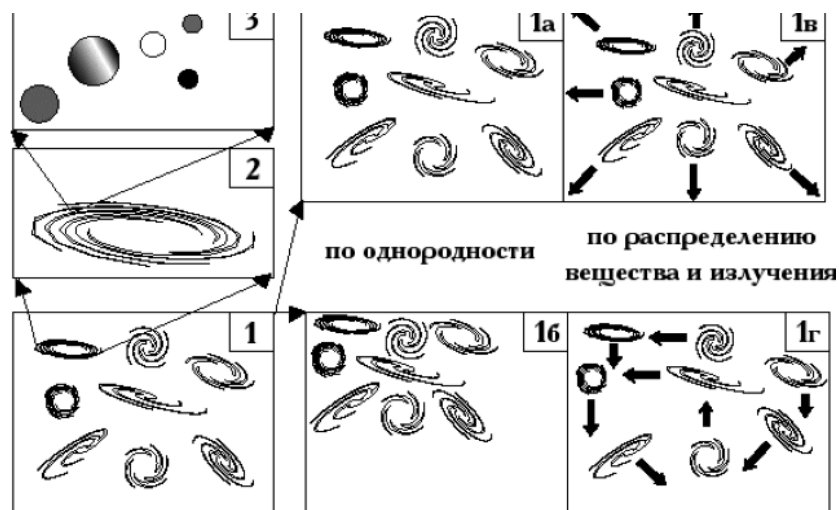


Рис. 2.4.1. Соотношение космических тел разного масштаба и модели Вселенной (по Миттон, Миттон, 1995, с изменениями). 1 — совокупность всех галактик образует Вселенную. Модели Вселенной: 1а — однородная, 1б — неоднородная, 1в — изотропная Вселенная, 1г — анизотропная Вселенная. 2 — Солнце и звезды образуют галактику Млечный путь, 3 — Солнечная система

Справка: существуют две модели Вселенной (Миттон, Миттон, 1995). Первая модель постулирует, что Вселенная однородна — вещество и излучение распределены в ней относительно равномерно. Вселенная изотропна, т.е. пространство одинаково во всех направлениях. В неоднородной Вселенной (вторая модель) излучение и вещество распределяются неравномерно. В анизотропной Вселенной процессы расширения по разным направлениям не одинаковые.

На первом этапе (рис. 2.4.2, 1) внутри облака, состоящего из молекул, возникают скопления водорода и пыли (1а). Далее в центре одного такого образования рождается протозвезда (1б). Материал мигрирует с обоих полюсов тела и собирается в экваториальной части (1в). Вокруг звезды возникает диск пыли и газа — генератор планетной туманности.

Далее (Миттон, Миттон, 1995), на втором этапе (2) из диска за 100 млн лет могут сформироваться планеты. Туманность аккумулируется вокруг протозвезды (2а). Туманность охлаждается, в ее недрах рождаются и «набухают» сгустки, из которых через 50 млн лет возникают газовые планеты (2б). Наконец, во внутренней системе звезды из твердого вещества в результате аккреции, т.е. формирования путем нарастания объема, формируются две планеты (2в).

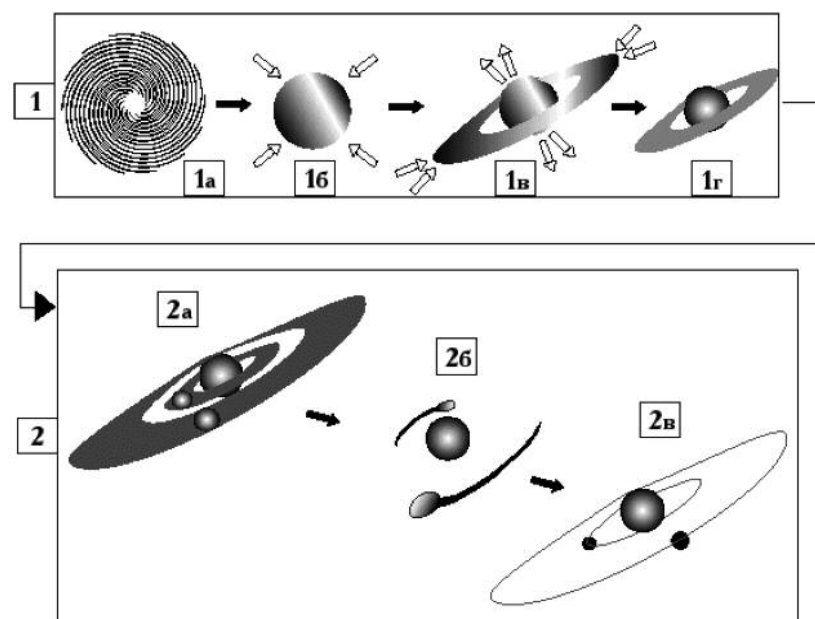


Рис. 2.4.2. Эволюция звезды (1) и ее системы (2) (по Миттон, Миттон, 1995, с изменениями). Пояснения приведены в тексте

Земля росла в ходе падения бесконечного количества тел (силикатного и металлического вещества, газов и комет) разных размеров. Начиная с определенного радиуса Земли падение тел стало приводить к ее сильному ударному разогреву и плавлению внешних зон.

К концу аккреции Земля стала горячей и близкой к плавлению, а ее внешняя часть толщиной в сотни километров была расплавлена, поэтому плотные металлические компоненты погрузились вниз и образовали металлическое жидкое ядро, а силикатное вещество сформировало мантию. Основная часть воды будущей гидросферы не входила в состав полурасплавленного тела, а образовывала плотную атмосферу из пара и газов (Никишин, 2009).

Более подробно существующие гипотезы образования Солнечной системы и Земли изложены в ряде работ (Хаин, 1995; Габдуллин, Ильин, Иванов, 2005).

Около 4,4–4,3 млрд лет назад поверхность Земли начала остывать из-за сокращения потока метеоритных тел, поэтому стало возможным появление твердой первичной коры, вероятно, базальтового состава. На поверхность планеты продолжали падать метеориты, формируя многочисленные ударные кратеры. В местах их падений



Рис. 2.4.3. Циркон ($ZrSiO_4$) — минерал под-
группы островных силикатов, древнейший
из датированных минералов Земли

назад заработал механизм тектоники литосферных плит (Ники-
шин, 2009).

Возраст древнейших датированных пород Земли составляет 3900 млн лет (рис. 2.4.3). Завершение формирования Земли как планеты произошло около 4600 млн лет. Начальные 700 млн лет — недоку-
ментированный, *догеологический* период развития Земли.

3900 — ныне — *геологический* период в развитии Земли, исто-
рия которого может быть восстановлена на основе анализа геоло-
гических документов.

Для унификации геологической истории принята шкала геоло-
гического времени (рис. 2.4.4, см. приложения и дополнения).

Соотношение временного объема: 85% геологической истории
Земли приходится на докембрий (архей и протерозой), а 15% — на
фанерозой. Отложения докембрия занимают до 20% площади со-
временной суши, где содержится более 60% мировых запасов всех
полезных ископаемых Земли.

Глядя на вид современной Земли из космоса (рис. 2.4.5), трудно
представить, что в далеком геологическом прошлом она выглядела
совсем по-другому, например как сейчас Луна, Меркурий, Венера
или Марс. Их поверхность почти полностью покрыта кратерами от
интенсивной метеоритной бомбардировки (4,2–3,9 млрд лет назад).
Кратеры этого времени на Земле найти невозможно. Они полностью
уничтожены глобальной коэволюцией верхних слоев земной коры
и живого мира. Геологические (например, физическое и химическое

происходили излияния лав. Со
временем температура поверх-
ности Земли стала меньше
100 градусов Цельсия, из прото-
атмосферы на поверхность вы-
пало огромное количество воды,
образовав *Мировой океан*, т.е.
гидросферу. Какая-то часть воды
выделилась на поверхность и из
мантии при ее охлаждении и
кристаллизации. Около 4,3 млрд
лет назад на поверхности пла-
неты при наличии горячей воды
появились условия для возник-
новения жизни в примитивных
формах. Около 4,3–4,0 млрд лет

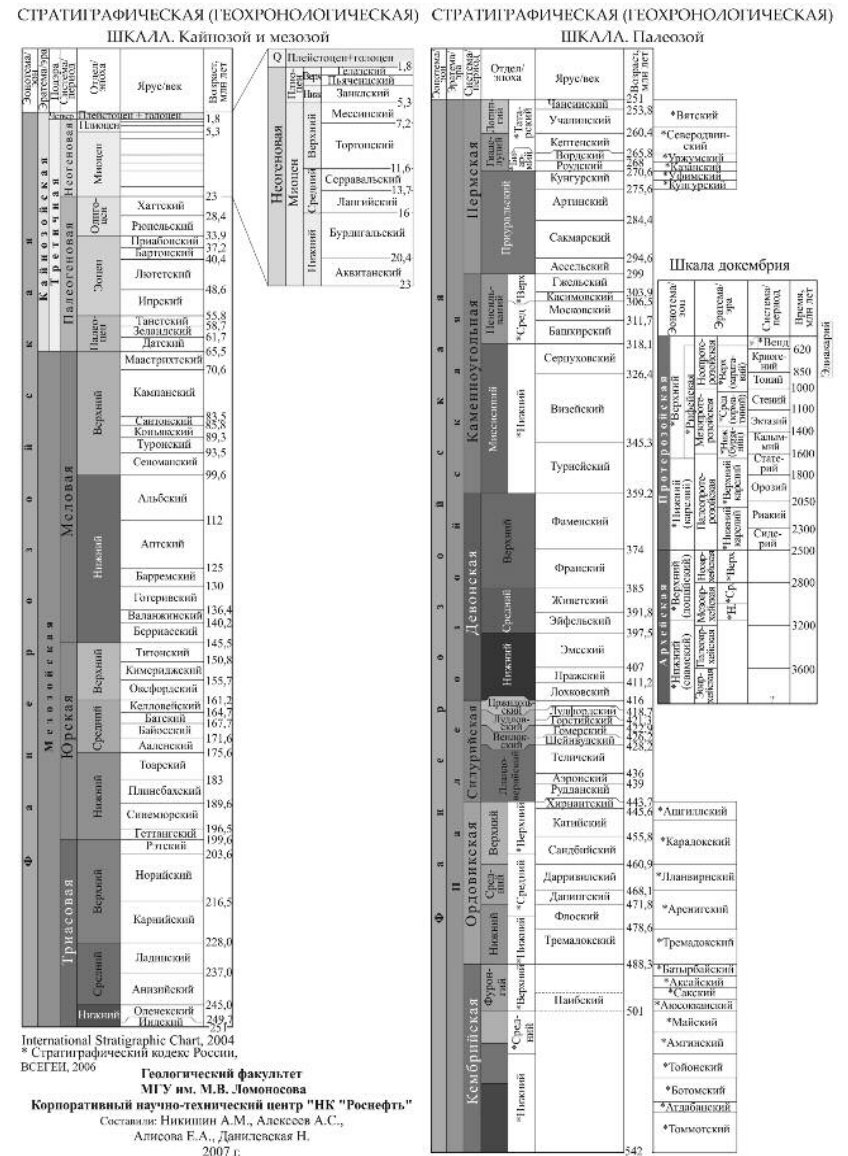


Рис. 2.4.4. Шкала геологического времени

выветривание, вулканизм и движение тектонических плит) и био-
логические процессы постоянно разрушают и изменяют поверхность
Земли.

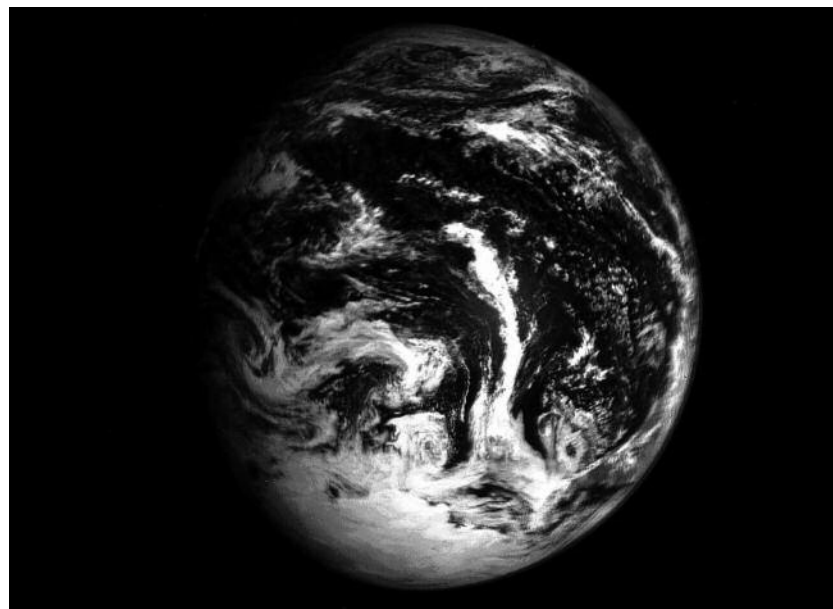


Рис. 2.4.5. Земля. Вид из космоса

Справка: Американский астронавт Нил Олден Армстронг 16 июля 1969 года оставил свой след на Луне, сказав: «Этот один маленький шаг для человека — гигантский скачок для человечества». Его следы на Луне останутся на миллионы лет, т.к. здесь нет атмосферы. Лунная поверхность покрыта слоем из раздробленных горных пород, называемым реголитом. Армстронг увидел, как выглядела наша планета около 4 млрд лет назад.

В самом начале Земля и Луна развивались одинаково, однако на Земле возникла атмосфера и гидросфера, а верхние слои земной коры активны. Они приводят в движение обширные участки ее поверхности — плиты, которые сталкиваются и расходятся, формируя всё новые и новые континенты и океаны. **Недра Земли до сих пор горячи, а Луна, ее спутник, остыла и окаменела** (рис. 2.4.6), вследствие слабого притяжения ей так и не удалось образовать свою атмосферу и гидросферу.

Происхождение Луны объясняется целым рядом гипотез (Хаин, 1995), однако наиболее вероятным сценарием следует считать *гипотезу У. Хартмана и Д. Дэвиса* (США, 1975 г.): косой удар об Землю крупного тела, размером примерно с Марс (0,5 диаметра и 0,1 объема Земли) с последующим выбросом вещества мантии Земли в око-

лоземное пространство с дальнейшим формированием Луны из этого вещества (рис. 2.4.7). Этому телу дали имя — Тейя.

Поверхность Венеры также очень сильно повреждена метеоритной бомбардировкой, несмотря на плотную атмосферу, лишь частично сдерживавшую поток астероидов. На Венере сейчас нет жизни, одного из сильнейших рельефообразующих факторов, из-за отсутствия кислорода и высокой температуры (рис. 2.4.8).



Рис. 2.4.6. Луна. Вид из космоса

На Марсе, в отличие от Венеры, сейчас очень холодно и имеется немного кислорода; он тоже необитаем, а его поверхность слабо изменилась (рис. 2.4.9а). Только благодаря возникновению жизни Земля стала совсем иной, чем Венера или Марс. **Планеты земной группы — Меркурий, Венера, Марс и сама Земля во многом имеют принципиально схожее строение, поэтому первые три планеты рассматриваются в качестве кандидатов на роль «дублера» Земли при переселении человечества.** В основном сегодня речь идет о Марсе и Венере. Человечество существует около 200 тыс. лет, но за последнее время оно сумело до неузнаваемости изменить лик Земли. К концу текущего века большая часть всех основных необходимых ресурсов будет безвозвратно исчерпана из-за нерациональных способов их добычи и постоянно растущего спроса на полезные ископаемые. На лицо колоссальная диспропорция в распределении ресурсов, энергоносителей и богатств.

20% людей владеют 80% всех природных ресурсов, 2% людей владеют 50% богатств. Более 50% малоимущих проживают в богатых ресурсами странах.

Каждый четвертый человек ведет тот же образ жизни, что и 6000 лет назад: 1,5 млрд человек — это больше чем все население богатых стран. Каждый шестой живет в перенаселенной зоне без доступа к воде и электричеству.

За последние 60 лет население Земли выросло в 3 раза и более 80% человек живут в городах. 20% населения планеты потребляет 80% ресурсов Земли, но при этом 1 млрд человек голодают. Налицо

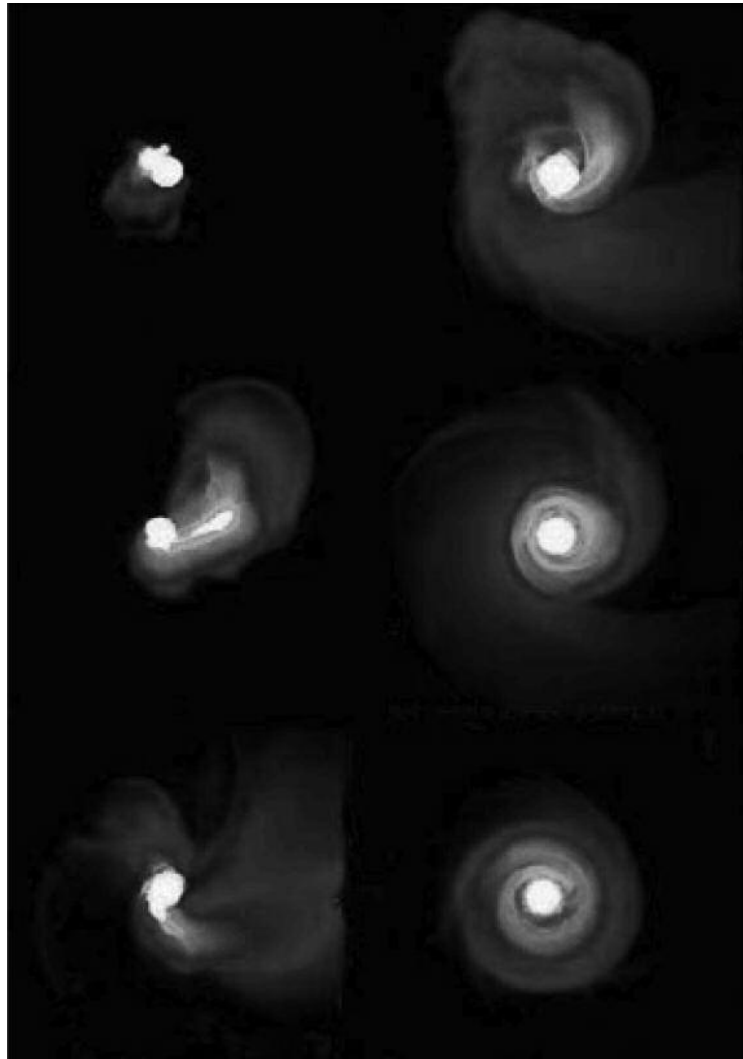


Рис. 2.4.7. Результаты компьютерного моделирования гипотезы происхождения Луны в результате удара о Землю инородного космического тела. При сильном ударе значительная часть вещества меньшего тела испаряется и крупного спутника не образуется. Относительно слабый удар, не вызывающий интенсивного испарения вещества, мог привести к появлению на околоземной орбите крупного спутника (www.elementy.ru)

возникновение в самое ближайшее время продовольственного кризиса. Климат меняется, и к 2050 году число климатических беженцев может достигнуть 200 млн чел.

Справка: Космический зонд NASA Mars Odyssey обнаружил в районе Большого Сырта поверхностные залежи оливина в возрасте около трех миллиардов лет и общей площадью порядка 113 тысяч квадратных километров (что сравнимо с площадью Литвы и Латвии вместе взятых. Оливин при контакте с водой превращается в серпентин. Огромные залежи оливина заставляют предположить, что воды на поверхности Марса не было уже довольно давно. По мнению американского геолога Фила Кристенсена (Phil Christensen), на Марсе случались наводнения, когда ледники таяли и вода заливала равнины и текла по рекам (www.elementy.ru).

На о-ве Гаити осталось лишь 2% от площади леса, что вызвало эрозию почв. Вырубив лес, люди сами себя лишили почвенного слоя, а эрозия преобразовала ландшафт до неузнаваемости. Теперь процесс образования оврагов практически невозможно остановить, а деревьям или кустарникам вырасти нигде — почвы уже нет.

Известный тезис «человек — царь природы» подчеркивает всю мощь антропогенного воздействия человеческого общества на окружающую среду в *социально-природных процессах*. Почти всегда человечество в угоду своим интересам переходит допустимые пределы влияния на окружающую среду, что в итоге приводит к краху цивилизации.

Цивилизация на о-ве Пасхи (Рапа-Нуи) была очень прогрессивной, но крайне расточительной и жадной, что привело к краху. До сих пор нет единого взгляда на феномен каменных истуканов:



Рис. 2.4.8. Венера. Вид из космоса



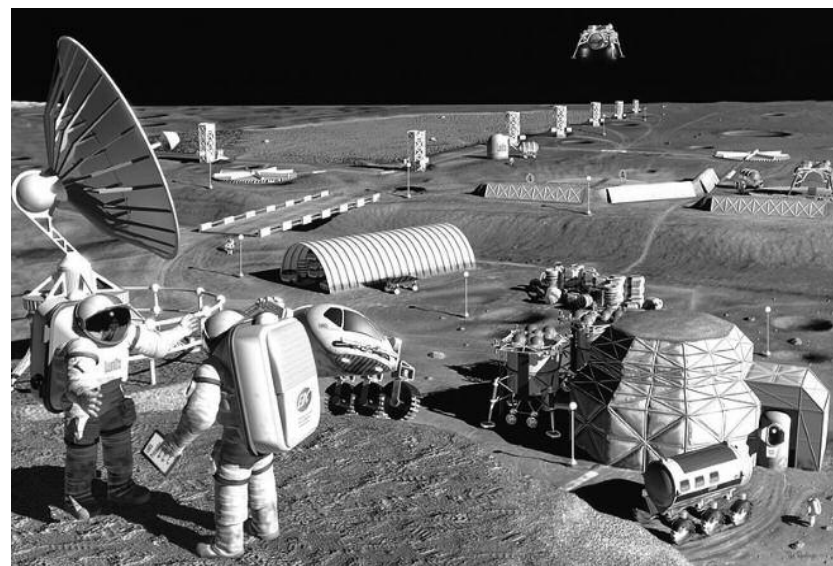
Рис. 2.4.9 а. Марс. Темная область справа — равнина Большой Сырт, яркая область слева — пустыня Аравия. Книзу от центра изображения, отмеченный черными пятнами, — 470-километровый кратер Гюйгенса (www.nssdc.gsfc.nasa.gov)



Рис. 2.4.9 б. Каменные истуканы на острове Пасхи

предлагаются все новые и новые модели, объясняющие, как рапануицы их создавали (рис. 2.4.9 б). Однако известна последовательность событий, приведших их цивилизацию к гибели. На о-ве Пасхи было много леса, и рапануицы строили из него лодки и жилища, торговали им и использовали в качестве топлива. Постепенно они вырубали весь лес, что привело к эрозии почвы. Новой растительности вырасти стало негде — и уже не из чего было построить лодку или дом.

Справка: Остров Пасхи (местное название — Рапа-Нуи) — остров в южной части Тихого океана (Чили). Площадь — 163,6 км². Открыт в 1722 г. Является одним из двух (наряду с архипелагом Тристан-де-Кунья) самых удаленных в мире населенных островов. Расстояние до континентального побережья Чили — 3703 км, до ближайшего населённого острова Питкерн — 1819 км. Истуканы, или моаи, монолитны и выполнены из спрессованного вулканического пепла. Их 997 и почти все они (кроме 7) смотрят вглубь острова. Вес статуи составляет более 20 тонн, а высота — более 6 метров. Была найдена неоконченная скульптура высотой около 20 метров и весом 270 тонн. Остров имеет вулканическое происхождение.

Рис. 2.4.10. Лунная база (www.nasa.gov)

Рано или поздно наступит такой момент, когда всем жителям Земли для существования на планете не хватит ни места, ни ее ресурсов, тогда встанет вопрос о подготовке других планет для жизни человека, или их терраформировании.

Одним из первых таких объектов станет Луна. Ее рассматривают в качестве космической (военной) базы почти все космические державы мира. На ней будут опробованы и отработаны многие механизмы и принципы колонизации (рис. 2.4.10).

Идея колонизации двух ближайших к Земле планет — Марса и Венеры — не является утопической фантастикой, уже существуют конкретные проекты, требующие инвестиций. Как ни парадоксально, но человек больше знает о Венере и Марсе, чем о глубинах Мирового океана.

На Марсе почти нет атмосферы, есть разреженный газ, на 95% состоящий из углекислоты. Давление на поверхности планеты составляет лишь около 0,006 от земного. Среднегодовая температура Марса равна -58°C (на нашей планете она составляет 22°C). Проблема его колонизации связана с его холодом. На Венере, наоборот, слишком жарко. Там температура составляет $+475^{\circ}\text{C}$, атмосфера находится под невероятным давлением в 93 атмосферы и практически полностью состоит из углекислого газа. Только в верхних

слоях на высоте около 45–55 км температура и давление близки к земным.

В наши дни планета Венера по составу своей атмосферы похожа на молодую Землю. Чудовищный парниковый эффект ее атмосферы связан с переизбытком углекислого газа. Количество углекислоты на Венере сегодня почти равно запасам земной углекислоты, трансформированной в горные породы и раковины или скелеты организмов в океане. Около 3 млрд лет назад атмосфера Земли тоже состояла на 85–90% из углекислого газа, а остальное приходилось на азот. Давление было более 10 атм. Затем за 100–150 млн лет геологической истории содержание углекислого газа в атмосфере Земли постепенно понизилось в 10 тыс. раз из-за трансформации кремнистых пород в карбонатные под воздействием живых организмов. На Венере, в отличие от Земли, жизнь не изменила атмосферу. Сейчас ни в атмосфере планеты, ни на ее поверхности жизни быть не может из-за невероятно агрессивных условий окружающей среды. Вполне возможно, что жизнь здесь некогда существовала, но в какой-то другой, «нетипичной» форме — или она есть и сейчас, но скрыта от глаз. То же самое относится и к Марсу.

В истории Земли есть важнейший рубеж PR_2/PR_1 — 1650 млн лет, отвечающий границе протогей и неогей (к нему относится и современное время). В неогее — одновременное существование платформ и геосинклинальных (подвижных) поясов. В протогее — платформ еще нет; иное состояние, иной режим земной коры. Для архея предлагается модель тектоники верхнемантийных плит, рис. 2.4.11.

Все экзогенные физико-географические процессы, которые есть на Земле сейчас, происходили и в протогее.

Отсутствие среди протогейских образований солей, фосфоритов, незначительное присутствие карбонатов и их доломитовый состав указывают на существенные отличия гидросферы от современной. В состав воды входили растворенные кислоты (HCl, HF), сероводород (H_2S), углекислота (CO_2), углеводороды (CH_4). Вода имела кислый состав.

Гидросфера эволюционировала в результате сноса с суши силикатов и главным образом карбонатов K_2CO_3 , Na_2CO_3 , $CaCO_3$, $MgCO_3$, которые сформировались при выветривании магматических пород за счет CO_2 -бескислородной атмосферы. Эти карбонаты нейтрализовали сильные кислоты (например, HCl), образуя хлориды. Кислотность воды постепенно падала, она становилась хлоридной (растворимые в воде соли NaCl, KCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$).

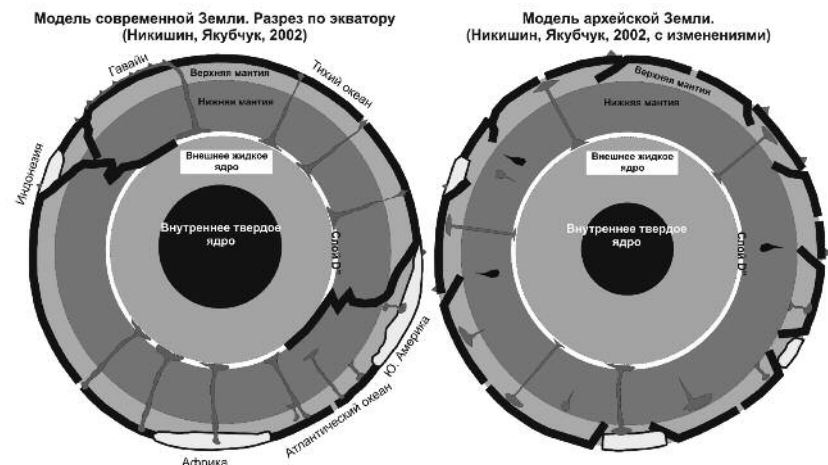


Рис. 2.4.11. Сравнительная характеристика моделей современной (слева) и архейской (справа) Земли

Справка: В архее мантия была более горячей, чем современная, и субдуцированная в нее литосфера быстро разогревалась, не проникая в нижнюю мантию. Из горячей мантии выплавлялось большое количество лав ультраосновного состава — коматиитов. Земная поверхность в основном была представлена океаном с корой базальт-коматиитового состава, из которого на поверхность выходили многочисленные вулканические дуги и внутриплитные и межплитные вулканические плато типа современной Исландии (Никишин, 2009).

При дальнейшем поступлении карбонатов вода постепенно становилась хлоридно-карбонатной, и в раннем протерозое карбонаты начали выпадать в осадок, но главным образом в виде магнезита ($MgCO_3$) и доломита ($CaMg[CO_3]_2$) и пока еще в очень незначительном количестве.

Основная часть атмосферы протогей включала пары воды (H_2O), углекислый газ (CO_2), а также аммиак (NH_3), метан (CH_4), сероводород (H_2S), угарный газ (CO), водород (H_2), азот (N_2). Атмосфера была бескислородная, восстановительная, аммиачно-метаново-углекислая.

Справка: Восстановительная среда — условия, при которых господствуют процессы восстановления. Восстановление — это понижение степени окисления атомов в молекуле, вызванное присоединением атомов при окислительно-восстановительных реакциях. Примеры окислительно-восстановительных реакций:

дыхание, фотосинтез и пищеварение. Окислительно-восстановительные реакции протекают в химических источниках электрической энергии, например в любом аккумуляторе. Восстановители — это металлы (алюминий (Al), магний (Mg), калий (K), цинк (Zn), железо (Fe), олово (Sn), хром (Cr), медь (Cu)) и неметаллы (водород (H), углерод (C) и монооксид углерода — CO). На ранней стадии развития Земли основным восстановителем был водород. Этот самый распространенный в космосе элемент слагает в ионизированном состоянии до 70% массы Солнца и звезд, основную часть звездных туманностей, а на Земле входит в состав воды, живых организмов, угля и нефти.

Окислительная среда — условия, когда превалируют процессы окисления. Окисление — повышение степени окисления атома, молекулы, иона, обусловленное потерей атомов при окислительно-восстановительных реакциях. Окислители — это неметаллы (фтор (F), кислород (O), хлор (Cl), бром (Br)) и соединения (кислоты — соляная (HCl), серная (H₂SO₄), азотная HNO₃). Кислород — это самый распространенный на Земле элемент и химически самый активный после фтора неметалл, который реагирует с большинством других элементов (металлы, водород, сера, галогены и др.) с выделением энергии. При увеличении температуры скорость окисления повышается и начинается горение. Животные и растения извлекают энергию путем биологического окисления различных веществ кислородом, поступающим при дыхании.

Эволюция протогейской атмосферы представляет собой пример *глобального природного процесса* генерации кислорода (O₂) за счет жизнедеятельности прокариотных организмов, которые могли возникнуть и жили только в бескислородной восстановительной среде, но продуцировали кислород. Сначала это происходило за счет окисления аммиака (NH₃) с появлением больших масс азота (N₂), а затем они приобрели способность к фотосинтезу (CO₂ + H₂O = CH₂O + O₂). Фиксации каждого атома углерода (C) в органическом веществе сопутствует переход во внешнюю среду одной молекулы кислорода (O₂). В протогее эта реакция осуществлялась некоторыми цианобионтами.

Эволюция состава атмосферы в протогее привела к смене типов отложений. Сначала в архее и раннем протерозое образуются коры выветривания с закисным геохимическим профилем. Выветривание происходит за счет воды, CO₂, но без кислорода. В бескислородной атмосфере аккумулируются конгломераты с неокисленными обломочными зернами ураниита и пирита.

В раннем протерозое в интервале 2000–1800 млн лет происходит массовое образование джеспилитов. Источник железа — выветривание

магматических пород основного состава в бескислородной атмосфере с выносом растворимых закисных соединений. Причина массового осаждения — переход растворимых закисных в нерастворимые окисные соединения железа (Fe) в период перехода от бескислородной атмосферы к кислородной. Джеспилиты формировались и ранее за счет окисления двухвалентного железа (Fe(2⁺)) кислородом, образовавшимся в море в результате деятельности прокариот.

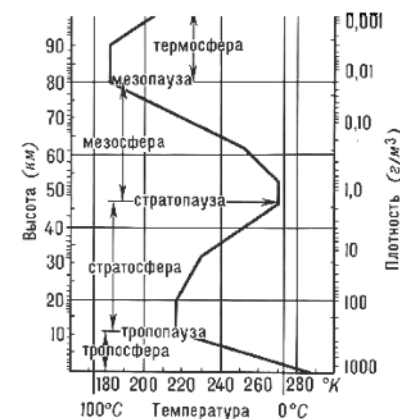


Рис. 2.4.12. Строение атмосферы Земли

Справка: современная атмосфера Земли состоит из воздуха — смеси азота (78,08%) и кислорода (20,95%), водяного пара, углекислого газа и ряда других газов. Около 4 млрд лет назад состав атмосферы Земли, Венеры и Марса был иной: аргон (Ar), водород (H), пары воды (H₂O), углекислого газа (CO₂), метана (CH₄), оксида углерода (CO), сероводорода (H₂S), диоксида серы (SO₂), ряд других газов, пары кислот — соляной (HCl), плавиковой (HF) и бромной (HBr). Кислорода в атмосфере не было. Сегодня похожую атмосферу имеет Венера и в значительно меньшей степени — Марс.

Без кислорода в восстановительной среде формировались огромные залежи самородного железа (до 90% мировых запасов), которые образуют, например, месторождения Курской магнитной аномалии (КМА). Тогда образовалось 70% мировых запасов урана, золота и никеля и 25% ресурсов меди и марганца.

Только после полной «очистки» морской воды от двухвалентного железа (Fe(2⁺)) свободные молекулы O₂ стали поступать в атмосферу и процессы окисления Fe(2⁺) в трехвалентное (Fe(3⁺)) переместились на сушу.

В конце раннего протерозоя (1800–1650 млн лет) впервые появляются значительные количества континентальных обломочных красноцветных отложений, т.е. накапливаются окисные соединения Fe в кислородной атмосфере.

К концу раннего протерозоя была достигнута точка Пастера — 1% от современного содержания O₂.



Рис. 2.4.13. Марсианский метеорит ALH84001 (web.mit.edu)

Если на Венеру доставить аэростаты, то можно начать преобразование атмосферы без участия человека. Множество аэростатов-теплиц будут висеть в небе, а миллионы растений — постепенно трансформировать углекислый газ в кислород. Планета станет постепенно остывать. Когда температура поверхности Венеры понизится до $+100^{\circ}\text{C}$ появится возможность

высадить земные бактерии и некоторые лишайники для фотосинтеза и начала преобразования атмосферы уже организмами на поверхности планеты. Тогда охлаждение пойдет существенно быстрее, что позволит понизить температуру поверхности до $+20\text{--}25^{\circ}\text{C}$ и обогатить атмосферу достаточным объемом кислорода для дыхания. К сожалению, такая температура установится только в полярных и приполярных районах, а на экваторе все еще будет достигать $+70\text{--}80^{\circ}\text{C}$. Там смогут существовать лишь немногие формы земной жизни.

Справка: Крайне низкое содержание аргона в метеорите ALH84001 (на фото — его фрагмент) говорит о том, что температура на Марсе была отрицательной в течение миллиардов лет. При этом ученые не исключают возможности существования на Марсе локальных источников воды. Американские геологи Дэвид Шустер (David L. Shuster) и Бенджамин Вейсс (Benjamin P. Weiss) полагают, что больших океанов в течение миллиардов лет на Марсе точно не было. Жидкость, проевшая такое количество оврагов на поверхности Марса, была соленой или кислой (что снижает уровень таяния), могла течь и при температуре около -50°C . Сегодня среднегодовая температура у поверхности Марса -58°C (www.membrana.ru).

Возможно бомбардировать атмосферу Венеры множеством капсул с фотосинтезирующими простейшими организмами, которые после раскапсулирования будут плавать в плотной атмосфере планеты и не упадут на ее поверхность, пока состав и физические свойства атмосферы существенно не изменятся.

«Разогреть» замерзший Марс сложнее, чем «охладить» разогретую Венеру. Можно распылить на полюсах светопоглощающие краски, которые нагреют поверхность. Самым эффективным методом будет

инъекция искусственных парниковых газов, произведенных на Марсе из имеющегося там сырья. Добавление октафлюоропропана в концентрации 0,03% от атмосферы вызовет парниковый эффект.

Справка: на Марсе уже давно завершилось движение тектонических плит, однако с геологической точки зрения Марс еще жив (www.elementy.ru).

Сегодня факт существования речных долин на Марсе доказан. Также известно, что на полюсах заморожены огромные запасы воды. Надо отметить, что по мнению ряда исследователей воды в ледяных шапках Марса на самом деле немного: их большая часть сложена замороженной углекислотой. Если существовали реки с водой, то температура и давление были близки к земным, т.е. можно говорить благоприятные условия для жизни. Пока следов жизни на Марсе не обнаружено, но на Землю упало более 17 достоверно марсианских метеоритов (рис. 2.4.13). В одном из них (возрастом около 4,5 млрд лет), в 1996 году упавшем в Антарктиде, найдены образования, напоминающие окаменелые бактерии. Возможные следы жизни на Марсе были найдены на Земле.

Несмотря на то, что Марс «замерз», недра его до сих пор не остыли — в геологическом смысле он еще «жив», т.е. активен (рис. 2.4.14а).

В архее сформировалось не менее 50–70% объема вещества современной континентальной коры.

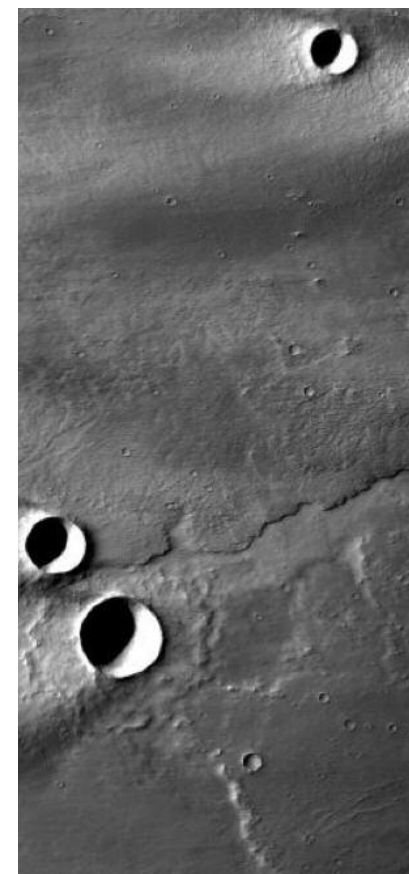


Рис. 2.4.13а. Потоки лавы на Марсе, снимок сделан мультиспектральной камерой высокого разрешения 1 июля 2005 года с автоматического зонда Mars Odyssey (www.themis.asu.edu)

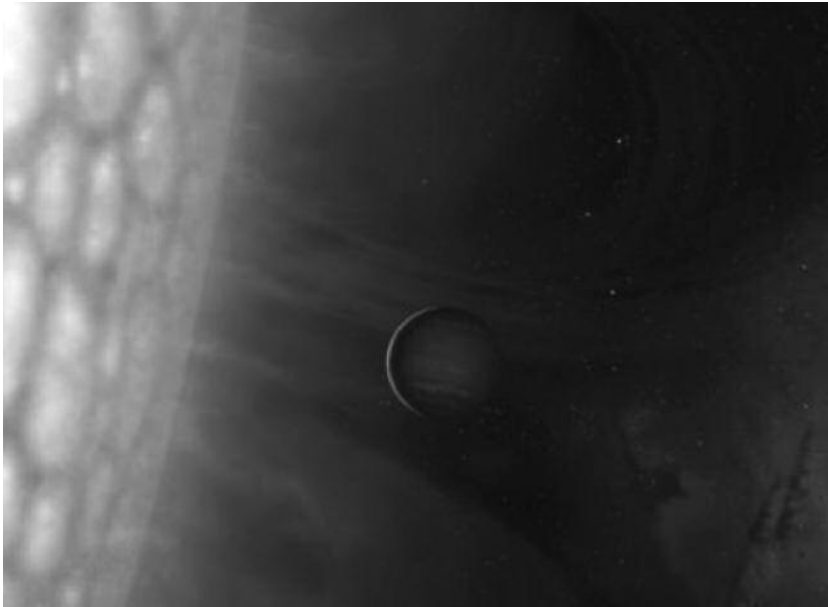


Рис. 2.4.14 б. Превратившись в красный гигант, Солнце уничтожит Землю
(www.infuture.ru)

В породах, имеющих возраст 3,9 млрд лет, найдены биохимические следы жизни, а следы жизнедеятельности древнейших организмов имеют датировку моложе 3,5 млрд лет, т.е. именно с рубежа 3,9 млрд лет формируется глобальная геосистема — биосфера. В процессе эволюции органического мира со временем появится человек, который начнет преобразовывать лито-, гидро- и атмосферу Земли.

К сожалению, в долгосрочной перспективе переселение человечества на Венеру или Марс не решит главной проблемы, связанной с Солнцем.

Примерно через 1,1 миллиарда лет Солнце станет светить на 11% ярче, что приведет к «потеплению» на Земле в среднем на 50°C (120°F). Естественно, гидросфера планеты просто испарится, т.е. исчезнет, а без нее исчезнет и жизнь. Молекулы воды под воздействием ультрафиолетового света расщепятся на водород и кислород. Водород постепенно рассеется в космическом пространстве.

Приблизительно через 5 миллиардов лет Солнце станет раздуваться и превращаться в красный гигант, разрастающийся внешний слой которого будет поглощать одни планеты за другими и уничтожит Землю через 7 миллиардов лет (рис. 2.14 б).

2.5. Происхождение жизни и основные события в ранней эволюции Земли

После формирования Земли и ее геосфер (атмосферы около 4,6 млрд лет назад, литосферы и гидросферы около 4,4–4,3 млрд лет назад) стало возможным зарождение жизни.

Отложения докембрия (РЭ) широко распространены и развиты повсеместно, но в них очень малое содержание, а чаще — полное отсутствие органических остатков, поэтому установить следы жизни с рубежа 3,9 млрд лет долгое время не удавалось. Докембрий еще называли «криптозоом», или эрой скрытой жизни.

Как и при каких обстоятельствах появился первый живой организм, способный самостоятельно размножаться? Проведем некоторые аналогии. Любой человек, даже дилетант, рано или поздно после многочисленных попыток сможет из комплекта имеющихся деталей, но без чертежа и инструкции собрать работающий механизм или прибор, например велосипед. Это в какой-то мере отображает божественный подход к сотворению жизни, где все зависит от «Творца-создателя». Проблема в том, что живая клетка — не механизм, ее возникновение нельзя даже сравнить с тем, как если бы один велосипед собрал другой. Также важно подчеркнуть, что живой организм должен быть совершенным, дабы выдержать конкуренцию со стороны других существ и уметь приспосабливаться к постоянно меняющимся условиям окружающей среды, а для этого он должен быть полностью работоспособен. Механизм или прибор может в случае незначительной поломки или некомплектности продолжать выполнять одну основную функцию при невозможности выполнения ряда дополнительных функций (велосипед без седла, крыльев, звонка и т.д.)

Это случайный процесс или закономерный?

Во Вселенной 10^{23} звезд, и около 10% планет во Вселенной, возможно, похожи на Землю, но при этом только на одной планете в Солнечной системе существует жизнь. Если следы жизни или сама жизнь будут найдены на ближайших к Земле планетах или еще где-нибудь, то зарождение жизни перестанет быть уникальным событием.

Что считать жизнью, в какой форме она существует? В космосе бактерий или вирусов не обнаружено. Вселенная уже 13–15 млрд лет «ограничивается» 92 химическими элементами, а все живое состоит только из соединений четырех элементов — кислорода, водо-



Рис. 2.5.1а. Сванте Август Аррениус
(19.02.1859–02.10.1927)

рода, углерода и азота. Вселенная содержит в себе необходимые части для живых организмов: аминокислоты, спирты, углеводороды и другие соединения.

В конце XIX в. шведский физик и химик Сванте Аррениус (рис. 2.5.1а) предположил, что жизнь на Землю могла быть принесена из космоса метеоритами или кометами в виде спор микроорганизмов. Эта теория была названа «гипотезой панспермии». Действительно, на Землю ежегодно выпадает 40 тыс. тонн космической пыли, метеоритов и комет, в некоторых метеоритах

найлены проблематичные окаменелости, трактуемые как споры растений или грибов, водоросли или даже остатки членистоногих.

Справка: Сванте Август Аррениус — шведский физико-химик и астрофизик, лауреат Нобелевской премии по химии (1903). В 1903 году он опубликовал фундаментальный труд «Учебник космической физики», в котором высказал предположение, что споры бактерий «прибились» к Земле лучами света. Позднее гипотеза о занесении жизни из космоса получила название «теория космозоев» (или «теория панспермии»). Спермии — мелкие зародыши, способные выдерживать большие перепады температур, космическое излучение и другие смертельные для живого организма факторы внешней среды. Английский астроном Ф. Хойл предложил на роль спермий межзвездные пылевые частицы, содержащие бактерий в графитовой оболочке. На сегодняшний день спермии в космосе не обнаружены. Позднее стало принято считать, что на роль транспортного средства могут подойти метеориты и кометы («Вокруг Света» №3 (2774), www.cosmos.ucoz.ru).

Падение метеорита с «десантом» жизни, породившим в итоге жизнь на Земле, можно сравнить с приземлением самолета. Если современный лайнер не будет выполнять посадку в штатном режиме на взлетно-посадочную полосу аэродрома, то с большой вероятностью он разобьется, а его пассажиры и экипаж погибнут. Необходимо было



Рис. 2.5.1 б («Вокруг Света» №3 (2774)). Пейзаж Земли в архее, около 4 млрд лет назад: огромная Луна на небе, скалы и вода, лишенные жизни, падающие астероиды

удачное и благоприятное стечение множества обстоятельств (скорость и угол падения, состав субстрата в месте падения и т.д.). Очевидно, что падение раскаленного метеорита в раскаленную лаву привело бы к его испарению. При приводнении или приземлении в снег шансы зарождения жизни существенно возрастают (рис. 2.5.1 б). Вода или снег частично амортизируют удар и гасят скорость, а разогретая поверхность астероида при контакте с ними из-за разницы температур сразу же трескается и раскрывается, как скорлупа ореха, обнажая центральную часть метеорита. Организмы из ядра астероида попадают в водную среду океана или лужи в сугробе. В последнем случае они могут замерзнуть, а затем оттаять и жить.

Откуда мог прилететь астероид с «колонистами» неизвестно. Можно считать, что во Вселенной был или есть некий один центр жизни. Возможно, жизнь кочует с планеты на планету, и ее уже нет там, где она впервые возникла; либо она равномерно распылена по всему космическому пространству.

Скорее всего, жизнь была занесена единожды, но могло быть и несколько попыток колонизации Земли. Только одна из них увенчалась успехом, либо прилетевшие с задержкой организмы уже не повлияли на сложившиеся экологические системы.



Рис. 2.5.2. Тихоходка

Недавняя находки на Земле некоторых организмов, способных переносить экстремальные условия, позволяют предположить, что жизнь могла быть занесена и в более прогрессивной форме, чем простейшие одноклеточные организмы.

Науке известны тихоходки — самостоятельный тип беспозвоночных животных, близких к членистоногим, размером в

0,1–1,5 мм. Они активны в воде, а при высыхании или замораживании впадают в анабиоз, который может длиться сотни тысяч лет. Японские ученые растопили фрагмент льда на Южном полюсе (возрастом 100 тыс. лет) и обнаружили в нем тихоходок. Последние очнулись от анабиоза в «здоровом состоянии» (рис. 2.5.2). Их отправляли в космос, где в живом состоянии они выдерживали до 30 минут в абсолютном вакууме, а в анабиотическом состоянии, видимо, тысячи и более лет. Проверить последнее обстоятельство трудно из-за относительной кратковременности программ космических полетов. Также в активном состоянии тихоходки способны пережить 12 дней периодического (не постоянного) жесткого УФ-облучения, радиоактивное облучение в 570 тыс. рентген в час, выдерживают давление в 6000 атм., сопоставимое с давлением столба воды на дне Марианской впадины, могут находиться в атмосфере, состоящей из сероводорода (H_2S), углекислого (CO_2) и (CO) угарного газов (т.е. близкой по составу к первичной атмосфере Земли в архее). Именно они сейчас считаются наиболее вероятными существами, которые могли быть занесены на Землю из космоса.

Справка: Древнейшие каменные остатки тихоходок имеют возраст 65 млн лет (конец мелового периода, момент вымирания динозавров и других существ), но их примитивное строение говорит в пользу того, что они значительно более древние существа. Тихоходки обитают везде от полюсов до экватора, и выдерживают нагревание до $+100^\circ C$ и понижение температуры до -193 , а по некоторым оценкам и до $-273^\circ C$. Они были открыты в 1773 году немецким пастором И.А. Геце, который назвал их «маленькими водяными медведями».

Другой пример — ледяные черви мезенхитриусы из ледников Аляски и арктической Канады (рис. 2.5.3). В течение своего жиз-

ненного цикла они могут неограниченное число раз замораживаться и размораживаться и при этом сохранять жизнеспособность. Они существуют при нуле градусов и могут обходиться без пищи два года. Их длина — около 5 мм, они погибают при температуре $+10^\circ C$.

Членистоногие или черви могли на себе и внутри себя принести на Землю целую микрোকоситему (разнообразные симбионты и паразиты от бактерий, спор растений или грибов на коже или панцире беспозвоночных).

Вторая точка зрения на возникновение жизни на Земле подразумевает, что она возникла при благоприятном стечении обстоятельств, т.е. независимо от существующей или несуществующей жизни во Вселенной. Возможно, жизнь — это закономерный процесс.

Очевидно, что автономное самозарождение жизни на Земле могло случиться только после образования гидросферы. Существует очень много гипотез, приведем лишь несколько основных.

Одними из первых начали моделировать зарождение жизни русский академик А.И. Опарин (1923 г., рис. 2.5.4) и американский аспирант Стэнли Миллер (1953 г., рис. 2.5.5).

Справка: Александр Иванович Опарин — советский биолог и биохимик, создавший теорию возникновения жизни на Земле из абиотических компонентов, академик АН СССР, Герой Социалистического Труда (1969). В 1917 году окончил естественное отделение физико-математического факультета МГУ. В 1925 году начал читать в МГУ курс лекций.

3 мая 1924 года на собрании Русского ботанического общества высту-

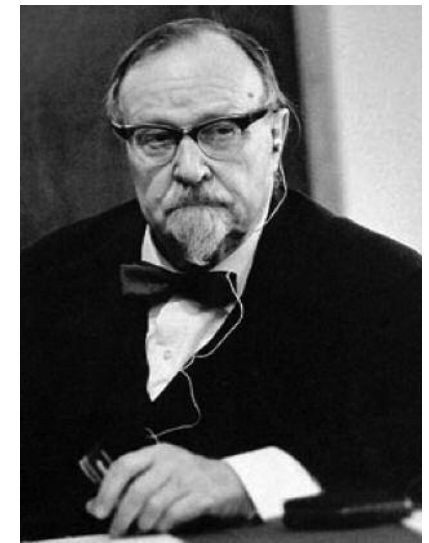
Рис. 2.5.3. Черви мезенхитриусы (*Mesenchytraeus solifugus*)

Рис. 2.5.4. А.И. Опарин (18.02.1844–21.04.1980)



Рис. 2.5.5. Стэнли Ллойд Миллер
(07.03.1910–20.05.2007)

пил с докладом «О возникновении жизни», в котором предложил теорию возникновения жизни из бульона органических веществ. В качестве протоклеток Опарин рассматривал коацерваты — органические структуры, окруженные жировыми мембранами.

Справка: Стэнли Миллер — американский химик, получивший известность после проведения опыта, позднее названного экспериментом Миллера–Юри. В 1953 г., будучи студентом Чикагского университета, осуществил эксперимент по преобразованию органических соединений из неорганических. Позднее опыт был

подвергнут серьезной критике, т.к. многие из условий моделирования существенно отличались от физико-химических условий и процессов древней Земли.

В первом случае моделировалось образование в океане первых сложных углеводов из более простых соединений, которые, постоянно вступая друг с другом в реакции, со временем усложнились.

Во втором случае целью опыта было доказательство возможности самообразования аминокислот в первичной среде Земли. В лаборатории воссоздали протоатмосферу из метана, аммиака, водорода и паров воды, а также протогидросферу. Через эту смесь пропускали разряды электрического тока. Через несколько дней в «протоокеане» были обнаружены аминокислоты. Последние исследования выявили ряд существенных недостатков этой гипотезы-эксперимента.

Одним из современных примеров самых древних биоценозов можно считать «оазисы» гидротерм (рис. 2.5.6).

Подробнее обзор существующих гипотез зарождения жизни приведен в ряде работ (Хаин, 1995; Габдуллин, Ильин, Иванов, 2005 и др.).

Дадим краткую характеристику тектонических и климатических событий в истории Земли. К концу архея (около 2,5 млрд лет назад) сформировались крупные континенты или, возможно, первый

единый суперконтинент Кенорлэнд (рис. 2.1.19). Первое достоверное глобальное оледенение, именуемое Гудзонским, произошло около 2,4–2,3 млрд лет назад.

Справка: С открытием в конце 70-х годов XX века гидротерм на дне океанов и богатой органической жизни в зоне их влияния возникла *гипотеза о зарождении жизни вокруг подводных гидротерм*. Археобактерии выдерживают температуру до 120°C, а ряд их видов предпочитает лишенные кислорода места обитания с высокой кислотностью и содержанием сернистых соединений.



Рис. 2.5.6. Подводные гидротермы
(nature.web.ru)

Долговременные континентальные суперциклы длительностью 750 млн лет начались с протерозоя (2,5 млрд лет назад) и продолжаются сейчас (рис. 2.1.18–19). **Они включают в себя распад суперконтинента и образование, как правило, нескольких океанов, удаление и рассеивание блоков континентальной коры (в прошлом частей единого суперматерика), сокращение и закрытие океанов, воссоединение в единое целое (т.е. в новый суперконтинент) рассеянных ранее частей и новообразованных участков континентальной коры. Примеры таких относительно стабильных суперконтинентов, состоявших почти из всех имевшихся континентальных масс:** 1750 млн лет назад — Колумбия, 1000 млн лет назад — Родиния, 250 млн лет назад — Пангея. Менее стабильные во времени суперконтиненты образовывались, возможно, в середине суперконтинентального цикла (2125, 1375 и 625 млн лет назад). **В будущем тоже возникнет новый суперматерик.** Образование суперматериков и их фрагментов — результат циклов тектоно-магматической активности Земли, когда складчатость «спаивает» воедино ранее самостоятельные блоки континентальной коры. О многочисленных эпохах складчатости и их частных фазах возможно прочесть в любом издании по исторической геологии, геотектонике или тектонической эволюции Земли.

В последние 2,4 млрд лет климат был относительно стабилен и цикличен: эпохи глобальных потеплений постоянно сменялись менее продолжительными эпохами глобальных похолоданий, т.е. оледенениями (0–10, 290–325, 445–455, 580–600 млн лет назад и ранее).

В атмосфере около 1,5 млрд лет назад в результате жизнедеятельности водорослей стало возрастать содержание кислорода, и постепенно ее состав приближался к современной. В процессе антропогенной деятельности состав атмосферы стал снова меняться: концентрация углекислого газа возрастает, т.к. в наши дни ежегодно вырубаются 13 млн гектаров леса. Глобальное потепление уже началось.

В течение протерозоя–фанерозоя активно шла эволюция органического мира. Около 2–2,2 млрд лет назад появились клетки с обособленным ядром и первые морские многоклеточные бесскелетные организмы. Последние широко распространились в вендское время, 620–540 млн лет назад. С начала кембрия (около 542 млн лет назад) возникло и активно эволюционировало большинство скелетных беспозвоночных и позвоночных организмов. В силуре (443–416 млн лет назад) растения, а вслед за ними и беспозвоночные животные вышли на сушу. Со среднего девона (около 400 млн лет назад) начинается углеобразование, массовый процесс которого приходится на конец раннего карбона — поздний карбон (345–300 млн лет назад).

Человек как биологический вид коренным образом *в глобальном масштабе начал изменять геосферы Земли*. Одно млекопитающее из четырех, одна птица из восьми, одно земноводное из трех находятся под угрозой исчезновения. Биологические виды вымирают в тысячу раз быстрее естественных темпов. Природные заповедники занимают всего 13% площади континентов. *Биосфере* нанесен сильнейший ущерб.

Первобытные леса — ареал обитания 75% всех биологических видов. За 40 лет площадь леса в Амазонии сократилась на 20%. На месте леса строятся фермы для выращивания скота и засеваются соевыми бобами поля. Бобы идут на корм скоту. В итоге лес «превращается» в мясо. Более 2 млрд человек зависят от древесного угля. За последние 50 лет спрос на бумагу вырос в 10 раз.

За последние 100 лет 50% болот осушено. Болота накапливают воду в обильные дождями и отдают ее в засушливые годы. Сегодня 50% человечества занимается земледелием, в том числе и землепашеством, а 40% пахотных земель находятся в упадке.

В США 3 млн фермеров могут обеспечивать пищей 2 млрд человек, но 50% выращиваемого в мире зерна идет на прокорм скоту и выработку биотоплива. В современной земледелии господствует унификация: тысячи сортов безвозвратно утрачены, доминируют монокультуры. В результате такой «стандартизации» по всей планете выращивается и потребляется всего дюжина видов — сортов овощей и фруктов, например яблоки «Гренни Смит» и др. Растущие потребности человечества приводят к постоянному расширению объемов земледелия, что вызывает широчайшее распространение паразитов. Последнее обстоятельство преодолевается с помощью ядов-пестицидов и генетических модификаций продуктов.

Глава 3

ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ИСТОРИИ ЖИЗНИ

3.1. Эволюция жизни и глобальные биосистемы

Рассмотрим кратко основные этапы и события в развитии органического мира за последние 600 млн лет.

Кембрийский период. Наиболее распространенными и многочисленными животными в морях кембрия были членистоногие, например трилобиты (около 60% биоты, рис. 3.1.1) и археоциаты (30%). Трилобиты пережили расцвет в кембрийском периоде. Более половины известных видов из их общего числа приходится на кембрий. В отложениях этого периода найдены остатки почти всех известных типов беспозвоночных животных. Биота кембрия представлена фораминиферами, радиоляриями, кишечнополостными, червями, моллюсками, брахиоподами, низшими ракообразными, древними иглокожими (рис. 3.1.2). Органический мир кембрия богат примитивными скелетными организмами и резко отличается от докембрийского (Историческая геология..., 1985). Характерны ископаемым комплексом является фауна бургесских сланцев (рис. 3.1.3). Одним из ключевых событий этого времени стало появление скелетных организмов.

Ордовикский период. Органический мир ордовика характеризовался дальнейшим развитием беспозвоночных (рис. 3.1.4), среди которых все большее значение приобретали животные с карбонатным скелетом: строматопораты, табуляты, гелиолитоидеи, ругозы, иглокожие (морские лилии, морские пузыри). Широко распространились замковые брахиоподы, особенно ортиды, строфомениды, ринхонеллиды, пентамериды. Известны ордовикские трилобиты, обладавшие известковым панцирем и способностью свертываться. Головной и хвостовой щиты у них были примерно одинаковых размеров и формы, число туловищных сегментов обычно небольшое. Ордовикские трилобиты многочисленны, но по разнообразию (по числу родов) уступают кембрийским. Из моллюсков наиболее распространены были хищные головоногие с прямой или слабо изогнутой раковинной и простыми (прямыми или со слабым изгибом) перегородочными линиями, например эндоцератоидеи, охотившиеся на трилобитов. Важную роль в биоте ордовика играли быстро эволюционировавшие граптолиты. В это время появились примитивные позвоночные — бесчелюстные (телодонты). В морях флора была представлена сине-зелеными, зелеными и багряными водорослями (Историческая геология..., 1985). В этот период появились все известные типы беспозвоночных животных.

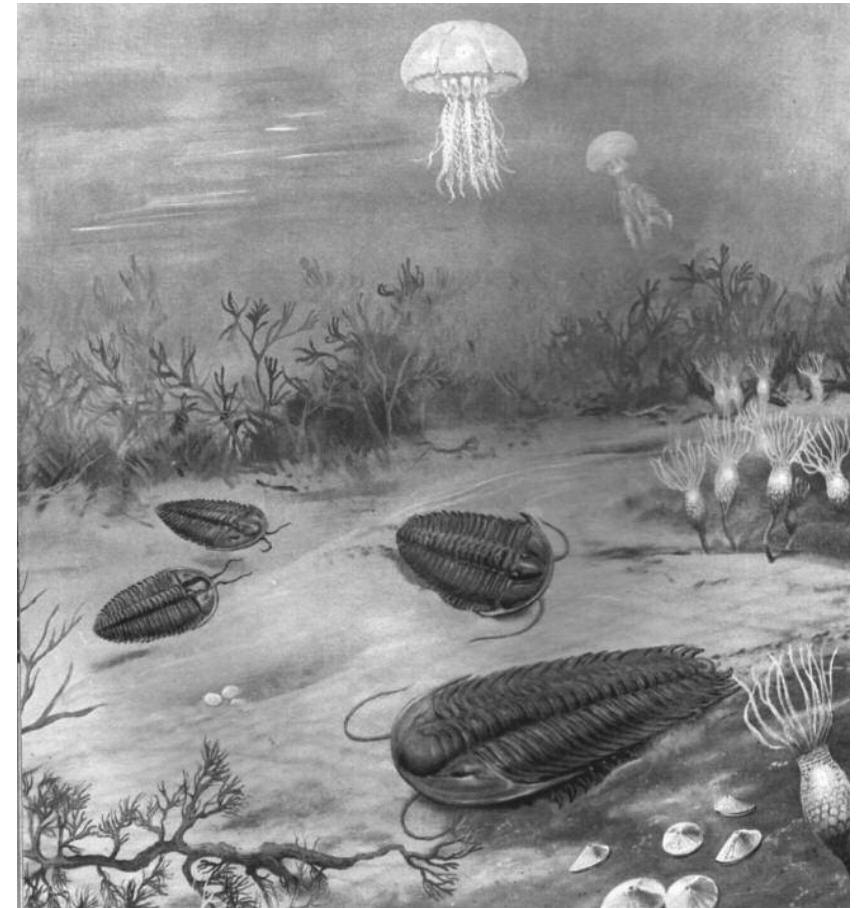
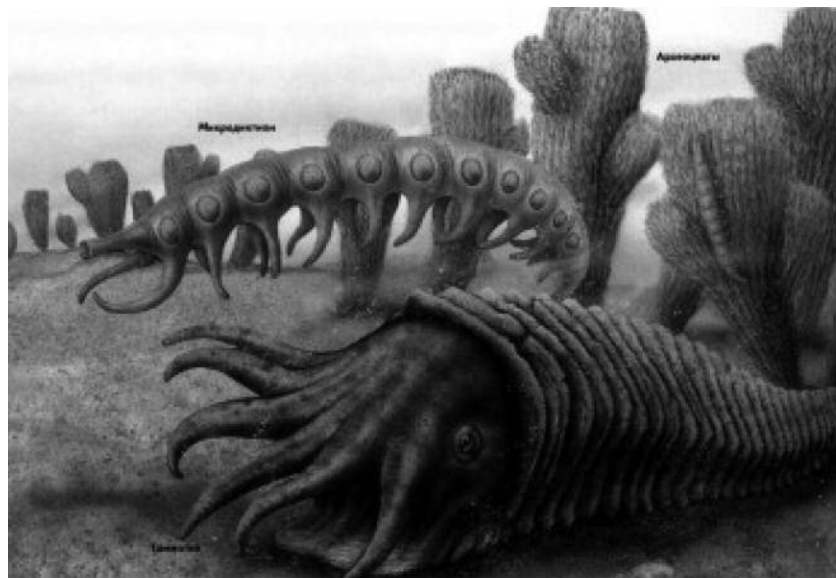


Рис. 3.1.1. Биота кембрийского моря. Темные членистоногие внизу — трилобиты.
Картина З. Буриана

гнutoй раковинной и простыми (прямыми или со слабым изгибом) перегородочными линиями, например эндоцератоидеи, охотившиеся на трилобитов. Важную роль в биоте ордовика играли быстро эволюционировавшие граптолиты. В это время появились примитивные позвоночные — бесчелюстные (телодонты). В морях флора была представлена сине-зелеными, зелеными и багряными водорослями (Историческая геология..., 1985). В этот период появились все известные типы беспозвоночных животных.

Силурийский период. Органический мир силура стал еще более разнообразным и богатым, чем ордовикский. Продолжали суще-

Рис. 3.1.2. Биота раннего кембрия (www.3planet.ru)

ствовать основные ордовикские группы, но появились их новые представители. Широкое распространение получили строматопораты и кораллы (табуляты, гелиолитоидеи, ругозы). Число родов брахиопод несколько сократилось, но зато появились новые: спирифериды, продуктиды; ринхонеллиды, пентамериды. Трилобиты представлены свертывающимися формами, но количество их заметно сократилось. Вместе с ними стало меньше головоногих моллюсков, продолжавших, однако, оставаться грозой силурийских морей. Более разнообразными и многочисленными стали морские лилии. Граптолиты представлены в основном однорядными осеносными формами, к концу периода они почти полностью исчезли. Кроме перечисленных беспозвоночных продолжали существовать простейшие, губки, двустворчатые и брюхоногие моллюски, остракоды. Характерны хищные ракоскорпионы — эвриптериды (рис. 3.1.5), обитавшие в пресных и опресненных бассейнах. В конце силура вследствие общей регрессии моря появилось много бассейнов ненормальной солености. В таких бассейнах обитали лингулы, некоторые ринхонеллиды, двустворчатые моллюски, ракообразные.

В целом органический мир силура, как и ордовика, характеризуется древними группами: водорослями, граптолитами, трилоби-

Рис. 3.1.3. Биота позднего кембрия (бургесская фауна, www.worldofnature.ru)

тами, строматопоратами, табулятами, брахиоподами (много древних семейств), головоногими моллюсками с прямой раковиной. В силуре найдены первые рыбы и высшие растения (псилофиты).

Все живое по-прежнему обитало преимущественно в морях, но в силуре жизнь начала завоевывать континенты, появились разнооб-

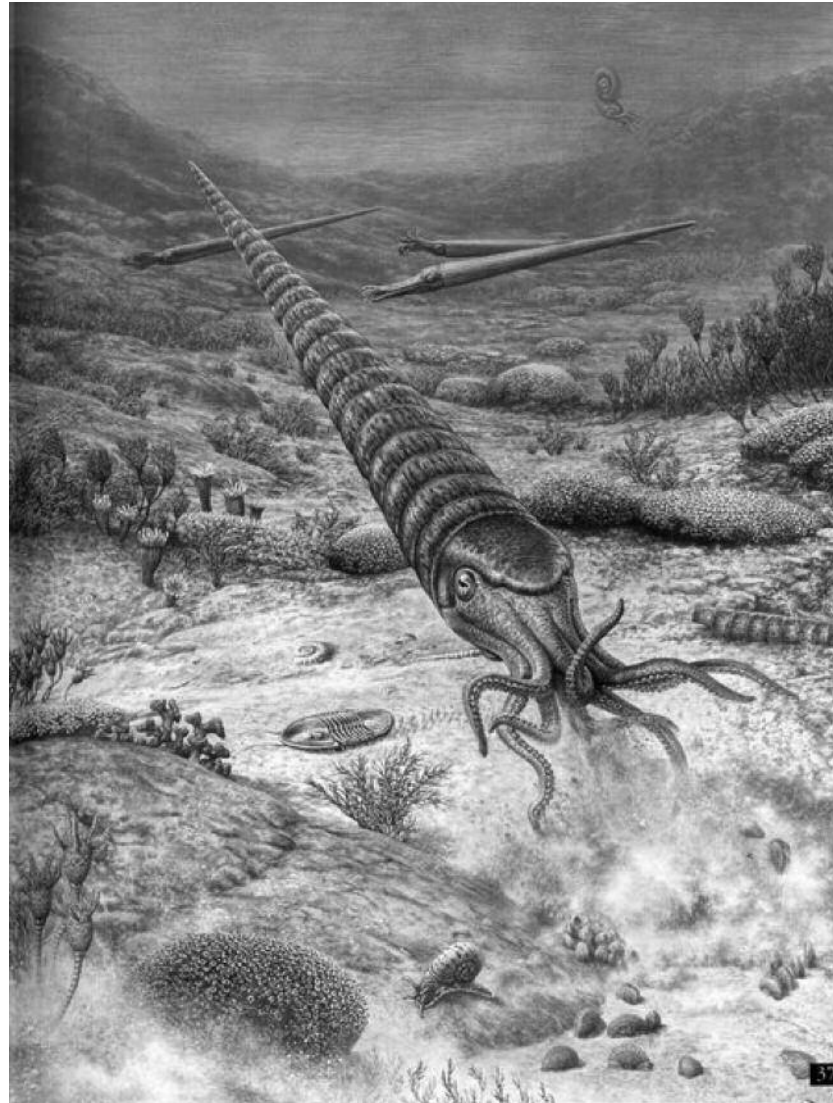


Рис. 3.1.4. Биота ордовикского моря. На переднем плане — головоногий моллюск

разные обитатели пресных вод и первые высшие растения на суше (рис. 3.1.6). На суше появились членистоногие (Историческая геология..., 1985). Животные и растения колонизировали сушу.

Отметим следующие важные события: завоевание гидросферы растениями и беспозвоночными с кембрия по силур и освоение

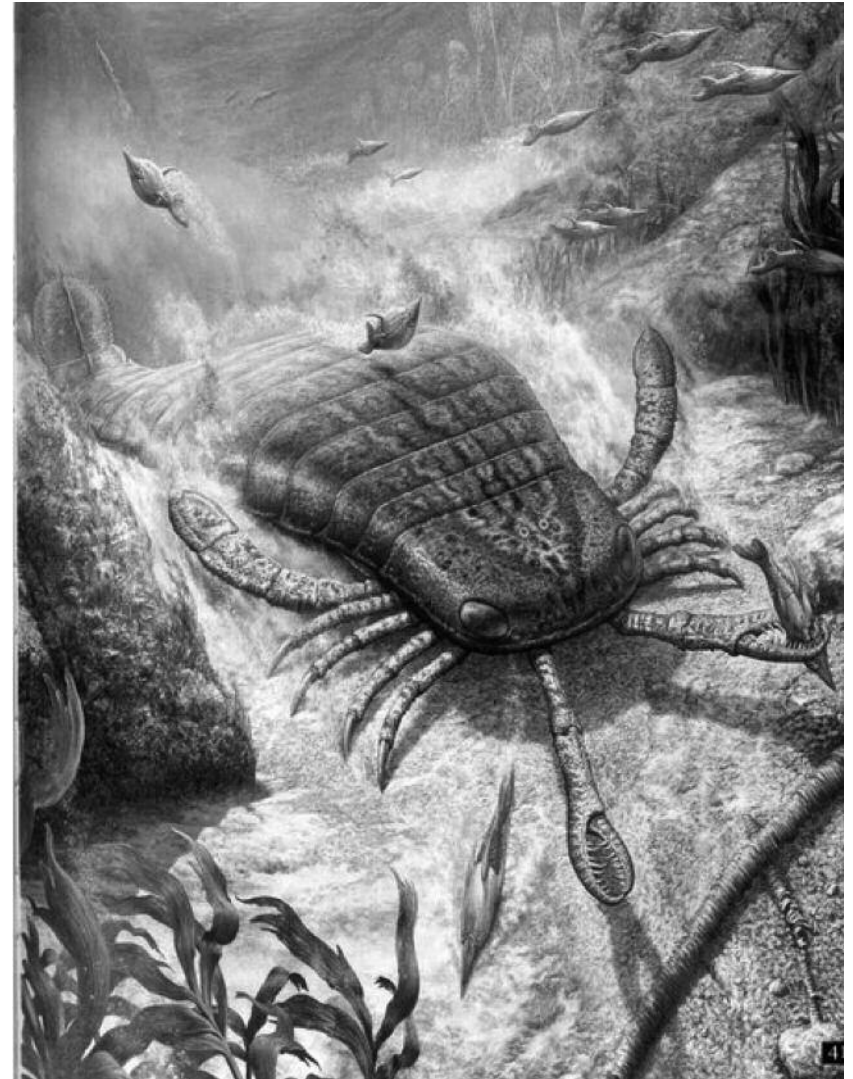


Рис. 3.1.5. Ракокорпион, охотящийся на рыбообразных (бесчелюстных; www.foto.mail.ru)

позвоночными животными (рыбами и рыбообразными) с ордовика (по некоторым данным с кембрия) по силур.

Девонский период. Развитие жизни происходит не только на суше (рис. 3.1.7–8), но и в водных бассейнах (3.1.9). Большую роль стали играть позвоночные, представленные рыбами и бесчелюст-



Рис. 3.1.6. Пейзаж суши силура. Картина З. Буриана

ными организмами, отчего девон образно называют «веком рыб». Наряду с представителями животного мира, унаследованного от силура, появились новые группы организмов, которые позднее, в карбоне и перми, достигли своего расцвета. В девоне почти исчезли граптолиты, редкими стали трилобиты, цистоидеи и наутилоидеи. В девонских отложениях обнаружены остатки представителей всех типов беспозвоночных животных, но наиболее многочисленны раковины брахиопод, а также скелетные постройки строматопорат и кораллов, скопления фрагментов стеблей морских лилий. Впервые в истории Земли большую роль стали играть двустворчатые моллюски и некоторые низшие ракообразные, что связано с су-

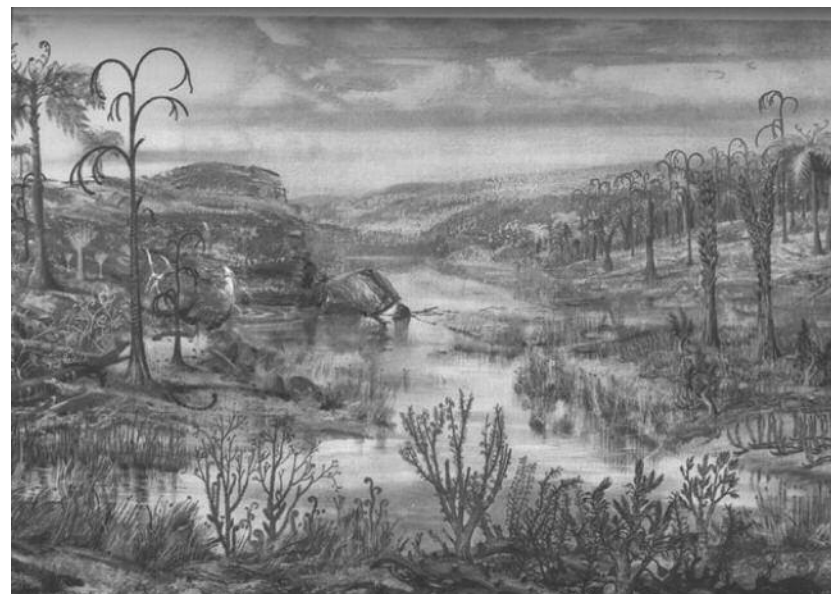


Рис. 3.1.7. Пейзаж середины девонского периода. Картина З. Буриана

ществованием в девоне многочисленных бассейнов ненормальной солености. Большое значение приобрели агониатиты и гониатиты. Для стратиграфии морских отложений наиболее важны аммоноидеи, брахиоподы, кораллы, конодонты и тентакулитиды. Широко распространены бесчелюстные и рыбы: двоякодышащие, хрящевые (акулы), панцирные и кистеперые. В пресноводных и солоноватоводных бассейнах рыбы, по-видимому, были уже многочисленны. Продолжалось освоение суши и животными и растениями. Встречаются скорпионы, жившие еще в силуре, многоножки и бескрылые насекомые. Появляются первые земноводные — стегоцефалы (ихтиостеги, акантостеги). В первой половине девона на суше господствовали псилофиты, жившие еще в силуре. С середины периода уже известны плауны, хвощи и папоротники. Среди папоротников особенно распространен археоптерис, поэтому флора этого времени называется археоптерисовой. В первую половину девона псилофитовая травянистая растительность селилась по периферии водных бассейнов. С середины девона растения, а за ними и животные начинают осваивать удаленные от воды участки суши (Историческая геология..., 1985). **Позвоночные животные колонизировали сушу.**

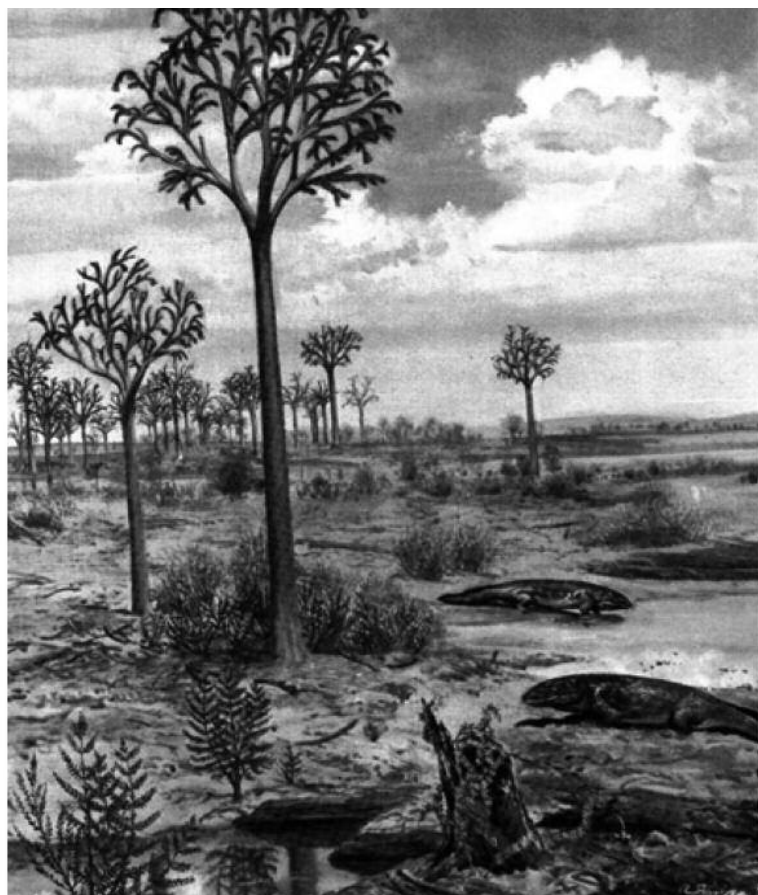


Рис. 3.1.8. Пейзаж конца девонского периода. У водоемов ползают первые земноводные. Картина З. Буриана

Подводя итоги основных событий девонского периода, отметим: освоение открытых пространств суши растениями (плауны, хвощи, папоротниковидные и семенные папоротниковидные), затем членистоногими (пауки, бескрылые насекомые), а затем — выход позвоночных на сушу (появление амфибий).

Справка: Достоверные остатки грибов известны с девона, а лишайников — с позднего мела. Однако уровень их организации и некоторые проблематичные находки в докембрийских отложениях позволяют предполагать, что в докембрии и раннем палеозое на суше уже существовала экосистема, включавшая бактерии, грибы, лишайники, моховидные и некоторые водоросли.



Рис. 3.1.9. Море девонского периода. Доминируют пластинокожие рыбы, преследующие акул. Картина З. Буриана

Каменноугольный (карбоновый) период. Органический мир каменноугольного периода развивается активно не только в море, но и на суше. Суша покрывается лесами, которые становятся местами обитания различных членистоногих. Сырые леса и болота заселяются разнообразными земноводными — стегоцефалами (рис. 3.1.10–11). Из-за обилия болотной растительности и древних земноводных карбон нередко называют земноводным периодом. К



Рис. 3.1.10. Стегоцефалы каменноугольного периода. Картина З. Буриана



Рис. 3.1.11. Пейзаж каменноугольного периода. В водоеме плавают стегоцефалы, по берегу идет примитивная рептилия. В небе летит гигантская стрекоза — меганевра. Картина З. Буриана

началу карбона почти исчезли граптолиты и трилобиты, вымерли псилофиты. Археоптерисовая флора девона сменилась комплексом древовидных растений, получившим название «антракофит» (рис. 3.1.12).

Антракофит господствовал до середины перми. Это были сосудистые споровые растения (плауны, хвощи, папоротники), а также первые голосеменные (папоротниковидные), к особой группе которых принадлежат кордаиты. Мощная корневая система каменноугольных растений, обилие листьев облегчали усвоение ими питательных веществ и способствовали пышному расцвету. Каменноугольная растительность, отмирая и захороняясь, образовывала крупнейшие в истории Земли скопления угля.

Для морей карбона (рис. 3.1.13) характерно бурное развитие фораминифер, которые иногда играли роль породообразующих организмов (фузулиновые известняки), а также изобилие брахиопод, но число их видов (по сравнению с девоном) уменьшается. Особенно типичны продуктиды и спирифериды. Отмечается массовое появление колониальных форм четырехлучевых кораллов: вместе с мшанками, табулятами и водорослями они создавали рифы. Многочисленными были конодонты и морские ежи. Нередко на морском дне возникали заросли морских лилий. Достигли расцвета гониатиты. Обильными были пелециподы и гастроподы. Пелециподы заселяли не только моря, но и пресноводные бассейны. Благоприятные климатические условия и пышная растительность способствовали размножению наземных членистоногих: пауков, скорпионов, тараканов, стрекоз (иногда с размахом крыльев до 1 м, как например, у меганевры). В морях карбона обитали многочисленные рыбы. Разнообразные стегоцефалы населяли берега озер, заросли лесов, в конце карбона они дали начало первым пресмыкающимся (рептилиям). Прогрессивные черты рептилий (роговой покров, предохраняющий организм от потери влаги; размножение яйцами, откладываемыми на суше) позволили им проникнуть в глубь континентов. Для стратиграфии морских отложений карбона наиболее важны гониатиты, фораминиферы, брахиоподы и конодонты. Определение возраста континентальных отложений основано на изучении остатков растений, в меньшей степени — комплексов спор и пелеципод (Историческая геология..., 1985). **Возникли первые леса. В этом периоде произошло** освоение прибрежных пространств суши позвоночными (амфибиями), затем освоение открытой суши позвоночными (рептилиями). Беспозво-



Рис. 3.1.12. Лес каменноугольного периода. Картина З. Буриана

Рис. 3.1.13. Море каменноугольного периода, акула.
Картина З. Буриана

ночные животные (насекомые — стрекозы) завоевали воздушную стихию посредством активного полета. К каменноугольному периоду беспозвоночные животные освоили три стихии: воду, сушу и воздух.

Пермский период. В морях перми господствовали фораминиферы (особенно фузулины и швагерины), замковые брахиоподы и гониатиты; последние, достигнув расцвета в ранней перми, к концу периода сменились цератитами. Многочисленными были пелециподы, гастроподы, остракоды и конодонты, а также рыбы, населявшие как морские, так и пресноводные и солоноватоводные бассейны. Стегоцефалы, процветавшие в ранней перми, в поздней перми угасали, уступая место разнообразным пресмыкающимся. Многочисленные остатки этих животных известны в верхнепермских отложениях Южной Африки, Северной Америки (штат Техас) и других районов. На территории нашей страны они впервые обнаружены в бассейне Северной Двины в 1895 г. В.П. Амалицким, а впоследствии найдены и в других местах, в частности на Волге. Здесь представлены как хищники, например иностранцевия, так и крупные (длиной до 3 м) неуклюжие травоядные животные — парейазавры.

К концу перми вымерли фузулины, четырехлучевые кораллы, табуляты, большинство брахиопод, гониатиты, ортоцератиты, древние представители иглокожих, последние трилобиты, многие древние рыбы и ряд позвоночных. Это был момент массового вымирания. Наземная флора перми — обедненная каменноугольная флора (рис. 3.1.14–15), отличающаяся от нее присутствием хвойных. Во второй половине перми состав флоры начинает меняться, особенно резко в зоне тропического климата, где с поздней перми наступил мезофит — эра господства голосеменных растений, представленных хвойными, цикадовыми и гинкговыми. За пределами тропической зоны мезофит начался с триаса (Историческая геология..., 1985).

Триасовый период. Органический мир триаса существенно изменился по сравнению с палеозойским благодаря появлению новых групп фауны и флоры; в целом он типично мезозойский. Однако изменения органического мира на рубеже перми и триаса не носили катастрофического характера. В триасе еще встречаются представители таких характерных для палеозоя групп животных, как прямые наutilusоидеи, брахиоподы из семейства спириферид, амфибии (лабиринтодонты), зверообразные рептилии. Из репти-

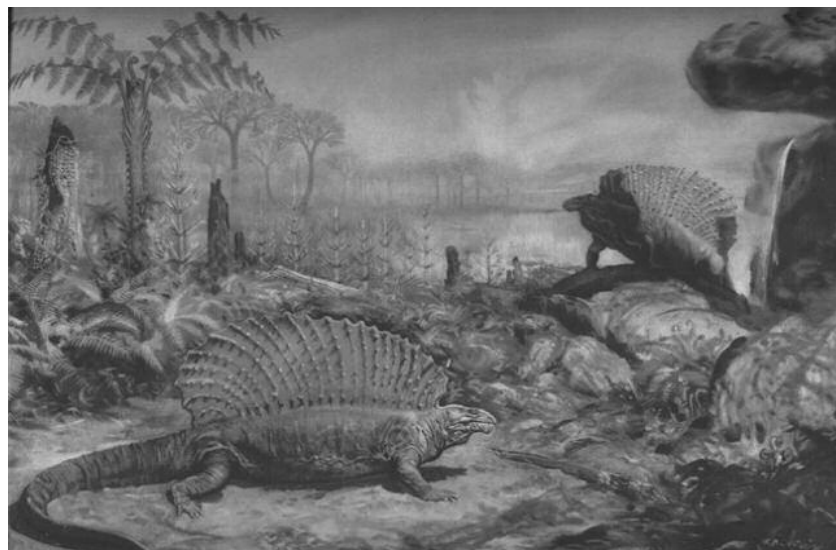


Рис. 3.1.14. Начало пермского периода. Пресмыкающееся эдафозавр.
Картина З. Буриана

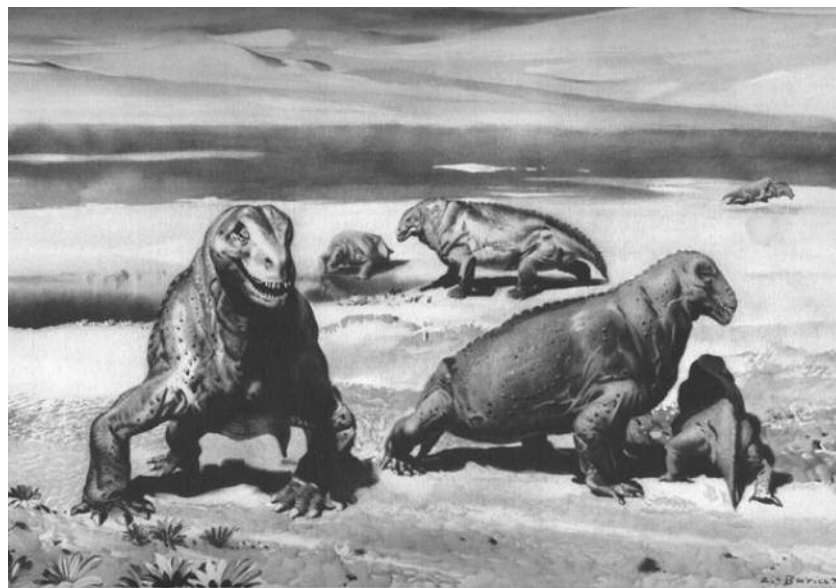


Рис. 3.1.15. Конец пермского периода ознаменован резким катастрофическим
глобальным потеплением климата, приведшим к самому массовому вымиранию в
истории Земли. Стадо пресмыкающихся — мосхопсов. Картина З. Буриана

лий наибольшее распространение в раннем триасе получил дицинодонт — листрозавр.

Вместе с тем в триасе развиваются и доминируют типично мезозойские группы фауны. Главное место среди беспозвоночных, населявших триасовые моря, занимали цератиты, испытавшие несколько эволюционных подъемов и спадов. На рубеже перми и триаса цератиты представлены всего двумя родами, в оленёкском веке их число увеличивается до 113, в ладинском резко падает до 50, в карнийском вновь возрастает до 140. Цератиты в триасе достигают удивительного разнообразия как по числу родов (примерно 450), так и по форме и характеру скульптуры, но ни один род не перешел в юру. В норийском веке цератиты полностью вымирают, им на смену приходят первые настоящие аммониты. В триасе продолжают свое развитие появившиеся еще в позднем карбоне белемниты, но они очень редки. Многочисленны двустворчатые моллюски; в среднем триасе появляются шестилучевые кораллы.

Мезозой — эра пресмыкающихся. В триасовых морях господствовали ихтиозавры, плезиозавры и нотозавры (рис. 3.1.16). С позднего триаса известны древнейшие крокодилы и черепахи. На суше в конце среднего триаса появились ящеротазовые динозавры (рис. 3.1.17). На первые попытки завоевания позвоночными воздушного пространства указывают находки в верхнем триасе США и Англии останков ящериц, приспособившихся к парящему полету. В триасе появляются первые костистые рыбы. С позднего триаса начинают свое развитие млекопитающие, находки которых известны на территории Англии, Швейцарии, Китая и Южной Африки.

Для триасовой растительности (рис. 3.1.18) характерно интенсивное развитие различных групп голосеменных: хвойных, гинкговых и цикадовых, определивших мезофитный облик флоры.

Изменение флоры на рубеже перми и триаса также происходило постепенно. В разных регионах мира смена палеофитных комплексов на мезофитные отмечается на разных стратиграфических уровнях и часто не совпадает с границей перми и триаса, проводимой по фауне. В триасе остаются многочисленными такие палеофитные растения, как папоротники и хвощи (Историческая геология..., 1985).

Для триасового периода характерно: освоение рептилиями водной (нотозавры, ихтиозавры, плезиозавры) и воздушной среды посредством активного полета — птерозавры; возможное появле-

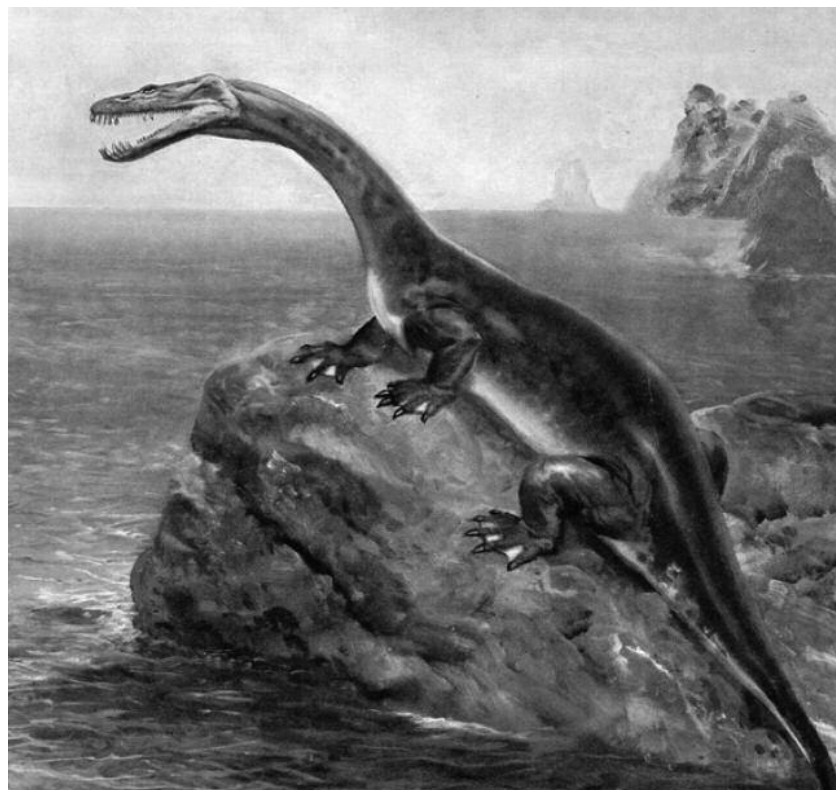


Рис. 3.1.16. Вторично-водная рептилия нотозавр. Поздний триас.
Картина З. Буриана



Рис. 3.1.17. Динозавр меланорозавр. Поздний триас.
Картина З. Буриана



Рис. 3.1.18. Флора триасового периода. Картина З. Буриана

ние птиц (?) и достоверное появление млекопитающих. К триасовому периоду позвоночные животные освоили три стихии: воду, сушу и воздух.

Юрский период. Органический мир юрского периода приобретает все черты, характерные для мезозоя. К началу юры вымирают последние палеозойские реликты (стегоцефалы, спирифериды и др.). Важнейшей группой, населявшей юрские моря, были аммониты, исключительно разнообразные и многочисленные. Юрские аммониты, благодаря быстрым эволюционным изменениям и частой встречаемости, являются главнейшей группой для расчленения юрской системы (по ним выделяется более 40 аммонитовых зон). Многочисленными, по сравнению с триасовыми, становятся белемниты. Большого разнообразия достигают двустворки, губки, морские лилии, появляются неправильные морские ежи. Среди брахиопод преобладают представители отрядов ринхонеллид и теребратулид. В теплых морях широкое развитие получают шестилучевые кораллы — строители множества рифовых массивов.

Позвоночные животные юрского периода приспособлены ко всем сферам обитания. Удивительного разнообразия достигают представители класса пресмыкающихся, особенно динозавры. Среди них были и сравнительно небольшие, и достигавшие ги-

гантских размеров (длина бронтозавров и диплодоков—до 25–30 м (рис. 3.1.19), масса — до 40–50 т). Хищные двуногие были вооружены огромными зубами (рис. 3.1.20), травоядные четвероногие имели тяжелые панцири, шипы для защиты. В юрских морях господствовали ихтиозавры (рис. 3.1.21), или рыбащеры, и плезиозавры; были широко распространены рыбы. Летающие ящеры представлены рамфоринхами и птеродактилями (рис. 3.1.22).

В поздней юре появились первые птицы (рис. 3.1.23), обладающие наряду с типичными признаками птиц (перья, грудной киль, полые кости и др.) чертами пресмыкающихся (зубы, хвост с позвонками и др.). Юрские млекопитающие (рис. 3.1.24) по-прежнему немногочисленные и слабоорганизованные, их находки редки.

Растительный мир к юрскому периоду также окончательно утрачивает палеозойские черты (исчезают кордаиты, семенные папоротники, каламиты, еще существовавшие в триасе). В юре господствуют голосеменные: хвойные, гинкговые, цикадовые (рис. 3.1.25).

Меловой период. Этим периодом завершается мезозойская эра, поэтому его органический мир несет на себе все черты переходного этапа. В раннем мелу состав основных групп растений типично мезозойский, а в позднемеловую эпоху происходит резкая смена и растения приобретают кайнозойский облик. В бассейнах мелового периода важнейшими группами являются аммониты, белемниты, морские ежи, двустворчатые моллюски, губки, мшанки, гастроподы, фораминиферы, шестилучевые кораллы. Аммониты достигают исключительного разнообразия в строении раковины (от спирально свернутой до прямой). В расцвете неправильные морские ежи. Представители двустворок — иноцерамы — служат важнейшей группой для стратиграфии верхнего мела. Наряду с рифостроителями — кораллами и мшанками — пороодообразующее значение имеют мелкие фораминиферы.

Среди меловых позвоночных продолжают господствовать рептилии: наземные формы представлены как травоядными (например, игуанодоном, рис. 3.1.26), так и хищными (тираннозавр, рис. 3.1.27), достигавшими громадных размеров — свыше 5 м в высоту. Большое распространение получают рогатые ящеры (например, род хасмозавр, рис. 3.1.28).

В морях преобладают ихтиозавры, плиозавры (кронозавр, рис. 3.1.29) и плезиозавры (рис. 3.1.30). В позднем мелу появляется своеобразная группа хищных морских ящеров — мозазавров (рис.

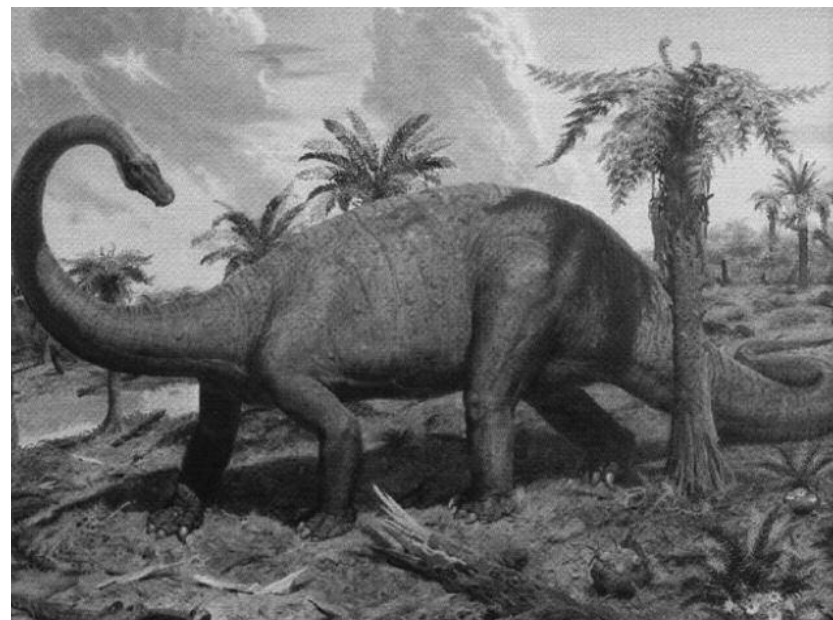


Рис. 3.1.19. Динозавр диплодок. Картина З. Буриана



Рис. 3.1.20. Хищный цератозавр и растительоядные стегозавры. Картина З. Буриана

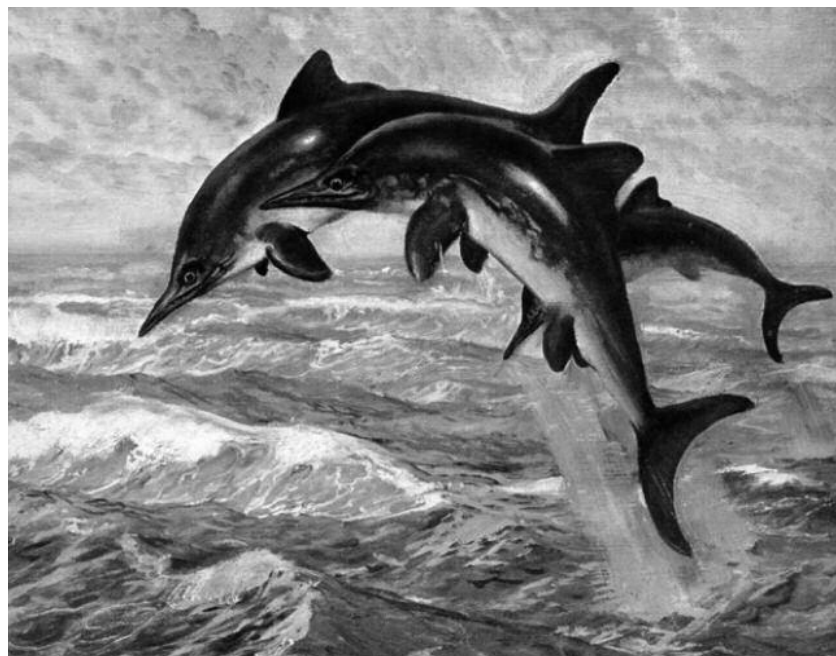


Рис. 3.1.21. Ихтиозавр лептоптеригий. Картина З. Буриана



Рис. 3.1.22. Летающий ящер птеродактиль. Картина З. Буриана

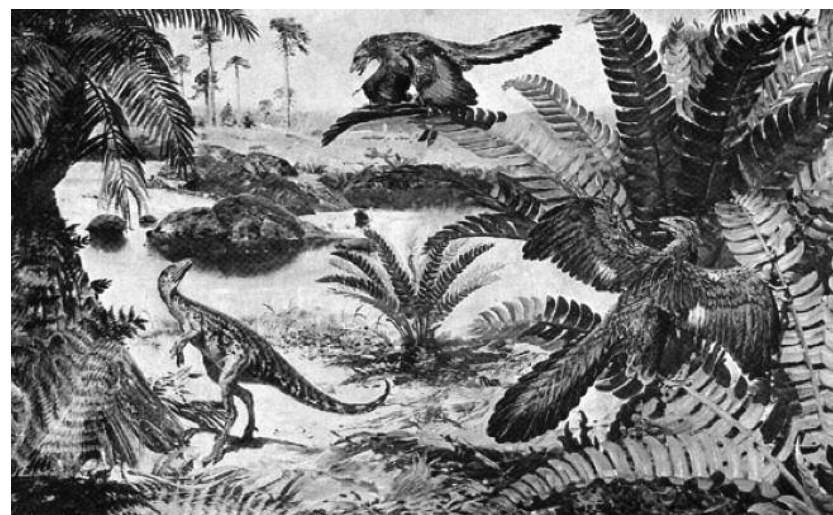


Рис. 3.1.23. Пара птиц археоптериксов и мелкий хищный динозавр целюрозавр. Картина З. Буриана



Рис. 3.1.24. Млекопитающее триконодон, поймавшее ящерицу. Картина З. Буриана

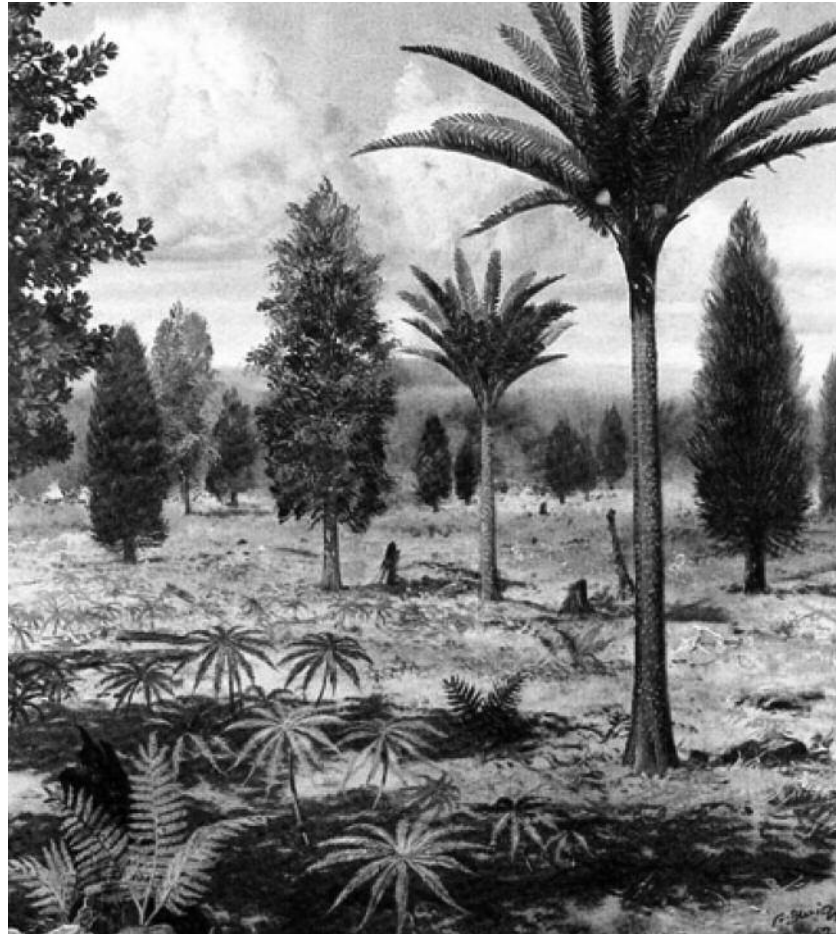


Рис. 3.1.25. Флора конца юрского — начала мелового периода. На переднем плане — пальма Вильямсония. Картина З. Буриана

3.1.30), достигавших в длину 20 м; размер зубов у них составлял 15–20 см. В воздухе царили птерозавры (птеранодон) с размахом крыльев до 15–21 м (рис. 3.1.31). В морях дальнейшее развитие получают рыбы. В меловом периоде впервые появляются змеи. Среди млекопитающих возникают высокоорганизованные плацентарные формы. Совершенствуются птицы, напоминавшие обликом современных птиц, но имевшие зубы (рис. 3.1.32).

В раннемеловую эпоху растительный мир имеет мезофитовый облик, в позднем мелу господствуют уже покрытосеменные. Гра-



Рис. 3.1.26. Стадо игуанодонов. Картина З. Буриана

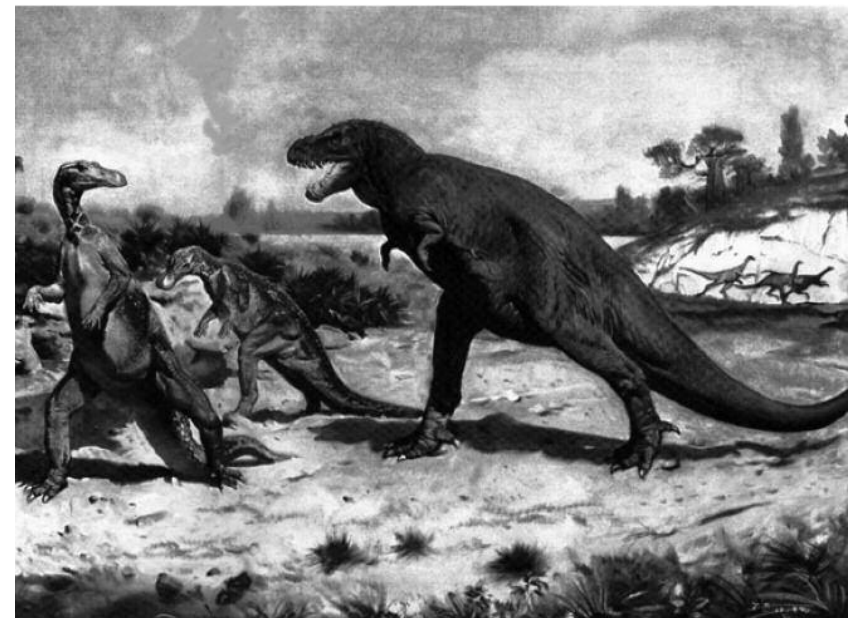


Рис. 3.1.27. Тираннозавр и траходоны. Картина З. Буриана

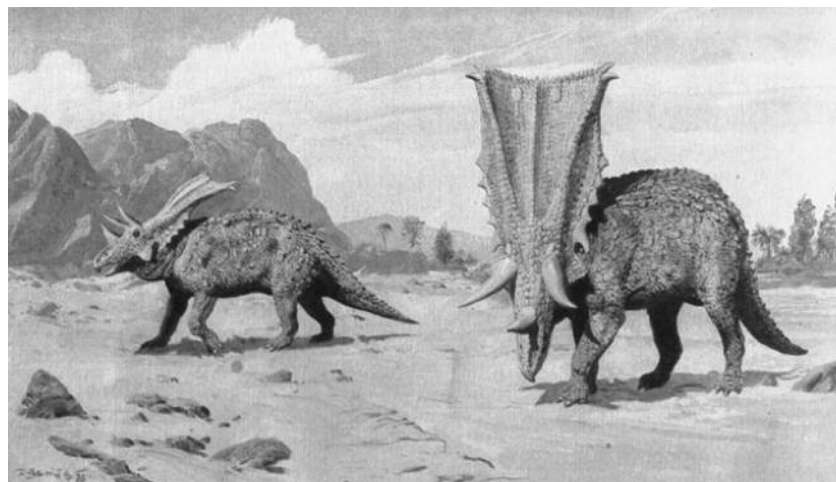


Рис. 3.1.28. Пара хасмозавров. Картина З. Буриана



Рис. 3.1.29. Плиозавр. Картина З. Буриана

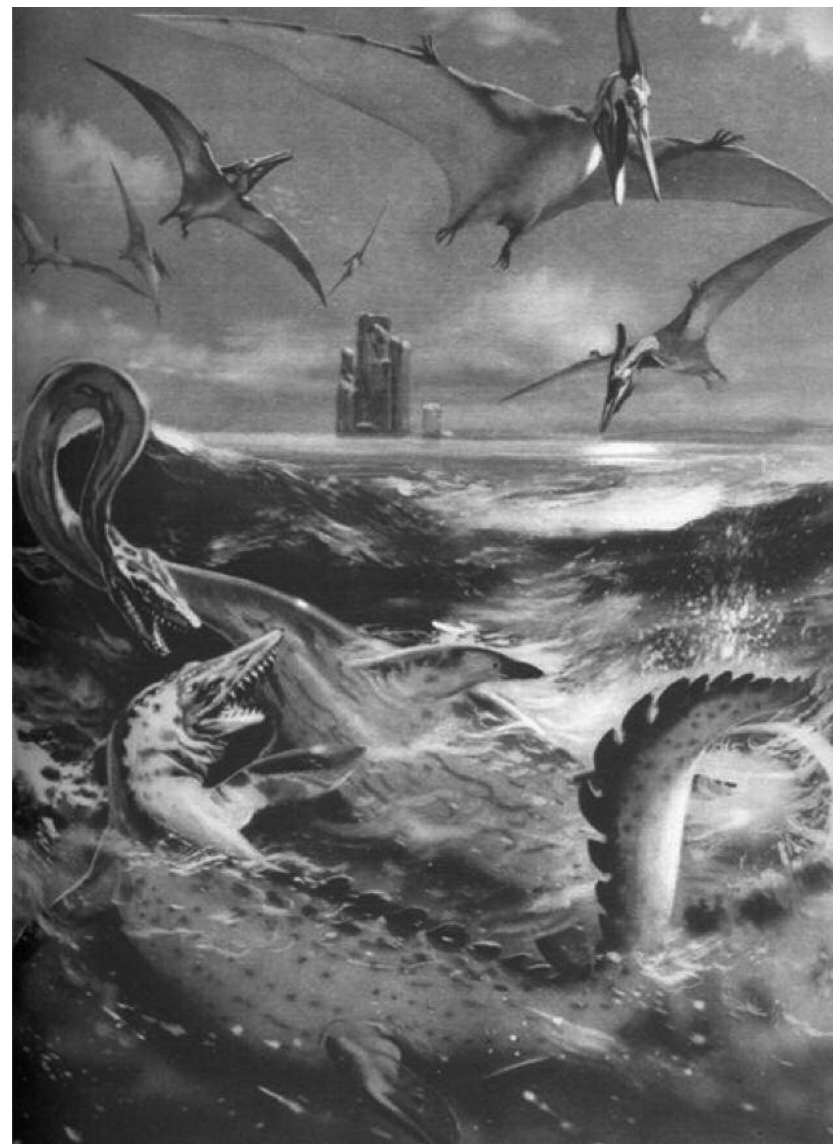


Рис. 3.1.30. Плезиозавр (эласмозавр) и мозазавр (тилозавр), летающие ящеры — птеранодоны

ница мела и палеогена — очень резкий рубеж в развитии органического мира планеты, характеризующийся вымиранием аммонитов, белемнитов, ихтиозавров, плезиозавров, рудистов, птерозав-

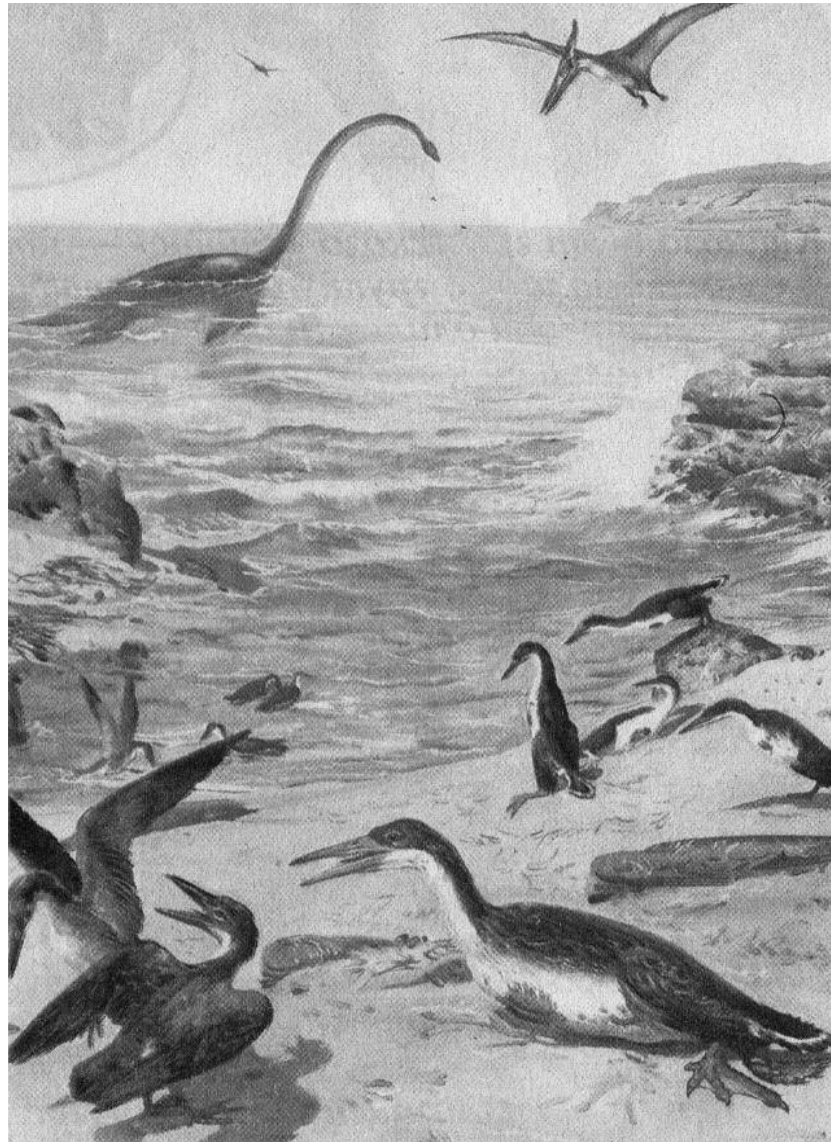


Рис. 3.1.31. Берег моря в конце мелового периода. В небе — птеранодон, на заднем плане плывет плезиозавр. На пляже и в воде — птицы. Картина З. Буриана

ров, динозавров; резко сокращается число фораминифер, морских ежей, костистых рыб, вымирает две трети кораллов. Исчезает более 75 % видов растений и животных. Для объяснения причин выми-

рания организмов в конце мелового периода выдвигаются гипотезы, основанные, в частности, на космических, климатических, тектонических и палеогеографических факторах.

Палеогеновый период. Значительная часть организмов палеогена была специализированной и приуроченной к определенным зоогеографическим провинциям и батиметрическим зонам. Однако существовало большое число космополитных форм, преимущественно микроорганизмов, приспособленных к жизни в разнообразных условиях. Из простейших были широко развиты фораминиферы, представленные мелкими планктонными и относительно более крупными бентосными формами; из последних наиболее характерны нуммулиты. Эти фораминиферы были столь многочисленными, что скопления их раковин образовывали толщи мощностью десятки метров. Поэтому первоначально даже предлагалось называть палеоген нуммулитовой системой. Из нуммулитовых известняков построены египетские пирамиды.

Большую роль играли разнообразные радиолярии. Из многоклеточных были широко распространены губки; их разрозненные спикеры местами образовывали массовые скопления, давшие своеобразную породу — спонголит. Многочисленные кораллы, принадлежащие к группе склерактиний (подкласс гексакораллов), были представлены разнообразными мелководными и редкими глубоководными формами. Рифовые массивы, развитые в настоящее время в тропических морях, начали возникать в конце эоцена.

По частоте встречаемости следующее место после простейших занимали двустворчатые и брюхоногие моллюски. Они обитали в разнообразных типах водных бассейнов (морских, солоноватоводных, пресноводных). Брюхоногие моллюски, кроме того, освоили наземные условия. Немногочисленные брахиоподы представлены реликтовыми группами: лингулидами, ринхонеллидами и теребратулидами. Достаточно широко были распространены мшанки и морские ежи. Низшие раки остракоды заселяли морские, солоноватоводные и пресноводные водоемы. Остатки насекомых в палеогене редки, однако только в одном местонахождении янтаря в Прибалтике их обнаружено около 3000 видов.

В водных бассейнах обитали многочисленные рыбы, преимущественно костистые (лососевые, окуневые, тресковые и др.) и хрящевые (акулы, скаты).

Среди позвоночных млекопитающие и беззубые птицы заняли господствующее положение. Крупные птицы, например диатрипа



Рис. 3.1.32. Хищная птица диатрима. Картина З. Буриана

(рис. 3.1.32), были хищниками. Земноводные и пресмыкающиеся были немногочисленны: в палеогене известны только гигантские саламандры, лягушки и жабы, а также черепахи, ящерицы, змеи и крокодилы. Быстро развивались беззубые птицы, как летающие, так и нелетающие. Возникшие еще в мезозое примитивные млекопитающие в палеогене начали быстро эволюционировать, значительно умножились по разнообразию и количеству, приспособились к жизни на земле, в воздухе и в воде. Эволюция млекопитающих шла по пути их приспособления в основном к определенному образу передвижения и питания, что привело к специализации конечностей и зубов; увеличивались и размеры животных. Одним из наиболее крупных палеогеновых млекопитающих был индрикотерий (рис. 3.1.33), достигавший в высоту 5 м; кости индрикотерия найдены в Казахстане, Монголии, Китае и Закавказье. Крупные хоботные — мастодонт и динотерий — имели бивни в нижних челюстях; примитивные носорогообразные — диноцерасы — обладали тремя парами рогов и клыками. Наиболее многочисленными были представители архаичных непарнокопытных; затем по численности шли парнокопытные, примитивные грызуны, хищники, насекомоядные и зайцеобразные.

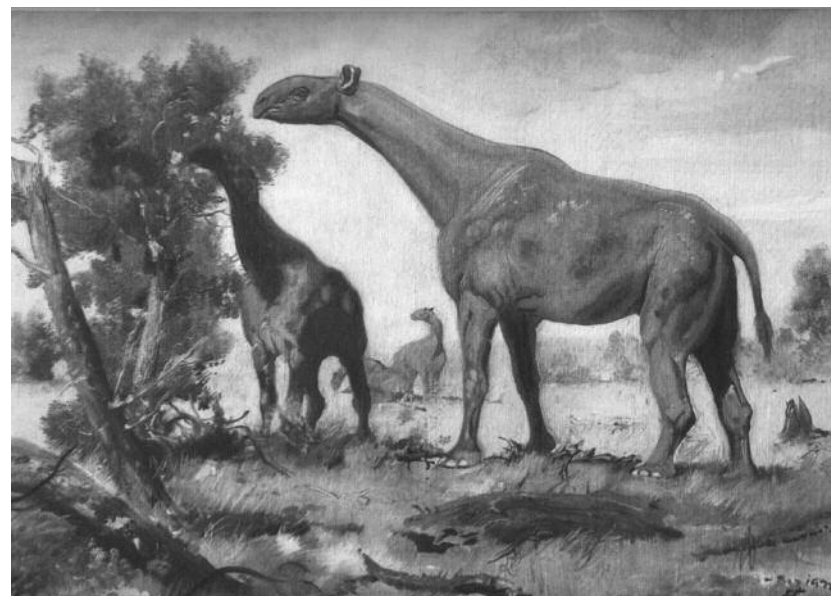


Рис. 3.1.33. Гигантский безрогий носорог — индрикотерий. Картина З. Буриана

В растительном мире господствовали покрытосеменные (цветковые), представленные большей частью и ныне живущими родами деревьев, кустарников и трав. Из голосеменных растений были многочисленными только хвойные. Низшие растения играли значительную роль в растительных сообществах суши и воды. В водах океанов были широко распространены одноклеточные водоросли, обладавшие скелетом: кремнистым — у диатомовых водорослей и силикофлагеллат, карбонатным — у нанофоссилий (кокколитофорид и дискоастер) (Историческая геология..., 1985).

Неогеновый период. На протяжении неогена общий состав фауны и флоры постепенно приближается к современному; большинство представителей органического мира неогена существуют и в настоящее время, хотя географическое их распространение значительно изменилось. Особенно заметно это на примере органического мира суши.

В морях нормальной солености развиваются те же группы, что и в палеогене. Продолжают господствовать двустворчатые и брюхоногие моллюски; многочисленны мелкие фораминиферы, кораллы и мшанки, различные иглокожие, губки, а также разнообразные рыбы, из млекопитающих — киты. Для фауны широко

распространенных в неогене солоноватоводных бассейнов наиболее характерны двустворчатые моллюски, а также мшанки — рифостроители.

Среди наземных млекопитающих уже в начале миоцена вымирают примитивные формы: древние хищники, титанотерии (крупные непарнокопытные), ряд групп парнокопытных и др. В неогене встречаются гигантские млекопитающие — халикотерии, похожие одновременно на нескольких животных (носорога, лошадь и тапира). Господствующее положение занимают ныне продолжающие существовать семейства и роды хищных, хоботных (рис. 3.1.34), копытных. В раннем миоцене появляются древние медведи, антилопы, быки, жирафы, слоны, овцы, козы; в конце миоцена и в раннем плиоцене — человекообразные обезьяны, гиппопотамы, олени, первые настоящие лошади. Наконец, в начале позднего плиоцена широко распространяются слоны, мастодонты, саблезубые тигры. Важнейшая особенность позднего плиоцена — появление человека.

Наиболее разнообразной была неогеновая наземная фауна в Евразии (рис. 3.1.35). В Северной Америке отсутствуют хоботные, обезьяны, олени; хищники представлены только несколькими видами, но здесь разнообразны и многочисленны копытные (исключая оленей).

В позднем миоцене, после образования сухопутного моста между Евразией и Северной Америкой, произошла миграция фауны с одного континента на другой. В Южной Америке из млекопитающих существовали неполнозубые, копытные, а также живущие ныне плосконосые обезьяны, сумчатые и грызуны. Отсутствовали хоботные и хищные. В конце миоцена — начале плиоцена тоже произошла миграция фауны из Северной Америки в Южную. Австралия в течение неогена оставалась изолированной. Здесь развивались исключительно низшие млекопитающие — сумчатые и однопроходные. В миоцене на территории современных экваториального и умеренного поясов продолжали существовать тропические и субтропические древесные растения. Но уже к концу этой эпохи в пределах умеренного пояса они сменяются листопадной, главным образом широколиственной флорой. В начале плиоцена здесь возникают степные и лесостепные пространства, обширные зоны занимают хвойные леса. В позднем плиоцене появляются темнохвойная тайга и тундра.

Широкое распространение континентальных, а также лагунных отложений, содержащих эндемичную фауну, значительно за-

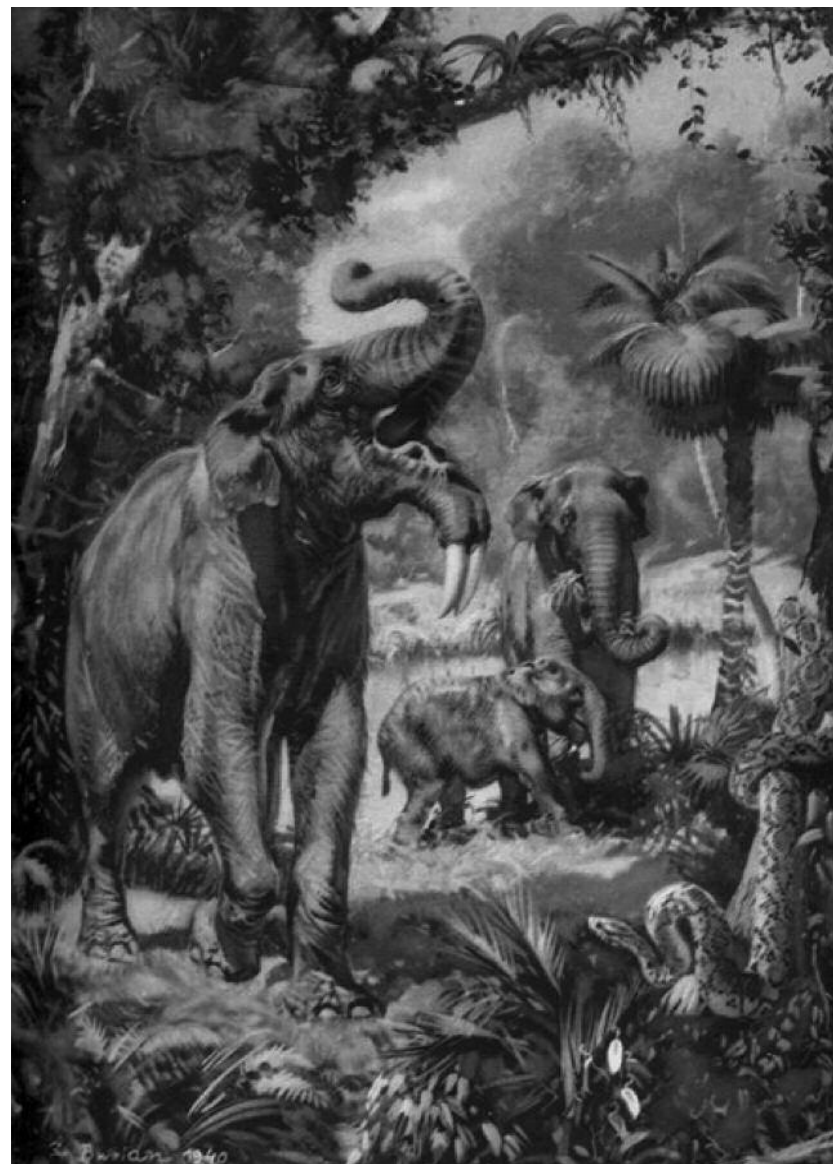


Рис. 3.1.34. Динотерий (www.sivatherium.narod.ru)

трудняет расчленение и корреляцию неогеновых отложений. В настоящее время на базе собранных при бурении дна океанов и морей материалов по распространению планктонных фораминифер и

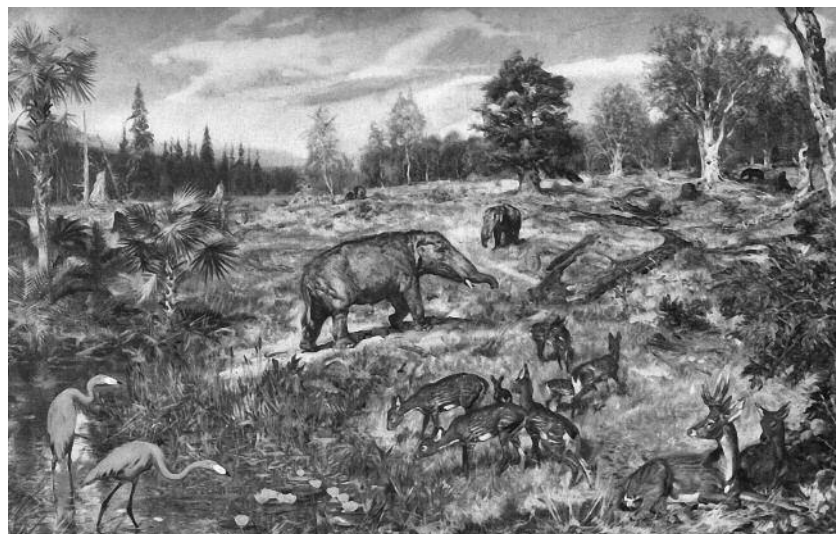


Рис. 3.1.35. Пейзаж начала неогена. Картина З. Буриана

нанопланктона создана зональная шкала морского неогена тропического и субтропического поясов. С этой глобальной шкалой коррелируются региональные шкалы морских отложений высокоширотных поясов, базирующиеся на изучении кремнистых организмов и моллюсков; различные региональные схемы морских отложений, выработанные с привлечением данных по бентосным фораминиферам, остракодам и моллюскам; схемы континентальных отложений, созданные на основе изучения остатков позвоночных и моллюсков, а также палинологических, палеомагнитных и радиометрических данных (Историческая геология..., 1985).

Четвертичный период. Наземная растительность современного типа начинает формироваться уже в эоплейстоцене. Постепенно вымирают или резко сокращают свои ареалы теплолюбивые формы. Они замещаются формами, характерными для умеренного и холодного климата; сокращаются леса, расширяются площади, занятые травянистой растительностью, возникают тундровые и арктические ассоциации. Происходит неоднократное, связанное с чередованием похолоданий (оледенений) и потеплений (межледниковий) смещение пустынных, степных, таежных, тундровых растительных зон к югу или северу, достигавшее (например, в пределах Европейской части России и Сибири) 400–600 км по отношению к современному положению каждой из этих зон (рис.



Рис. 3.1.36. Мамонты на фоне пейзажа ледникового периода. Картина З. Буриана

3.1.36). В морях широко распространяются моллюски, фораминиферы, остракоды и диатомовые водоросли (комплексы этих водорослей присутствуют также в озерных и речных осадках), имеющие важное стратиграфическое значение.

В животном мире тоже происходят крупные эволюционные изменения. Особенно ярко это проявляется среди млекопитающих. С первой половиной эоплейстоцена синхронизируются наиболее древние — молдавский и хазарский — комплексы млекопитающих: ряд видов слона, эласмотерий, олень, верблюд, саблезубый тигр, носорог, медведь и др. Вся эта фауна жила в условиях преимущественно степного и лесостепного ландшафта. Таманский комплекс характеризует более молодые слои эоплейстоцена и отличается от предыдущего сокращением ареала и численности теплолюбивых животных, а также широким распространением лошади и ряда видов оленей.

В нижнеплейстоценовом (и частично эоплейстоценовом) — тираспольском — комплексе появляются холодовыносливые формы: овцебык, северный олень, лемминг. В южных зонах обитают многочисленные слоны, лошади, ослы, носороги, бизоны. Сингильский комплекс соответствует времени лихвинского (миндельрисского) потепления. Для него типичны древний лесной слон, носорог, сайга, лошадь. Хазарский комплекс характеризует время наиболее силь-



Рис. 3.1.37. Охота кроманьонцев на мамонта. Картина З. Буриана

ного похолодания — днепровского (рисского) оледенения и начало следующего за ним рославльского (одинцовского) потепления. Наиболее типичными его представителями являются степные формы: трогонтериевый слон, лошадь, бизон, сайга, носорог, верблюд.

Для верхнепалеолитического комплекса кроме мамонта (рис. 3.1.36–37) наиболее характерны шерстистый носорог (рис. 3.1.38–39), северный олень (рис. 3.1.40), медведь (рис. 3.1.41), лось, овцебык, песец, лемминг, тушканчик и др. Современный комплекс, соответствующий голоцену, сформировался из верхнепалеолитического. При отсутствии мамонта, шерстистого носорога и ряда других форм резко расширился ареал иных животных, существующих и ныне. К этому времени относится приручение животных человеком.

Все указанные особенности развития фауны характерны не только для умеренных, но и для тропико-экваториальных зон, однако там они выражены значительно слабее благодаря более стабильным климатическим условиям. В Австралии и Южной Америке, сохранявших на протяжении почти всего антропогена изолированное и полуизолированное положение, обитает ряд реликтовых (неогеновых) форм.



Рис. 3.1.38. Сцена охоты кроманьонца на шерстистого носорога. Картина З. Буриана

Появление человека — наиболее важная особенность четвертичного периода. Предшественниками древних людей являются формы, переходные от обезьяны к человеку, — австралопитеки (рис. 3.1.42). Их остатки найдены в слоях, возраст которых — от 5,5 до 0,9 млн лет. Объем мозга австралопитеков — 530–550 см³. Они систематически использовали в качестве орудий камни, палки и другие естественные предметы. Несколько позже — 3,4 (?)–2,8 млн лет назад — появляются довольно близкие к австралопитекам формы, выделенные как человек умелый (рис. 3.1.43). Они отли-



Рис. 3.1.39. Неандертальцы разделяют труп шерстистого носорога.
Картина З. Буриана

чаются от австралопитеков заметно большим объемом черепной коробки ($700\text{--}800\text{ см}^3$), а также умением делать примитивные каменные орудия, получившие наименование культуры галек (олдувай).

Более поздние предки современного человека: питекантроп, гейдельбергский человек и синантроп (рис. 3.1.44) — объединяются под наименованием архантропов. Находки питекантропов были сделаны в слоях, возраст которых около 600 тыс. лет. Они уже умели изготавливать грубые каменные орудия. На более высокой ступени развития находится гейдельбергский человек. Возраст вмещающих его слоев — 300–350 тыс. лет. Еще более высокоразвитой



Рис. 3.1.40. Охота на большерогого оленя. Картина З. Буриана

формой является синантроп, объем мозга которого — 1050 см^3 . Остатки синантропа найдены в слое золы вместе с каменными орудиями и костями животных. Возраст этих слоев оценивается в 200–250 тыс. лет. Обработанные синантропом орудия относятся к так называемой ашельской культуре.

На грани среднего и позднего плейстоцена наряду с последними представителями архантропов появляются палеоантропы — неандертальцы (рис. 3.1.39–40). Находки останков неандертальцев, их стоянок и орудий достаточно высокой степени обработки, выделяемых как мустьерская культура, сделаны в слоях с возрастом от 200–170 до 35–30 тыс. лет. Неандертальцы умели добывать огонь, жили охотой и собирательством.

Неоантропы, появившиеся 45–40 тыс. лет назад, по своему физическому типу не отличались от современных представителей человеческих рас (кроманьонцы, рис. 3.1.37–38). Они искусно изготавливали каменные топоры и молотки, в которых просверливали



Рис. 3.1.41. Охота на пещерного медведя. Картина З. Буриана



Рис. 3.1.42. Австралопитек африканский. Картина З. Буриана

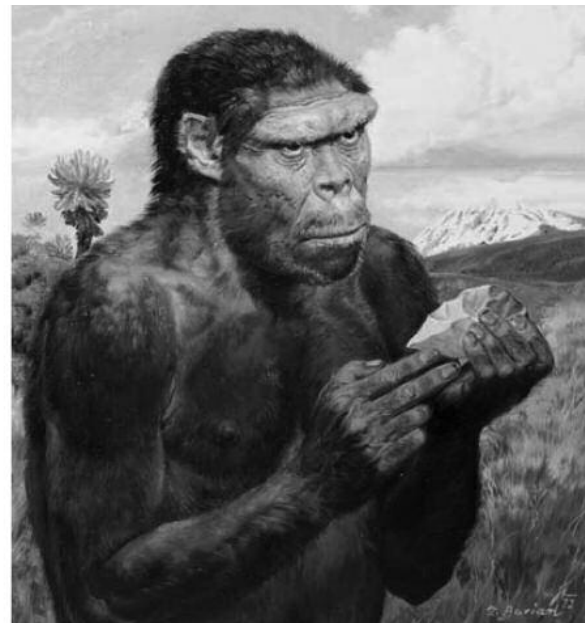


Рис. 3.1.43. Человек умелый. Картина З. Буриана



Рис. 3.1.44. Синантроп. Картина З. Буриана

отверстия для насаживания рукояток, вырезали статуэтки из кости и камня. Неоантропы оставили рисунки на стенах пещер. С начала голоцена — 10 тыс. лет назад — господствуют люди современного типа, в культуре которых последовательно сменяются эпохи: мезолит (появление лука и стрел), неолит (шлифованные орудия, гончарное производство, начало скотоводства и земледелия), бронзы и железа (Историческая геология..., 1985).

В заключение сформулируем основные эволюционные тенденции развития органического мира. Завоевание жизненного пространства всегда начиналось с колыбели жизни — водной стихии (морей и океанов). Далее, по мере развития в связи с полным освоением жизненного пространства среды (дефицитом места, пищи), организмы начинают осваивать сушу, а потом (после полного освоения пространства суши) — вторгаются в третью стихию (воздух). Растения в погоне за освоением пространства опережали беспозвоночных животных, которые, в свою очередь, обгоняли позвоночных животных. Животные освоили все три стихии, растения — только две (воду и сушу). Выход беспозвоночных на сушу был обусловлен наличием корма (наземные растения), потребляемого растительноядными формами этих существ. Растительноядные формы беспозвоночных служили пищей для беспозвоночных — хищников. Таким образом, возникали пищевые связи в биоте первых «колонизаторов» суши. Впоследствии эта пищевая цепочка удлинилась за счет хищных (насекомоядных) форм позвоночных и разветвилась за счет появления растительноядных форм позвоночных животных, которые поедались хищными позвоночными формами.

Биосфера (греч. *bios* — жизнь; *sphaera* — мяч, шар) — глобальная система (оболочка Земли), охватывающая атмосферу до нижней границы озонового слоя (20–25 км), верхнюю часть литосферы и всю гидросферу (рис. 3.1.45) и являющаяся сферой жизни. Ее состав, строение и энергетика определяются совокупной глобальной деятельностью живых организмов (живого вещества).

Глобальные свойства и функции живого вещества. Термин «живое вещество» введен в литературу В.И. Вернадским. Под ним он понимал совокупность всех живых организмов, выраженную через массу, энергию и химический состав. Вещества неживой природы относятся к косным (например, минералы). В природе, кроме этого, довольно широко представлены биокосные вещества, образование и сложение которых обуславливается живыми и косными составляющими (например, почвы). Живое вещество — основа биосферы,

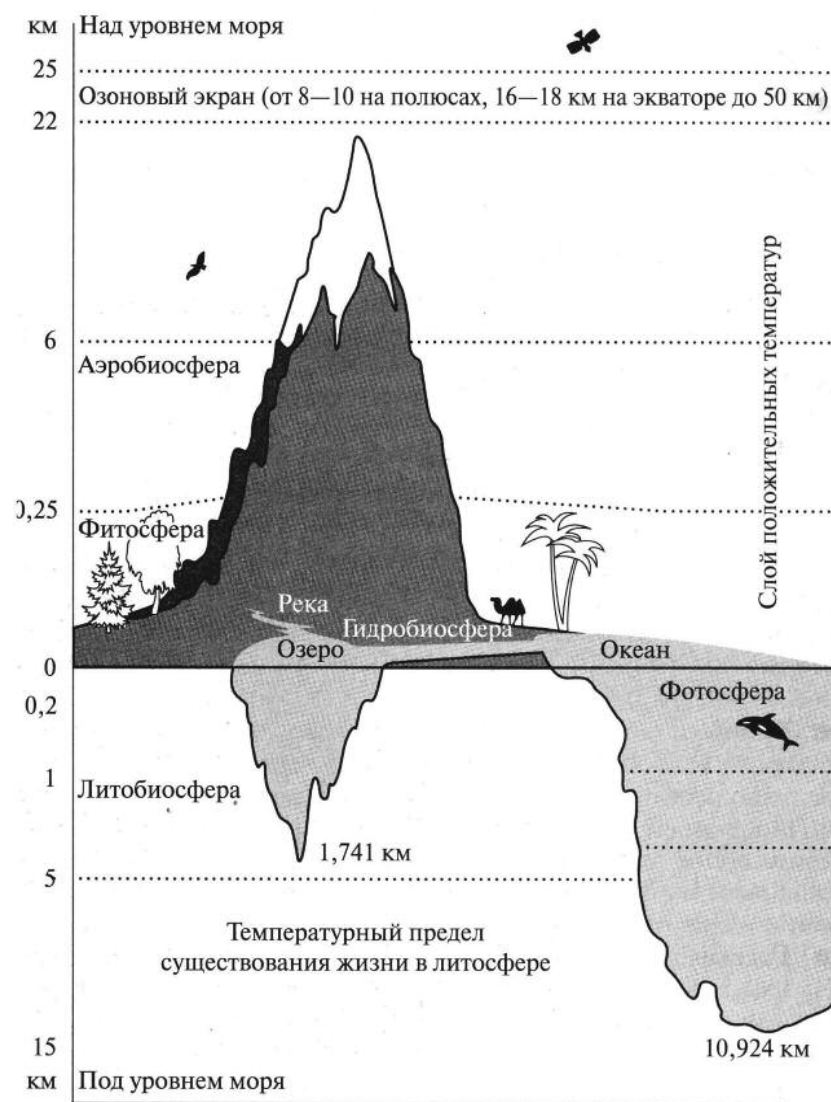


Рис. 3.1.45. Границы биосферы (Петросова и др., 2007)

хотя по массе оно составляет крайне незначительную ее часть. Если его выделить в чистом виде и распределить равномерно по поверхности Земли, то это будет слой около 2 см — или 0,01% массы всей биосферы. **В чем же причина столь высокой химической и глобальной геологической активности живого вещества?**

Прежде всего, это связано с тем, что живые организмы благодаря биологическим катализаторам (ферментам) совершают, по выражению академика Л.С. Берга, с физико-химической точки зрения что-то невероятное. Например, они способны фиксировать молекулярный азот атмосферы при обычных для природной среды значениях температуры и давления. В промышленных условиях связывание атмосферного азота до аммиака требует температуры порядка 500 градусов по Цельсию и давления 300–500 атмосфер.

В живых организмах на порядок или несколько порядков увеличиваются скорости химических реакций в процессе обмена веществ. В.И. Вернадский в связи с этим назвал живое вещество формой чрезвычайно активированной материи.

Справка. Общие свойства живых систем

На протяжении многих лет биология представлялась наукой о живом веществе (в том числе и о живых существах), которая изучала его возникновение, функционирование и развитие. **Начиная примерно с середины XX в. в результате определенных достижений эволюционной, молекулярной и генетической биологии стало ясно, что проблемы живых существ можно успешно решать на принципиально новом качественном уровне, то есть применяя междисциплинарный подход.** В настоящее время биология превратилась в совокупность наук о живой природе, включая не только вопросы размножения и развития организмов, но и, главным образом, проблемы их изменчивости и наследственности, обмена веществ и адаптации к изменяющимся условиям среды их обитания и другие.

С позиций современного естествознания жизнь — это высшая форма движения материи, представленная открытыми системами разного уровня организации. Они состоят как из низкомолекулярных соединений (вода, кислоты, минеральные соли, углеводы, простые жиры и т.д.), так и из биополимеров (белки, полисахариды, нуклеиновые кислоты и др.). Такие системы постоянно обмениваются с окружающей средой энергией, веществом и информацией и характеризуются процессами самовоспроизведения и саморегуляции.

Общие свойства живых существ, которые отличают их от тел неживой природы, могут быть сформулированы следующим образом.

1. Организмы обладают сложной, но значительно более упорядоченной структурой, что обусловлено постоянным притоком веществ и энергии.
2. Основой их способности к самовоспроизведению является наличие генетического кода.
3. Они активно реагируют на воздействие как абиотических, так и биотических экологических факторов окружающей среды.

4. Они обладают высокой степенью адаптации (приспособленности) к изменениям окружающей среды.

5. Для них характерна асимметрия структуры, которая проявляется не только на макроуровне, но и на молекулярном и надмолекулярном уровнях (т.н. молекулярная хиральность).

Организмы обладают способностью сохранять и передавать информацию как внутри себя, так и друг другу.

Биологические системы используют пищу как источник энергии и веществ, необходимых для обеспечения всех процессов жизнедеятельности (см. с. 174).

Процесс, регулирующий способность к выведению из организма конечных и ненужных продуктов обмена веществ, называется экскрецией. В частности, животные потребляют большое количество белков, и, поскольку белки не запасаются, их необходимо расщеплять и выводить из организма. Поэтому у животных наблюдается выделение в основном азотистых веществ.

Еще одним свойством живой материи является дискретность, поскольку любая биологическая система состоит из отдельных частей, которые тесно взаимодействуют между собой, образуя структурно-функциональное единство.

Кроме того, при общей видимой аналогии **существует глубокое различие между ростом живого и неживого объекта.** Объекты неживой природы (кристаллы, сталагмиты и т.п.) растут, присоединяя новое вещество к наружной поверхности. Живые системы растут «изнутри» за счет питательных веществ, получаемых системой в процессе автотрофного или гетеротрофного питания. В результате ассимиляции этих веществ образуется новая живая протоплазма.

Изучением живого занимается *биология* (греч. *bios* — жизнь; *logos* — слово, учение) — область естествознания, которая на современном этапе развития представляет собой комплекс взаимосвязанных наук о живой природе. Предметом биологии в ее современном понимании являются все проявления жизни: строение и функции живых существ и их природных сообществ; распространение, происхождение и развитие тех и других; связи друг с другом и с неживой природой. Задачами биологии являются установление закономерностей проявления и раскрытие сущности жизни. Основная задача биологии как науки состоит в том, чтобы истолковывать все явления живой природы исходя из научных законов, не забывая при этом, что целому организму присущи свойства, отличающиеся от свойств составляющих его частей.

Например, нейрофизиолог может подробнейшим образом описать работу отдельного нейрона языком физики и химии, но сам феномен сознания он детально описать на сегодняшний день не может. Сознание возникает в результате коллективной работы и одновременного изменения электрохимического состояния миллионов нервных клеток, однако до сих пор нет реального представления о том, как возникает мысль и каковы ее физико-химические основы.

Помимо того, что мы не можем дать строгого определения жизни, мы также, к сожалению, пока не в состоянии удовлетворительно ответить на вопрос о времени и механизме ее возникновения. Современная биология может только (но это уже существенное достижение) перечислить и описать признаки живой материи, т.е. критерии живого, отличающие ее от неживой. Чтобы продемонстрировать всю трудность этого, мы приведем таблицу, заимствованную из книги Л. Маргелис, показывающую одну из сторон неразрывности и глубокой взаимосвязи живого и неживого (из-за сходства минеральных компонентов).

Таблица 3.1.1

**Распространение минералов по царствам органического мира
(по Л. Маргелис, 1983)**

Биоинерал	Monera	Protoctista	Fungi	Animalia	Plantae
1	2	3	4	5	6
<u>Карбонаты кальция</u>					
Кальцит	+	+		+	+
Арагонит	+	+		+	+
Фатерит		+		+	+
Моногидрокальцит	+			+	+
<u>Фосфаты</u>					
Даллит	+	+	+	+	?
Франколит				+	
Брушит				+	
<u>Галоиды</u>					
Флюорит				+	
<u>Оксалаты</u>					
Уэвеллит		+	+	?	
Уэдделит			+	+	+
<u>Сульфаты</u>					
Гипс				+	+
Целестин		+			
Барит		+			
<u>Силикаты</u>					
Опал		+		+	+
<u>Окислы железа</u>					
Магнетит	+			+	+
Маггемит	?			+	+
Гетит				+	
Лепидокрокит				+	
Ферригидрит	+		+	+	+
Аморфные ферригидраты		+			
<u>Окислы марганца</u>					

Окончание табл. 3.1.1

1	2	3	4	5	6
Бурнесит	+				
<u>Сульфиды железа</u>					
Пирит, гидротроилит	+				

Удивительная сложность строения и видимая целесообразность поведения живых организмов приводили многих исследователей к мысли о том, что жизнь — это нечто большее, чем просто физическое или химическое явление. Согласно ранним представлениям, живое начало в материальную систему приносит «душа» — абстрактная субстанция, отличная от тела, которая и обеспечивает целенаправленное, осмысленное поведение материи. Во многих обществах с племенной структурой люди до сих пор объясняют физиологические функции, приписывая их посторонним существам, живущим в человеческом или каком-либо другом организме (например: в ушах находятся некие существа, «гомункулы», способные улавливать звуки, и т.п.). Функция прекращается при потере этого существа.

Если действительно принять такую точку зрения, то проблема сущности жизни не решается, а просто переносится с одной живой системы на другую. И тем не менее, не так давно принято было считать, что такие качества организма, как память, мышление и целенаправленные действия, являются следствием работы особой «жизненной силы». **Такая система взглядов носит название виталистической.** Она утратила ведущую роль последние сто-двести лет. Согласно учению виталистов, некоторые стороны явления жизни нельзя понять на основе законов физики и химии. С другой стороны, безоговорочно принять положение, что жизнь основана исключительно на физических и химических процессах, также достаточно сложно. В настоящее время экспериментально установлены соответствия многих процессов, протекающих в живых и неживых системах одинаково — и качественно и количественно. В качестве примера можно назвать комплекс процессов обмена веществ.

Со времен А. Лавуазье, который впервые попытался изучить природу дыхания, известно, что введенный в организм сахар взаимодействует там с кислородом и образует в результате углекислый газ и воду. При этом выделяется определенное количество энергии. Сегодня точно вычислены все численные параметры этой химической реакции. С помощью калориметра можно установить количественные показатели этой же реакции, происходящей в живых организмах, и произвести сравнение. Подобные эксперименты показали, что законы сохранения вещества и энергии в живых системах выполняются в пределах точности опыта (0,1%). Таким образом, если «жизненная сила» и имеет место, она не способна нарушать физические и химические законы.

Однако нельзя сказать, что живые системы подчиняются только законам физики и химии. Следует признать, что живые системы — это физические системы, но, кроме того, обладающие свойствами осмысленности и целенаправленности. Если же подойти к проблеме определения жизни более широко, например с позиций теории информации, то можно определить живые системы как открытые системы, способные к хранению и передаче информации и, следовательно, к самоорганизации, самовоспроизведению и саморегуляции. Сложности определения жизни возникают при попытке установить какие-либо жесткие критерии, отличающие живое от неживого. Здесь мы сразу сталкиваемся, во-первых, с большей или меньшей «расплывчатостью» любого предлагаемого критерия, а во-вторых, с невозможностью использования каждого критерия в отдельности. И тем не менее, для отличия живого от неживого люди всегда пользовались какими-либо критериями, которые как бы эволюционировали и множились вместе с человеческой мыслью. Вследствие этого границы живого претерпевали для человека серьезные изменения. Объекты, которые мы сегодня считаем живыми, считались ранее мертвыми (например, люди, впавшие в кому или летаргический сон) — и наоборот (представители некоторых племен, находящихся на низком уровне развития, и сегодня считают живыми, например, механические часы). Очевидно, что критерии жизни и границы живого будут и далее меняться для человека в связи с его развитием. Назовем критерии живого, которыми мы пользуемся сегодня.

Способность к обмену веществ и энергии. Важнейший признак живых систем — способность к использованию внешних источников энергии в виде пищи, света и т.п. Через живые системы проходят потоки веществ и энергии, вследствие чего их можно охарактеризовать как *открытые системы*. Основу обмена веществ составляют два взаимосвязанных и сбалансированных между собой процесса: *ассимиляция*, т.е. процесс синтеза веществ в организме, и *диссимиляция* — распад в организме сложных веществ на простые, в результате чего выделяется энергия, необходимая для протекания реакций биологического синтеза. Обмен веществ обеспечивает относительное постоянство химического состава всех частей живой системы. Основу обмена веществ составляют следующие жизненно важные для организма процессы.

Питание. Все живые системы способны к питанию. Они используют пищу как источник энергии и веществ, необходимых для роста, развития и обеспечения всех процессов жизнедеятельности. Основные группы органического мира высшего таксономического ранга (царства, империи и т.п.) различаются по способу добывания и переработки пищи с дальнейшим получением и использованием энергии и различных необходимых веществ. Почти все растения способны к осуществлению фотосинтеза, т.е. они сами создают питательные вещества, используя энергию света. Фотосинтез является одной из форм *автотрофного* питания.

Животные и грибы питаются иначе — они используют органическое вещество других организмов, расщепляя его с помощью ферментов и усваивая продукты расщепления. Такое питание называется *гетеротрофным*. Гетеротрофами являются также многие бактерии, хотя среди них встречаются и автотрофы.

Выделение (экскреция). У животных наблюдается выделение в основном азотистых веществ.

Дыхание. Это процесс высвобождения энергии при расщеплении некоторых высокоэнергетических соединений путем химической реакции с участием кислорода. Высвобождаемая энергия, необходимая для жизнедеятельности живой системы, «запасается» в молекулах аденозинтрифосфата (АТФ), который обнаружен во всех живых клетках.

Дискретность (от лат. — прерывистый, состоящий из частей). Это всеобщее свойство материи. Любая биологическая система состоит из отдельных частей, которые, тем не менее, тесно взаимодействуют между собой, образуя структурно-функциональное единство.

Самовоспроизведение. Несмотря на то, что продолжительность существования конкретной живой системы конечна, все живое — «бессмертно» за счет сохранения главных признаков живой системы у потомства. Природа наследования признаков основывается на кодировании наследственной информации в молекулах ДНК и РНК, передаваемой от одного поколения к другому. Различают половое и бесполое размножение.

Рост и способность к развитию. Рост живых систем происходит «изнутри» (см. стр. 171).

Свойство отражения. Это одно из общих свойств природных объектов, наиболее показательной формой которого для живых систем является *раздражимость*. Это свойство связано с передачей информации из внешней среды любой биологической системе. Выражается оно реакциями живых организмов на внешнее воздействие. Благодаря раздражимости организмы избирательно реагируют на условия окружающей среды.

Подвижность. Характерное свойство живых систем, наиболее заметно проявляющееся у животных, менее — у растений (внутри клеток и отдельных составных частей растительного организма). Подвижны также некоторые формы бактерий и др.

Единство химического состава. В состав живых организмов входят те же элементы, что и в объекты живой природы. Однако соотношение элементов в живом и неживом неодинаково. В живых системах 98% химического состава приходится всего на четыре элемента: углерод, кислород, азот и водород.

Хиральная чистота. Этот критерий основан на способности живых существ различно «относиться» к оптическим изомерам некоторых веществ (установлено Л. Пастером в 1848 году). Известно, например, что все белки на нашей планете

построены только из левовращающих аминокислот, а нуклеиновые кислоты — только из правовращающих сахаров.

Выше приведены критерии «земной» жизни, с которой непосредственно имеют дело биологи. В более же широком, универсальном смысле понятие живого предусматривает также рассмотрение дополнительных критериев всех теоретически возможных форм жизни. Они разрабатываются с помощью философии, кибернетики и других наук.

Приведенные критерии живого являются основными и не исчерпывают всей специфичности живых систем в отличие от других материальных. Это «наблюдаемые» критерии, кроме четырех последних. По ним можно определить «живость» объекта лишь приблизительно. Точно же эту границу провести невозможно в связи с тесной «генетической», эволюционной связью протоплазмы с неживой материей (см., в частности, таблицу о распространении минералов в организмах).

Свойства живого вещества. К основным уникальным особенностям живого вещества, обуславливающим его крайне высокую преобразующую деятельность, можно отнести следующие (по Н.А. Воронкову, 1999).

1. *Способность быстро занимать (осваивать) все свободное пространство.* В.И. Вернадский назвал это «*всюдностью жизни*». Данное свойство дало основание В.И. Вернадскому сделать вывод, что для определенных геологических периодов количество живого вещества было примерно постоянным (константой). Способность быстрого освоения пространства связана как с интенсивным размножением (некоторые простейшие формы организмов могли бы освоить весь земной шар за несколько часов или дней, если бы не было факторов, сдерживающих их потенциальные возможности размножения), так и со способностью организмов интенсивно увеличивать поверхность своего тела или образуемых ими сообществ. Например, площадь листьев растений, произрастающих на 1 га, составляет 8–10 га и более. То же относится к корневым системам.

2. *Движение не только пассивное* (под действием силы тяжести, гравитационных сил и т.п.), *но и активное.* Например, против течения воды, силы тяжести, движения воздушных потоков и т.п.

3. *Устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти* (включение в круговороты), сохраняемая при этом высокая физико-химическая активность.

4. *Высокая приспособительная способность (адаптация)* к различным условиям и в связи с этим освоение не только всех сред

жизни (водной, наземно-воздушной, почвенной, организменной), но и крайне трудных по физико-химическим параметрам условий. Например, некоторые организмы выносят температуры, близкие к значениям абсолютного нуля (-273°C), микроорганизмы встречаются в термальных источниках с температурами до 140°C , в водах атомных реакторов, в бескислородной среде, в ледовых панцирях и т.п.

5. *Феноменально высокая скорость протекания реакций.* Она на несколько порядков (в сотни, тысячи раз) значительно превышает, чем в неживом веществе. Об этом свойстве можно судить по скорости переработки вещества организмами в процессе жизнедеятельности. Например, гусеницы некоторых насекомых потребляют за день количество пищи, которое в 100–200 раз больше веса их тела. Особенно активны организмы-грунтоеды. Дождевые черви (масса их тел примерно в 10 раз больше биомассы всего человечества) за 150–200 лет пропускают через свои организмы весь однометровый слой почвы. Такие же явления имеют место в донных отложениях океана. Слой донных отложений здесь может быть представлен продуктами жизнедеятельности кольчатых червей (полихет) и достигать нескольких метров. Колоссальную роль по преобразованию вещества выполняют организмы, для которых характерен фильтрационный тип питания. Они освобождают водные массы от взвесей, склеивая их в небольшие агрегаты и осаждая на дно. Впечатляют примеры чисто механической деятельности некоторых организмов, например роющих животных (сурков, сусликов и др.), которые в результате переработки больших масс грунта создают своеобразный ландшафт. По представлениям В.И. Вернадского, практически все осадочные породы, а это слой до 3 км, на 95–99% переработаны живыми организмами. Даже такие колоссальные запасы воды, которые имеются в биосфере за 5–6 млн лет, углекислота же проходит через живые организмы в процессе фотосинтеза каждые 6–7 лет.

6. *Высокая скорость обновления живого вещества.* Подсчитано, что в среднем для биосферы она составляет 8 лет, при этом для суши — 14 лет, а для океана, где преобладают организмы с коротким периодом жизни (например, планктон), — 33 дня. В результате высокой скорости обновления живого вещества за всю историю существования жизни общая масса живого вещества, прошедшего через биосферу, примерно в 12 раз превышает массу Земли. Только небольшая часть его (доли процента) законсервирована в виде ор-

ганических остатков (по выражению В.И. Вернадского, ушла в геологию), остальная же включилась в процессы круговорота.

Все перечисленные и другие свойства живого вещества об-улавливаются большими запасами энергии. По В.И. Вернадскому, по энергетической насыщенности с живым веществом может соперничать только лава, образующаяся при извержении вулканов.

Справка. Системы органического мира

Система органического мира представляет собой классификацию биосистем организменного уровня. Этим вопросом занимается раздел биологии, называемый систематикой. Таких систем разными авторами предложено много, причем они различаются часто не только соподчиненностью царств, типов и других высших систематических единиц между собой, но и числом выделяемых единиц, в частности царств. Для иллюстрации сказанного обратимся к таблице Л. Маргелис (таблица 3.1.2, с упрощениями), которая привела ряд систем, предложенных разными авторами, различающихся по числу царств (указано в скобках, царства выделены курсивом).

Таблица 3.1.2

Представления разных авторов о системе органического мира (по Л. Маргелис, 1983)

Традицион- ная (2)	По Кертису (3)	По Коуплэнду (4)	По Уиттэйкеру (5)	По Эдвардсу (7)	По Лидейлу (13)
Растения	Протисты	Монеры	Монеры	Цианохлоро- бионты	Монеры
Бактерии	Бактерии	Бактерии	Бактерии	Бактерии	Бактерии
Сине-зеле- ные водо- росли	Сине-зеле- ные водо- росли	Сине-зеле- ные водо- росли	Сине-зеле- ные водо- росли и	Сине-зеле- ные водо- росли	Сине-зеле- ные водо- росли
Зеленые во- доросли	Простейшие слизевики	Протокти- сты	скользящие бактерии	Эритробион- ты	Красные во- доросли
Хризифиты	Растения	Простейшие	Протисты	Хлоробионты	Растения
Бурые водо- росли	Зеленые во- доросли	Зеленые во- доросли	Простейшие	Зеленые во- доросли	Зеленые во- доросли
Красные во- доросли	Хризифиты	Хризифиты	Хризифиты	Мхи	Харовые
Слизевики	Бурые водо- росли	Бурые водо- росли	Гипохитри- ды	Сосудистые растения	Мхи
Настоящие грибы	Красные во- доросли	Красные во- доросли	Плазмодио- форы	Эвгленовые	Сосудистые растения
Мхи	Настоящие грибы	Слизевики	Растения	Миксобион- ты	Эвгленовые
Сосудистые растения	Мхи	Настоящие грибы	Зеленые во- доросли	Слизевики	Миксомицен- ты
Животные	Сосудистые растения	Растения	Бурые водо- росли	Грибы 1	Грибы
Простейшие	Животные	Мхи	Бурые водо- росли	Безжгутико- вые грибы	Настоящие грибы
Многокле- точные	Многокле- точные	Сосудистые растения	Красные во- доросли	Хитриды	Гетерокон- ты
		Животные	Мхи	Гифомице- ты	Оомицеты
		Многокле- точные	Сосудистые растения	Гифомице- ты	Бурые водо- росли

Грибы	Гипохитри- ды	Диатомовые
Слизевики	Оомицеты	Желто-зеле- ные водо- росли
Оомицеты	Хромобион- ты	Эустигма- тофиты
Хитриды	Бурые водо- росли	Гаптофиты
Настоящие грибы	Хризифиты	Криптомо- нады
Животные		Динофла- гелляты
Многокле- точные		Мезозои
		Животные

Все известные в настоящее время организмы делятся на две большие группы — прокариоты и эукариоты. К прокариотам относятся бактерии и сине-зеленые водоросли, к эукариотам — зеленые растения, грибы и животные. Первые эукариоты появились около трех миллиардов лет назад в конце докембрия и произошли, по всей видимости, от прокариот. Клетки прокариот (*греч. pro — до, karion — ядро*) не имеют оформленного ядра. Генетический материал находится прямо в цитоплазме и не окружен ядерной мембраной. У эукариот (*греч. eu — настоящий, истинный, karion — ядро*) имеется настоящее ядро, то есть генетический материал окружен двойной мембраной, которая носит название ядерной оболочки и образует «настоящую» клеточную структуру, легко узнаваемую под микроскопом.

Эволюция живых систем

Одним из первых этапов развития биологии считается традиционная биология, объектом описания которой являлась живая природа, а научные знания о ней имели описательный характер и были связаны с идентификацией и классификацией различных видов растений и животных. Первоначальная классификация (основные принципы которой используются и в настоящее время) была создана в середине XVIII в. в работах шведского исследователя К. Линнея (1707–1778); в ней растения и животные были объединены в группы по одному определенному признаку. Затем была введена т.н. бинарная номенклатура, характеризующая род и вид живого существа (в основном это исследования французского ботаника Адансона (1727–1806)). Дальнейшая классификация была продолжена по сходству уже максимального числа признаков, логическим следствием явились принципы генеалогического родства и преемственности происхождения различных видов флоры и фауны. Несмотря на описательный характер этого этапа развития биологических знаний, их значение состоит в том, что они заложили основы перехода биологической науки на более высокий уровень познания молекулярных и надмолекулярных структур, из которых состоят живые организмы, и главное — они явились основой для понимания единства и целостности мира живых существ.

Важнейшим разделом современной биологии является эволюционная биология, фундамент которой был заложен работами французского ученого Ж.Б. Ламарка (1744–1829) и затем получил развитие в трудах английского естествоиспытателя Ч. Дарвина (1809 — 1882). Было показано, что основой возникновения новых признаков и особенностей в свойствах, строении и функциях организмов является *изменчивость* того или иного вида. Универсальность и уникальность этого фактора заключается в абсолютной непохожести живых организмов даже одного и того же вида, что, в конечном счете, проявляется в поведении живых существ в окружающей их среде. Причем в природе встречаются два типа изменчивости, каждый из которых зависит от вероятностных и случайных факторов. Определенная (или индивидуальная) изменчивость обусловлена передачей признаков и особенностей через механизм наследственности. Второй тип — неопределенная (или групповая) изменчивость — связан с изменениями в организме, возникающими под влиянием на него разных условий окружающей среды. Другой фактор эволюции живой природы — *наследственность* — закрепляет уже имеющиеся признаки и особенности, а также приобретенные в процессе жизнедеятельности. Третьим основным фактором биологической эволюции является *естественный отбор*, который оказался самым сильным фактором. Обусловлено это тем, что естественный отбор способствует устранению из природной среды тех организмов, которые плохо адаптируются к изменяющимся (особенно к неблагоприятным) условиям существования. Причем было установлено, что в природе существует специальный механизм отбора, приводящий к определенному прогрессу в эволюции живых существ. Такой прогресс обусловлен следующими тенденциями, которые характеризуют концепцию естественного отбора как одну из главных движущих сил биологической эволюции:

- 1) число рожденных организмов любой популяции или вида всегда больше того количества, которое может выжить (по разным причинам: пища, заболевания и т.п.); тем не менее численность популяции или вида в определенных условиях их существования (то есть в пределах их экологической ниши) практически постоянна;
- 2) так как рождается особей больше, чем может выжить, то постоянно происходит конкуренция за жизненно необходимые условия (за пищу, за место обитания, за самку или самца и т.д.), то есть борьба за существование;
- 3) преимущество одних организмов перед другими обусловлено способностью выживающих организмов приспосабливаться к изменениям в окружающей природной среде, то есть их адаптационными свойствами;
- 4) живые существа, прошедшие естественный отбор, дают потомства, которые обладают лучшими свойствами и качествами по сравнению с предшествующим поколением.

Концепция Ж.Б. Ламарка относится к динамическим закономерностям ес-

тествознания, Ч. Дарвина — к статистическим. Связано это с тем, что у Ламарка одним из самых важных факторов эволюции органических форм (в том числе и живых существ) является время, а переход от низших форм (видов) к высшим — обязательный (т.е. независимый) процесс, который происходит под влиянием специальных продолжительных упражнений, приводящих к новым привычкам, наследуемым затем последующими поколениями. В учении Дарвина изменчивость, наследственность и естественный отбор непосредственно не связаны между собой. Важнейшим фактором эволюции признается естественный отбор, который и обусловлен статистическими закономерностями.

В современной эволюционной биологии изменчивость, наследственность и естественный отбор рассматриваются на более высоком качественном уровне — основное внимание уделяется механизму действия этих факторов. Например, установлено, что важнейшими особенностями, которые обуславливают изменения в генофонде популяции, являются мутации. Причем эти процессы, возникающие как случайно, так и под влиянием внешних факторов среды, могут иметь необратимый характер и даже явиться причиной образования нового биологического вида. Такое положение не означает уменьшения роли естественного отбора, так как процессы мутации в организмах и естественный отбор взаимосвязаны и взаимозависимы. Кроме того, в отличие от концепции классического дарвинизма (в которой основной структурной единицей живой природы является особь) в современной неodarвинистической концепции (ее обычно называют синтетической теорией эволюции) основной структурной единицей считается популяция.

Сегодня мы являемся свидетелями большого разнообразия взглядов на различные проблемы эволюционного процесса. В то же время все эти разнообразные мнения можно свести к нескольким системам взглядов — эволюционным концепциям. Попытаемся сравнить три системы (по А. Лима-де-Фариа, 1991, таблица 3.1.3, упрощенно, с изменениями).

Функции живого вещества. Всю деятельность живого вещества в биосфере можно, с определенной долей условности, свести к нескольким основополагающим функциям, которые позволяют значительно дополнить представления о его преобразующей биосферно-геологической деятельности. В.И. Вернадский выделял девять функций живого вещества: газовую, кислородную, окислительную, кальциевую, восстановительную, концентрационную и другие. В настоящее время название этих функций несколько изменено, некоторые из них объединены. Мы приводим их в соответствии с классификацией А.В. Лапо (1987) по Н.А. Воронкову (1999).

1. Энергетическая. Связана с запасанием энергии в процессе фотосинтеза, передачей ее по цепям питания, рассеиванием. Эта

Таблица 3.1.3

Сравнение трех эволюционных концепций
(по А. Лима-де-Фариа, 1991)

Неодарвинизм	Концепция автоэволюции	Концепция эволюции без отбора
1	2	3
Сконцентрирован на динамике популяций и видообразовании	Критикует неодарвинизм за то, что он оценивает последствия, а не причины эволюционного процесса, что неверно	Анализ видов и популяций не может вскрыть причины эволюции. Надо начинать с изучения формы и функции, возникших вместе с первичным формированием вещества
Основным фактором эволюционного процесса является естественный отбор	Отбор оказывает подчиненное влияние на эволюционный процесс	Отбора не существует, это не материальный компонент и не может быть механизмом процесса
Мутации случайны	Мутации закономерны	Мутации направляются молекулярными ограничениями на уровне нуклеиновых кислот и белков. Мутационный процесс «канализирован»
Возможность автономных процессов типа «автоэволюции» не рассматривается	Автоэволюция возможна благодаря тому, что способность эволюционировать заложена в первичной материи	Автоэволюция принимается
Форма возникает в результате действия отбора	Форма заложена в материи от предшествующих уровней ее организации	Форма заложена в материи от предыдущих уровней ее организации
Функция возникает в процессе отбора	Функция может возникать только из функции; каждый химический элемент имеет свою изначальную функцию	Функция может возникать только из функции
Биологическая эволюция ведет к созданию прежде не существовавших форм жизни	На биологическом уровне не возникает ничего нового. Каждый уровень вносит новшества только путем комбинирования старого	Элементарные частицы создают новые формы путем комбинирования
Роль генов в эволюционном процессе чрезвычайно важна	Ген играет второстепенную роль	Ген появился на поздних стадиях эволюции клетки; до этого форма и функция определялись физико-химическими и минералогическими закономерностями

Окончание табл. 3.1.3

1	2	3
Хромосома имеет важнейшее значение	Хромосома играет второстепенную роль	Хромосома появилась еще позднее, чем ген
Эволюция генов и хромосом не имеет физико-химических ограничений	Генетический аппарат жестко канализирован	Между белком, ДНК и РНК установлен замкнутый цикл взаимозависимости, так как ни одно из этих соединений не может образоваться без участия другого
Могут существовать клетки, организмы и признаки любого типа	Возможно возникновение клеточных органелл, клеток и организмов только некоторых определенных типов	Число различных клеточных типов у человека около 260, а число типов животных — только 26, значит возникают только определенные типы
Сообщества формируются под действием отбора, дрейфа генов и т.д.	Сообщества образуются путем «самосборки» организмов	Образование сообществ регулируется химической информацией, которой обмениваются особи
Вымирание видов — событие в основном незакономерного характера	Вымирание видов обусловлено «видовыми часами» или какими-либо другими механизмами	Есть «часы» на всех уровнях биологической организации, в том числе и у видов
Организм находится во власти среды	В процессе эволюции возрастает противодействие среде	Смысл взаимосвязи организма и среды — в их противодействии

функция — одна из важнейших и будет подробнее рассмотрена в разделе энергетики экосистем.

2. Газовая — способность изменять и поддерживать определенный газовый состав среды обитания и атмосферы в целом. В частности, включение углерода в процессы фотосинтеза, а затем в цепи питания обуславливало аккумуляцию его в биогенном веществе (органические остатки, известняки и т.п.). В результате этого произошло постепенное уменьшение содержания углерода и его соединений, прежде всего двуокиси (CO₂) в атмосфере с десятков процентов до современных 0,03%. Это же относится к накоплению в атмосфере кислорода, синтезу озона и другим процессам.

С газовой функцией в настоящее время связывают два переломных периода в развитии биосферы, которые можно интерпретировать как первые глобальные экологические кризисы на нашей планете. Первый из них относится ко времени, когда содержание

кислорода в атмосфере достигло примерно 1% от современного уровня (первая точка Пастера). Это обусловило появление аэробных организмов (способных жить только в среде, содержащей кислород). С этого времени восстановительные процессы в биосфере стали дополняться окислительными. Это произошло примерно 1,2 млрд лет назад. Второй переломный период в содержании кислорода связывают со временем, когда концентрация кислорода приблизилась к 10% (вторая точка Пастера). Это создало условия для синтеза озона и образования озонового слоя в верхних слоях атмосферы, что обусловило возможность освоения организмами суши (до этого функцию защиты организмов от губительных ультрафиолетовых лучей выполняла вода, под слоем которой возможна была жизнь).

3. Окислительно-восстановительная. Связана с интенсификацией под влиянием живого вещества процессов как окисления, благодаря обогащению среды кислородом, так и восстановления, прежде всего в тех случаях, когда идет разложение органических веществ при дефиците кислорода. Восстановительные процессы обычно сопровождаются образованием и накоплением сероводорода, а также метана. Это, в частности, делает практически безжизненными глубинные слои болот, а также значительные придонные толщи воды (например, в Черном море). Данный процесс в связи с деятельностью человека прогрессирует.

4. Концентрационная — способность организмов концентрировать в своем теле рассеянные химические элементы, повышая их содержание, по сравнению с окружающей организмы средой, на несколько порядков (по марганцу, например в теле отдельных организмов — в миллионы раз). Результат концентрированной деятельности — залежи горючих ископаемых, известняки, рудные месторождения и т.п. Эту функцию живого вещества всесторонне изучает наука биоминералогия. Организмы-концентраторы используются для решения конкретных прикладных вопросов, например для обогащения руд интересующими человека химическими элементами или соединениями.

5. Деструктивная — разрушение организмами и продуктами их жизнедеятельности, в том числе и после их смерти, как самих остатков органического вещества, так и косных веществ. Основной механизм этой функции связан с круговоротом веществ. Наиболее существенную роль в этом отношении выполняют формы жизни — грибы, бактерии (деструкторы, редуценты).

6. Транспортная — предполагает перенос веществ и энергии в результате активной формы движения организмов. Часто такой перенос осуществляется на колоссальные расстояния, например при миграциях и кочевках животных. С транспортной функцией в значительной мере связана концентрированная роль сообществ организмов, в частности в местах их скопления (птичьи базары и другие колониальные поселения).

7. Средообразующая. Эта функция является в значительной мере интегративной (результат совместного действия других функций). С ней, в конечном счете, связано преобразование физико-химических параметров среды. Эту функцию можно рассматривать в широком и более узком планах. В широком понимании результатом данной функции является вся природная среда. Она создана живыми организмами, они же поддерживают в относительно стабильном состоянии ее параметры практически во всех геосферах. В более узком плане средообразующая функция живого вещества проявляется, например, в образовании почв. В.И. Вернадский, как отмечалось выше, почву называл биокосным телом, подчеркивая тем самым большую роль живых организмов в ее создании и существовании. Роль живых организмов в образовании почв убедительно показал Ч. Дарвин в работе «Образование растительного слоя земли деятельностью дождевых червей». В.В. Докучаев назвал почву «зеркалом ландшафта», подчеркивая тем самым, что она — продукт основного ландшафтообразующего элемента — биоценозов и, прежде всего, растительного покрова.

Локальная средообразующая деятельность живых организмов и особенно их сообществ проявляется также в трансформации ими метеорологических параметров среды. Это прежде всего относится к сообществам с большей массой органического вещества (биомассой). Например, в лесных сообществах микроклимат существенно отличается от открытых (полевых пространств). Здесь меньше суточные и годовые колебания температур, выше влажность воздуха, ниже содержание углекислоты в атмосфере на уровне полога, насыщенного листьями (результат фотосинтеза), и повышенное ее количество в подпочвенном слое (следствие интенсивно идущих процессов разложения органического вещества на почве и в верхних горизонтах почвы).

Из других средообразующих свойств растительного покрова следует назвать очистку воздуха и вод от загрязнений, усиление

питания подземных водных источников (грунтовых вод), сохранение почв от разрушения (эрозии) и т.п.

Наряду с концентрированной функцией живого вещества выделяется противоположная ей по результатам — *рассеивающая*. Она проявляется через трофическую (питательную) и транспортную деятельность организмов. Например, рассеивание вещества при выделении организмами экскрементов, гибели организмов при разного рода перемещениях в пространстве, например кровососущими насекомыми и т. п.

Важна также *информационная функция* живого вещества, выражающаяся в том, что живые организмы и их сообщества накапливают определенную информацию, закрепляют ее в наследственных структурах и затем передают последующим поколениям. Это одно из проявлений адаптационных механизмов.

Основным источником **биогеохимической активности** организмов и, следовательно, основой энергетики биосферы является солнечная энергия. Основу функционирования живой оболочки планеты и взаимосвязи ее с другими геосферами как глобальными системами можно видеть при анализе круговоротов наиболее значимых веществ (рис. 3.1.46, 3.1.47, 3.1.48).

Биосферу можно условно разделить на три **подсферы (подсистемы): аэриобиосферу, гидриобиосферу, геобиосферу**. Аэриобиосфера населена аэриобионтами. Факторами, определяющими возможность существования в ней живых объектов, являются наличие капель воды, аэрозолей, положительные температуры. Аэриобиосфера может быть подразделена, в свою очередь, еще на ряд компонент: тропиобиосферу, альтобиосферу, парабииосферу. Гидриобиосфера включает в себя всю воду планеты за исключением подземных вод. Обитатели гидриобиосферы — гидриобионты. Гидриобиосфера включает в себя континентальные воды (аквабиосфера), моря (маринобиосфера). Маринобиосфера, в свою очередь, подразделяется на фотосферу, дистосферу (в которую поступает менее 1 процента солнечной энергии), афотосферу (отсутствие света). Маринобиосфера подразделяется на части в зависимости от характера протекания в ней физического процесса — распределения световой энергии по глубине. Геобиосфера подразделяется на: террабиосферу, гипотеррабиосферу, теллуриобиосферу, гипобиосферу, метабииосферу.

Биосфера имеет сложную структуру, в ней функционируют достаточно обособленные системы, так называемые экосистемы или



Рис. 3.1.46. Круговорот углерода

биогеоценозы, включающие в себя сообщества живых организмов и их среду обитания. В биосфере именно благодаря деятельности экосистем происходит поглощение солнечной энергии, ее трансформация, с помощью экосистем преобразуется вещество Земли.

Современная биосфера представляет собой геологически мгновенный срез продолжительно существующей и развивающейся **панбиосферы** — совокупности былых биосфер (термин предложен Б.С. Соколовым в 1981 году). Продолжительность развития биосферы оценивается со времени возникновения жизни на Земле (по современным данным, около 3,5 млрд лет назад).

Справка. Концепции происхождения жизни на Земле

Одной из важнейших в современном естествознании является проблема происхождения жизни во Вселенной и на Земле. На данный момент известно, что вода появилась на нашей планете около 4–5 млрд лет назад, а следы первых бактерий датируются возрастом приблизительно 3,8–3,5 млрд лет.

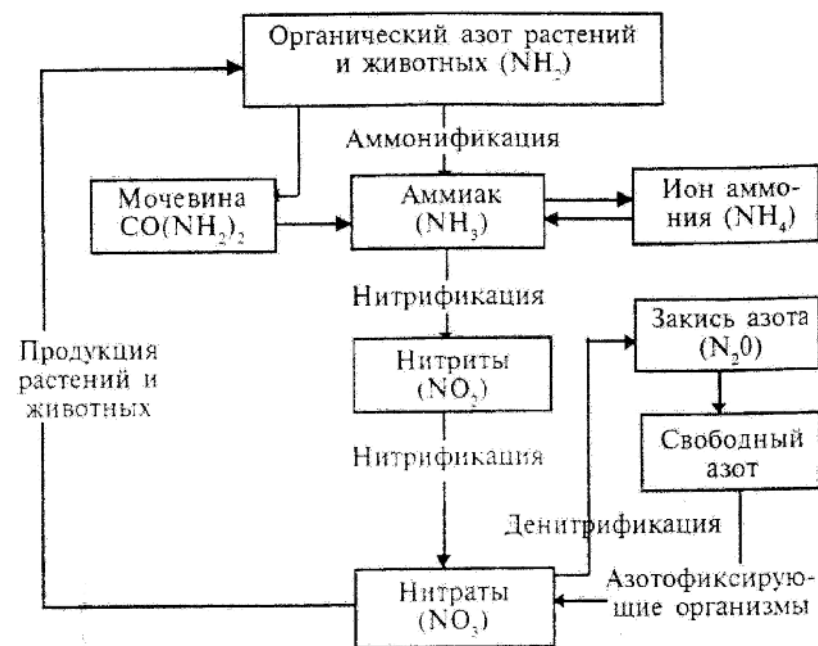


Рис. 3.1.47. Круговорот азота

Группа концепций вечности жизни исходит из того, что жизнь во Вселенной всегда была, есть и будет. Вселенная может содержать в себе составные части для зарождения жизни.

Концепция панспермии С. Аррениуса (конец XIX в.) предусматривала занос спор микроорганизмов, рассеянных по всей Вселенной, на Землю. Сейчас известно, что в космосе бактерий или вирусов не обнаружено, однако органические химические соединения, аминокислоты, спирты, углеводороды и другие соединения, способные образовать клеточные мембраны первичных организмов, присутствуют в метеоритах и кометах, космической пыли, которой ежегодно выпадает на Землю 40 тыс. т.

Падение метеоритов на Землю во время периода интенсивной метеоритной бомбардировки (4,2–3,9 млрд лет) инициировало возникновение ударных волн и выделение тепла, которые, возможно, вызывали химические реакции в древней атмосфере.

Другими аргументами в пользу всегда существовавшей жизни могут быть неопознанные летающие объекты (НЛО) или предполагаемые сооружения на других планетах («марсианский сфинкс, марсианские пирамиды»). Есть даже гипотезы, что инопланетяне способствовали зарождению жизни на Земле, а мы — результат этого долгого научного эксперимента. Эти гипотетические со-

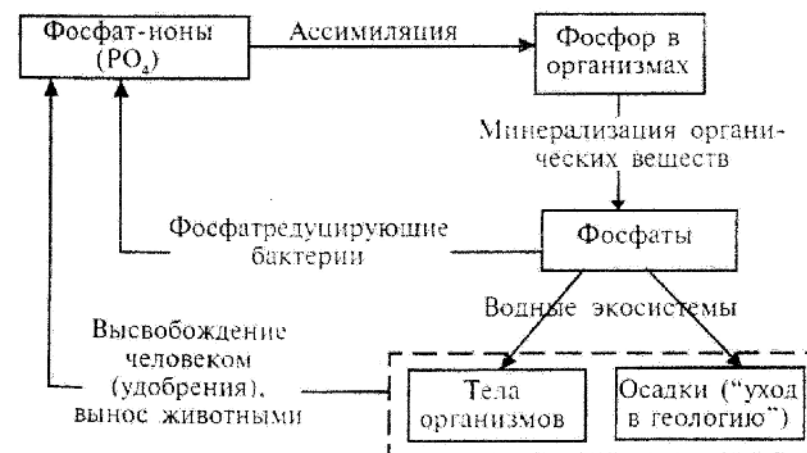
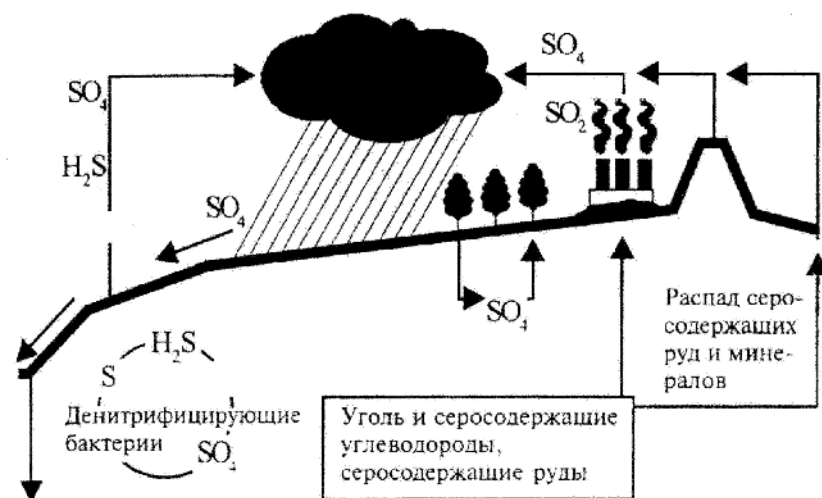


Рис. 3.1.48. Круговорот фосфора, серы

ображения рассматриваются сегодня вне научной картины мира вследствие недостаточной фактической обоснованности.

Концепция В.И. Вернадского рассматривает жизнь как общекосмическое неотъемлемое свойство материи, наряду с гравитацией, энергией и т.п. Следовательно, жизнь потенциально может проявиться везде, где есть материя и необходимые условия, что и произошло на Земле. Более того, из этой точки зрения

следует, что жизнь на Земле развивается со времени формирования самой планеты. Это положение сегодня не опровергается, а, скорее, подтверждается успехами палеонтологии. Так, **возраст наиболее древних следов жизни практически совпадает со временем формирования первых осадочных отложений**, в которых эти следы только и могут быть «записаны».

Группа концепций происхождения живого из неживого утверждает, что жизнь на Земле возникла автономно, независимо от существующей или несуществующей жизни во Вселенной при благоприятном стечении обстоятельств, причем из неживой материи (*концепция абиогенеза*).

Гипотеза А.И.Опарина (1923) предусматривает возникновение жизни в океане из простых соединений первых углеводородов, по мере накопления которых формировался «первичный бульон», насыщенный взвешенными «коацерватными каплями» (коацерватами). Они могли подвергаться отбору и совершенствоваться по мере примитивной эволюции в более сложные структуры вплоть до живых организмов.

Абиогенетический подход получил экспериментальное развитие. В 1953 г. **Миллер и Юри смоделировали условия зарождения жизни при помощи экспериментальной установки**, в их «протоокеане» образовались аминокислоты. В последующем был выявлен ряд недостатков этого эксперимента. 1. Образовавшиеся аминокислоты сразу были изолированы с помощью механизма «холодного капкана». В ином случае условия окружающей среды, где образовались аминокислоты, сразу разрушили бы эти молекулы. Существование в первичной среде Земли подобного механизма не доказано. А без него расщепление белков неизбежно. Кроме того, без «холодного капкана» вещества были бы разрушены воздействием электричества. Когда Миллер не использовал «холодный капкан», он не получил аминокислот. 2. Состав первичной атмосферы в опыте Миллера и Юри был некорректен. Последние исследования показывают, что атмосфера включала, скорее всего, азот, диоксид углерода и водяной пар, что не столь благоприятно для формирования органических молекул, как аммиак и метан. Американцы Феррис и Чен повторили опыт Миллера с названными веществами и не получили ни одной аминокислоты. 3. В атмосфере кислорода было мало, но достаточно для того, чтобы разрушить аминокислоты. Если бы в опыте был использован кислород, то метан превратился бы в двуокись углерода и воду, а аммиак — в азот и воду. С другой стороны, в среде, где отсутствует кислород и озоновый слой, велика вероятность разрушения аминокислот под действием ультрафиолета. 4. В опыте Миллера одновременно образовались и органические кислоты, нарушающие целостность живых организмов. Если бы аминокислоты не были изолированы, то подверглись бы разрушению или серьезному преобразованию.

Но каким образом пребиотические органические соединения — аминокислоты или нуклеиновые кислоты — превратились в живое вещество? Этот во-

прос не решен до сих пор и является основным предметом критики всего абиогенетического подхода. Ключевую роль при этом должен играть синтез рибонуклеиновой кислоты (РНК), из которой в дальнейшем возникают живые клетки, состоящие из дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК).

Гипотеза У. Гилберта гласит, что первичные организмы состояли из простых самовоспроизводящихся молекул РНК. В дальнейшем эти организмы приобрели способность синтезировать белки, что ускорило скорость репликации, и липиды, сформировавшие мембрану, отграничившую внутреннюю среду организмов от внешней. Так возникла клетка. Далее функция носителя генетической информации перешла к ДНК, более эффективной в этом отношении. Отдельные стадии этой гипотезы произведены экспериментально в лабораторных условиях.

Если жизни началась с РНК, то в какой обстановке это произошло? Водная среда неблагоприятна, поскольку РНК быстро разлагается в воде. Однако если подобные РНК полимеры образуются на поверхности кристаллов, они становятся более устойчивыми к действию воды. В связи с этим возникли две гипотезы, отводящие твердым кристаллам решающую роль в происхождении живого вещества.

1. *Гипотеза А. Кернс-Смита*: глинистые образования могли приобрести способность адсорбировать или синтезировать на своей поверхности органические соединения — белки и нуклеиновые кислоты. В дальнейшем эти соединения могли начать самостоятельно воспроизводиться и эволюционировать.

2. *Гипотеза Г. Вехтершойзера*: кристаллы пирита способны катализировать синтез.

В конце 70-х годов XX века возникла гипотеза о зарождении жизни вокруг подводных гидротерм.

Таким образом, получается, что диапазон физико-географических обстановок, в которых могли появиться на Земле первые живые организмы, достаточно широк — от наземных условий с восстановительной или нейтральной атмосферой через прибрежную, приливно-отливную зону с ее теплыми водами до относительно глубоководной обстановки с горячими гидротермами.

С. Кауфман (США) математически показал, что достаточно сложная группа полимеров способна к репликации как целое, даже если отдельные полимеры к этому не способны. Но для этого некоторые полимеры должны быть способны катализировать простые реакции, например делить полимер надвое или соединять два полимера в один.

Группа концепций автопроцессов

Концепция самоорганизации макромолекул. Эта гипотеза развивается последние два десятилетия благодаря применению к проблеме возникновения жизни теории самоорганизующихся макромолекул. М. Эйгеном было установлено, что нелинейные автокаталитические цепи (гиперциклы) обладают рядом

уникальных свойств, порождающих «дарвиновское поведение» системы. Гиперцикл конкурирует с любой самовоспроизводящейся единицей, не являющейся ее членом. Состоящий из самостоятельных самовоспроизводящихся единиц, он объединяет эти единицы в систему, способную к согласованной эволюции, где преимущества одного индивида могут использоваться всеми ее членами. В результате М. Эйген и П. Шустер теоретически моделируют эволюцию от макромолекул до живой клетки (рис. 3.1.50).

Здесь можно усмотреть отдаленное сходство с долго господствовавшей концепцией самозарождения, предполагавшей самопроизвольное появление организмов из неживого субстрата (червей из гниющего мяса, мышей из старой материи и т.п.), опровергнутой известными классическими опытами Ф. Рэди и Л. Пастера и представляющей ныне лишь исторический интерес.

Для глобального процесса развития биосферы характерны следующие тенденции (по Э.И. Колчинскому, 1990).

1. Постепенное увеличение общей биомассы и биопродуктивности.

2. Прогрессивное накопление аккумулированной солнечной энергии в поверхностных оболочках Земли.

3. Увеличение информационной емкости биосферы.

Данные тенденции проявляются в росте разнообразия органических форм, в увеличении числа геохимических барьеров и в возрастании дифференцированности физико-географической структуры биосферы.

4. Усиление некоторых биогеохимических функций живого вещества и возникновение у него новых функций.

5. Интенсификация преобразующего воздействия жизни на атмосферу, гидросферу и литосферу и увеличение роли живого вещества и продуктов его жизнедеятельности в геологических, геохимических и физико-географических процессах.

6. Расширение сферы действия биотического круговорота и усложнение его структуры.

7. Так как все эволюционирующие системы не бессмертны, имеют «начало» и «конец» своего существования, то возможны как «восходящие», так и «нисходящие» тенденции в развитии биосферы.

Кроме перечисленных тенденций, Н.Ф. Реймерс (1994) сформулировал следующие принципы развития биосферы.

Экоисторический принцип. Геологические процессы и явления постоянно изменялись во времени, так что процессы прошлого

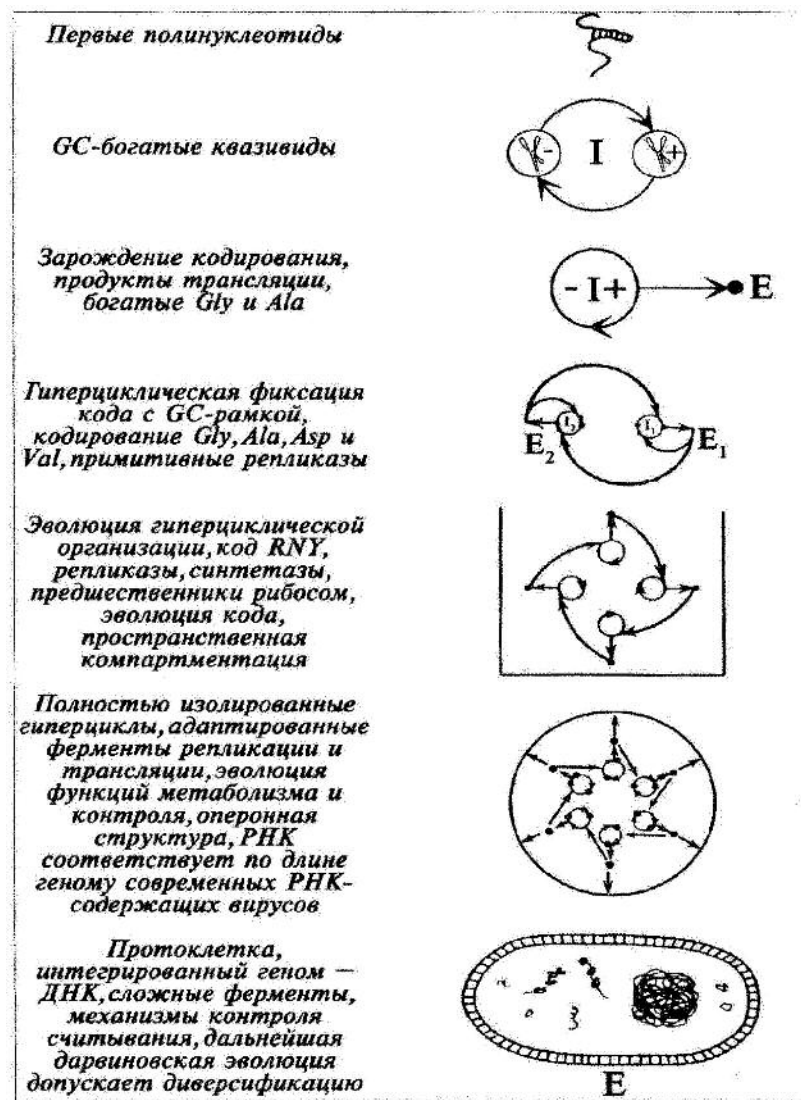


Рис. 3.1.50. Эволюция от макромолекул до живой клетки как глобальный процесс (по М. Эйгену и П. Шустеру)

нельзя полностью отождествлять с современными (особенно в количественном отношении).

Принцип глобального замыкания биогеохимического круговорота. В ходе эволюции биосферы доля биологического компонента в



Рис. 3.1.51. Реймерс Николай Федорович

замыкании биогеохимического круговорота веществ направленно возрастает.

Реймерс Николай Федорович (1931–1993) — выдающийся российский эколог, автор фундаментальных трудов по заповедному делу, природопользованию, экологии человека, эволюции биосферы, глобально-экологическим проблемам человечества. Активный популяризатор экологии.

Принцип саморазвития биологических систем Э. Бауэра. Развитие биологических систем есть результат увеличения их внешней работы, выражающийся в их воздействии на окружающую среду.

Принцип катастрофического толчка. Природная или природно-антропогенная катастрофа всегда приводит к существенным перестройкам биосферы, которые могут адаптировать ее к новым условиям среды.

Принцип непрерывности и дискретности развития биосферы. Процесс медленного эволюционного изменения закономерно прерывается фазами бурного развития и быстрого вымирания. Очевидна связь этого принципа с глобальными кризисами и его роль в палеоглобалистике.

Эволюцию биосферы как глобальный процесс принято рассматривать с позиций этапности. Этапы развития биосферы в той или иной степени согласуются с геохронологическими подразделениями, то есть с этапами развития планеты в целом.

3.2. Козволюция глобальных систем

На общепланетарном уровне организации можно говорить о козволюции глобальных систем — оболочек планеты, или геосфер. Каждая геосфера пространственно охватывает определенную часть

планеты и в общем модельном виде имеет очертания оболочки («сферы»). Геосферы являются основными элементами Земли и в совокупности определяют структурно-функциональное единство планеты как сложнейшей системы. При коэволюции геосфер действует закономерность проявления коэволюционного резонанса: для реализации коэволюционных возможностей двух систем необходимо совпадение во времени определенных параметров обеих систем. Например, предполагается, что в раннем докембрии последовательно во времени возникали различные варианты прокариотных форм жизни, но в тех условиях среды не получали развития. Реализация удалась, только когда во времени совпали два параметра: появление в биосфере очередного варианта эукариотных систем и достижение необходимой для обеспечения рентабельности эукариотного механизма концентрации кислорода в атмосфере — точки Пастера (что, в свою очередь, также является следствием развития биосферы). Сходная ситуация предполагается и в отношении происхождения многоклеточных.

Справка. Под **козволюцией** (соразвитием, сопряженным развитием) понимается развитие двух и более систем во взаимодействии, вызывающее развитие самого взаимодействия (его форм и механизмов) во времени. Основным достижением козволюционных процессов является гармонизация взаимоотношений систем. Козволюционные процессы выявляются на самых различных уровнях организации материи и являются сегодня объектом внимания разных областей знаний. Понятие козволюции, зародившись в науках о жизни («козволюция симбионтов», «козволюция хищника и жертвы» и др.), переживает в настоящее время интенсивное распространение.

Концепция козволюции показательно работает, например на уровне экологии организмов, объясняя развитие системы «хищник — жертва» — постоянное совершенствование и того и другого компонента системы. В системе «паразит — хозяин» естественный отбор теоретически должен способствовать выживанию менее вирулентных (опасных для хозяина) паразитов и более резистентных (устойчивых к паразитам) хозяев. Постепенно паразит становится комменсалом, т.е. безопасным для хозяина, а затем они могут стать мутуалами — организмами, которые способствуют взаимному процветанию, как грибы и фотосинтезирующие бактерии, вместе образующие лишайники. Но так происходит не всегда. Паразиты являются неизбежной, обязательной частью каждой экосистемы. Козволюционная «гонка вооружений» способствует большому разнообразию экосистем. Паразиты препятствуют уничтожению хозяевами других видов. Концепция козволюции объясняет факты альтруизма у животных: заботу о детях,

устранение агрессивности путем демонстрации «умиротворяющих поз», повиновение вожака, взаимопомощь в трудных ситуациях и т.п.

Козволюция является наиболее эволюционно выгодным вариантом взаимоотношений систем в триаде «сосуществование — взаимодействие — козволюция». Наиболее сильные взаимодействия — однознаковые: конкурентные (-;-) и симбиотические (+;+). В природе проявляются все возможные сочетания знаков положительного, отрицательного и нейтрального воздействия систем друг на друга (+;-; 0). Наиболее прогрессивный результат приносит симбиоз (+;+) — взаимовыгодное сотрудничество. В эволюционном плане этот вариант взаимоотношений явно выгоднее всех остальных и способен привести в результате козволюции к появлению и развитию новых форм жизни как на организменном, так и на клеточном уровне (симбиогенез). Необходимо особо подчеркнуть *глобальную эволюционную роль симбиоза*. Симбиотические взаимоотношения способны преобразовать облик всей жизни на Земле. Это хорошо показывает их роль в эволюции клетки, точнее — в появлении и развитии эукариотической клетки согласно концепции эндосимбиоза (симбиогенеза) (см. книгу Л. Маргелис «Роль симбиоза в эволюции клетки»). Согласно этим представлениям, эукариотическая клетка является результатом серии последовательных симбиозов отдельных организмов, ставших впоследствии ее органеллами (митохондрии, пластиды и др.). Возможно, этот процесс запустился с элементарной попытки одного примитивного организма поглотить другой, что затем заменилось их симбиотическими взаимоотношениями (рис. 3.2.1).

Попытки рассмотрения вопросов взаимодействия и коэволюции конкретных оболочек предпринимались в трудах Н.Н. Моисеева, Н.П. Юшкина, Г.И. Худякова, Е.Н. Князевой, С.П. Курдюмова и других исследователей. Наибольшее распространение получила концепция «коэволюции человека и биосферы» («коэволюции природы и общества») Н.Н. Моисеева (рис. 3.2.2). Предлагается и более сложная система коэволюционных процессов на планетарном уровне — не двух (человека и биосферы, природы и общества, минерального и живого и т.п.), а, по крайней мере, трех самостоятельных планетарных структур, рассматриваемых в качестве основных геосфер: физических оболочек планеты («гео»), живого вещества («био») и разумной мысли («ноо»). Необходимо также рассматривать участие в коэволюционных глобальных процессах комплекса виртуальных структур (виртосферы) (Иванов, 2004).

Концепция коэволюции геосфер предполагает возможность выделения комплекса общих свойств оболочек Земли как глобальных систем, наиболее показательными из них являются ячеистость и фрактальность. Целесообразно развитие фрактально-ячеистой

модели систем (геосфер), базирующейся на следующих основных положениях.

1. Каждая система (геосфера) потенциально может быть расслоена на подсистемы (подсистемы) практически бесконечно. Хорошим примером служит стратисфера (слоистая оболочка планеты — осадочный чехол), в составе которой возможно выделить сколь угодно малые прослои, условно считая их отдельными подоболочками (рис. 3.2.3). При этом налицо подобие форм геологических тел разных размеров (слоев, линз, террас, форм прилегания и т.п.). Фрактальные свойства систем слоев известны и изучаются, в частности, по данным каротажа (рис. 3.2.4). Каротаж — метод исследования буровых скважин.

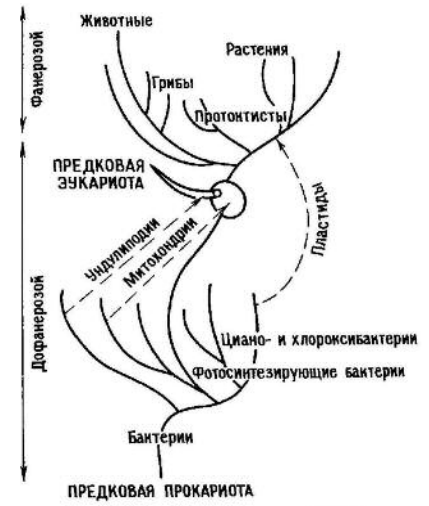


Рис. 3.2.1. Роль симбиоза в эволюции жизни (по Л. Маргелис, 1983)

Моисеев Никита Николаевич (1917–2000) — основоположник ряда новых направлений в прикладной математике. Его работы посвящены механике и гидродинамике, численным методам в теории оптимального управления, теории иерархических систем, имитационному моделированию, автоматизации проектирования. Ряд фундаментальных трудов посвящен междисциплинарным исследованиям глобально-экологических проблем. Автор известной концепции козволюции природы и общества.



Рис. 3.2.2. Моисеев Никита Николаевич



Рис. 3.2.3. Интервал осадочного чехла (стратиферы) — фрактальная система потенциально бесконечной слоистости (верхнемеловые отложения в Саратовском Поволжье)

ры. В геоморфологическом выражении — это система береговых линий в совокупности с эрозионной сетью планеты. Береговая линия широко известна как показательный пример фрактальной природной структуры. Самоподобие эрозионной сети (рис. 3.2.5 и 3.2.6) также (причем не только в плановом рисунке, но и в разрезе — прослеживаются качественные аналогии с кривой Коха) доказано. При анализе глобальной эрозионной структуры в плане выделяются разноранговые отдельности (ячейки). С названными особенностями геолого-геоморфологического субстрата тесно связано глобальное распределение живого вещества биосферы, что позволяет говорить о ее фрактально-ячеистых свойствах. Наиболее сложные фрактальные структуры на границе литосферы, гидросферы и атмосферы, связанные с биогеоценотической и ландшафтной системами, можно продемонстрировать на примере дельт рек (рис. 3.2.6).

3. Все глобальные системы (геосферы) пронизаны фрактальными структурами. Литосфера и ее подсферы разбиты фрактальной глобальной системой трещиноватости (самоподобной не только в

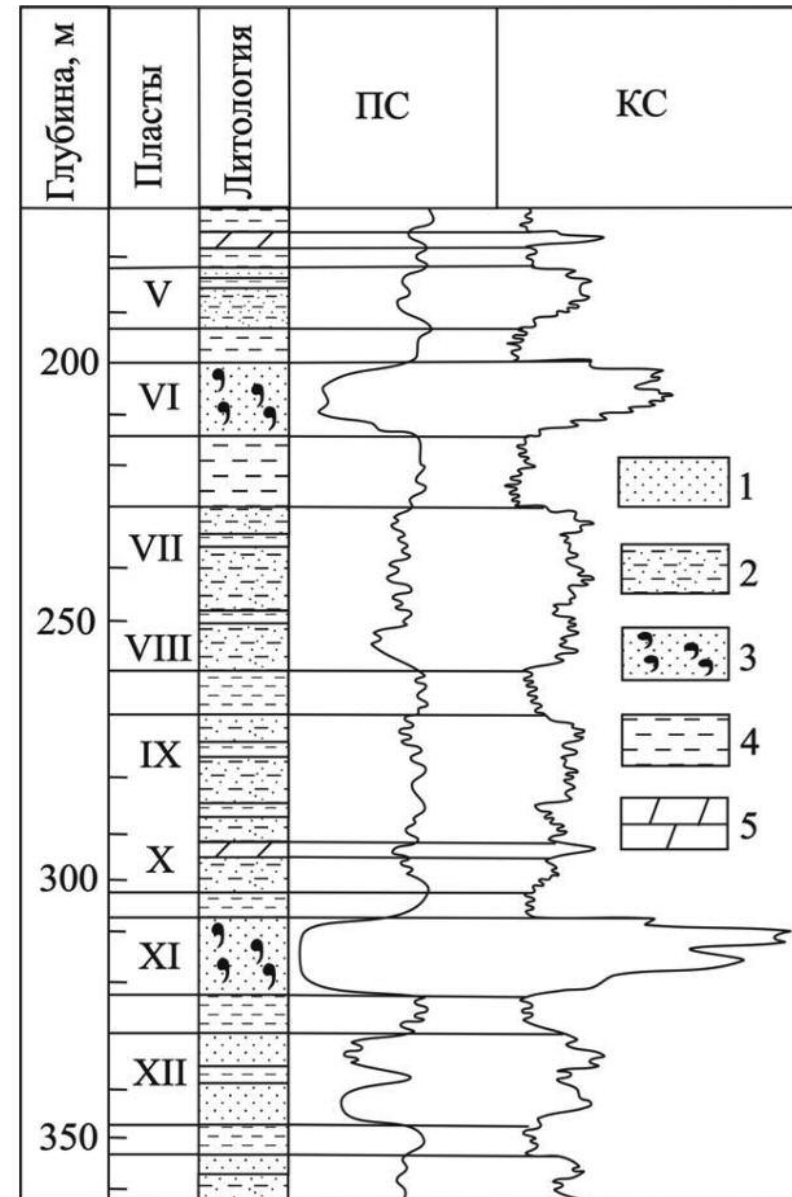


Рис. 3.2.4. Каротажные диаграммы, отражающие фрактальные свойства систем слоев. ПС — кривая спонтанной поляризации, КС — кривая кажущихся сопротивлений. Цифрами обозначены: 1 — пески, 2 — глинистые пески, 3 — глауконитовые пески, 4 — глины, 5 — мергели

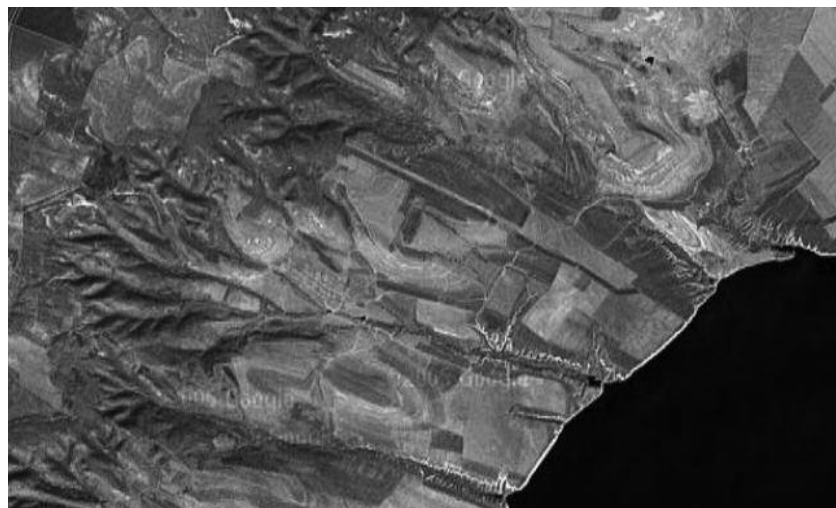


Рис. 3.2.5. Овражно-балочная сеть (фрагмент глобальной эрозионной сети) как пример природных фракталов (береговая зона Волги)



Рис. 3.2.6. Дельта Волги как сложнейшая фрактальная структура на границе литосферы, гидросферы и атмосферы, связанная с биогеоценоотическими и ландшафтными системами. Космический снимок (материалы кафедры геоэкологии Саратовского государственного университета)

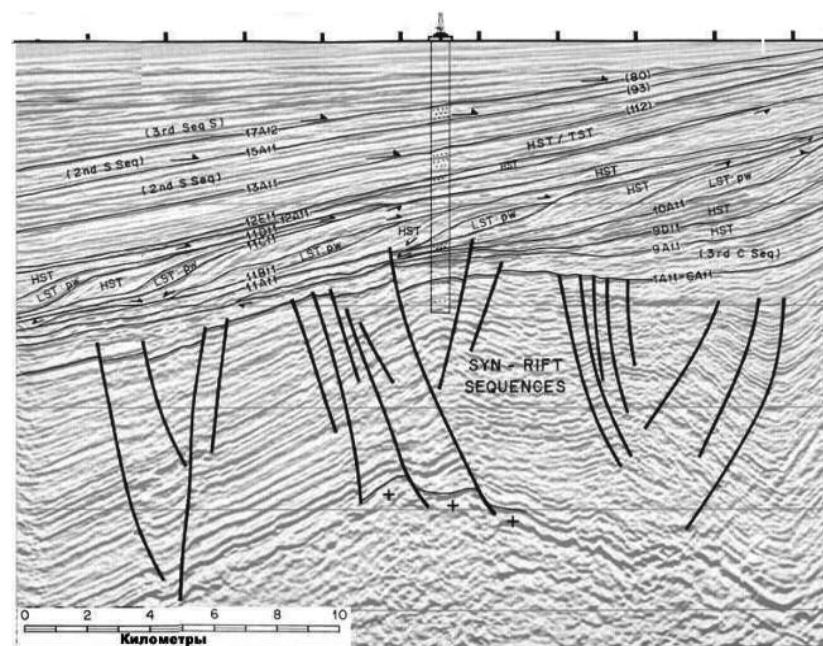


Рис. 3.2.7. Фрагмент разломно-трещинной системы литосферы, обладающей фрактальными свойствами (пример сейсмического профиля земной коры) (Габдуллин и др., 2010)

плане, но и в разрезе (рис. 3.2.7)) на многогранные блоки (ячейки) разного ранга (рис. 3.2.8). Мантия Земли имеет сложные внутренние неоднородности, которые визуальны на качественном уровне могут быть определены как самоподобные (рис. 3.2.9). Система «литосфера—мантия» пронизана системой плюмов и структурами геосолитонной природы и т.д. Более того, посредством развития подобных структур осуществляется взаимодействие геосфер. Так, Ф.А. Летников выделяет ряд проявляющих синергетические эффекты систем («разлом—ионосфера», «разлом — электрическая коммуникация», «разлом — техногенное сооружение»), что находит отражение в решении эколого-геологических задач.

4. Особый интерес представляет вопрос динамики и развития фрактально-ячеистой структуры геосфер в свете глобальной эволюции Земли и коэволюции ее оболочек. Закономерности таких изменений во времени на сегодняшний день не вполне ясны, но отдельные аспекты четко просматриваются. По палеогеографическим данным можно судить об изменениях в геологическом времени



Рис. 3.2.8. Ячейки Кэри (1991)

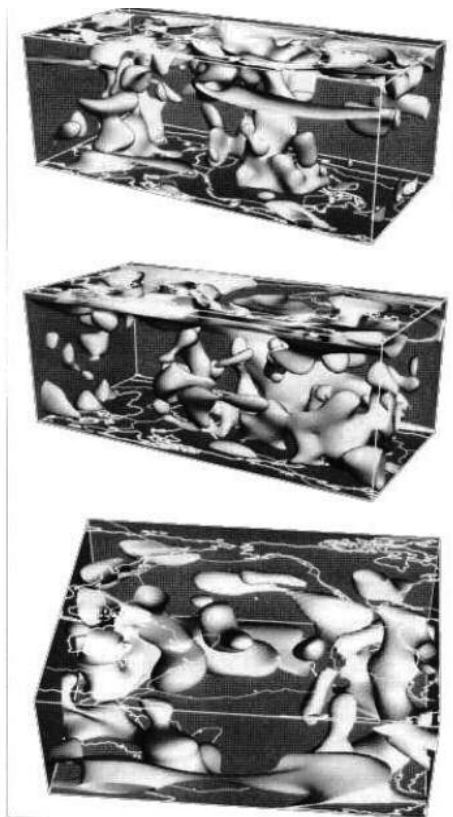


Рис. 3.2.9. Трехмерная модель мантии Земли, развернутой в параллелепипед (Su et al., 1994)

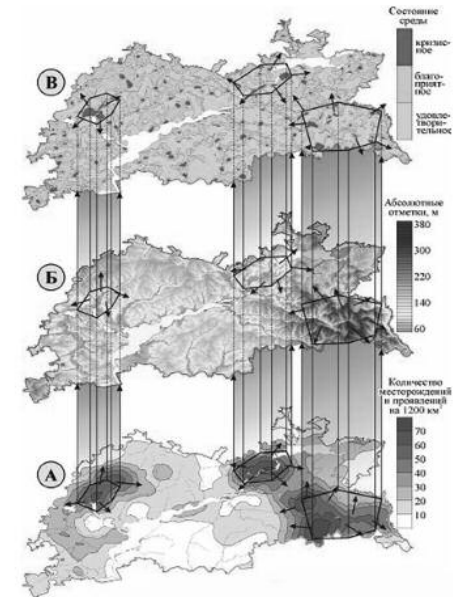


Рис. 3.2.10. Сопряженность минерагенической, рельефной и техногенной ячейности (по Р.Х. Сунгатулину, 2010). А — минерагеническая модель; Б — модель современного рельефа; В — техногенная модель (стрелками показан горизонтальный и вертикальный энергомассоперенос)

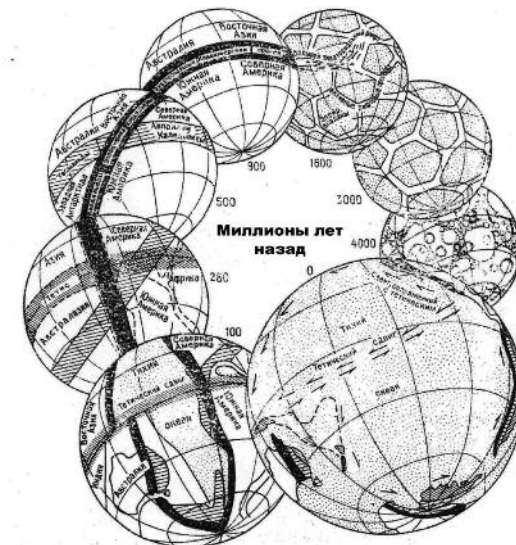


Рис. 3.2.11. Изменение глобальных ячейистых систем в истории Земли (Кэри, 1991)

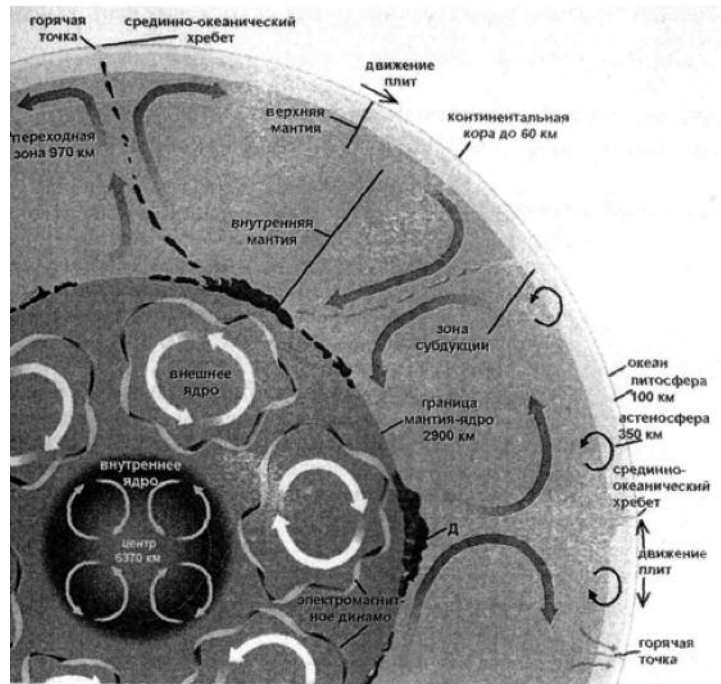


Рис. 3.2.12. Функционирование глобальных ячеистых систем геосфер Земли (Пауэлл, 1981)

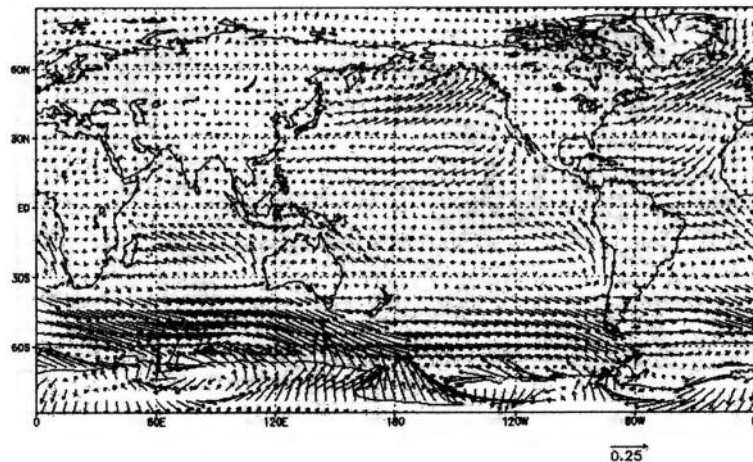


Рис. 3.2.13. Глобальное распределение напряжения ветра (Па) по поверхности раздела океан—атмосфера (Trenberth et al., 1989). Стрелка внизу соответствует силе 0,25 Па

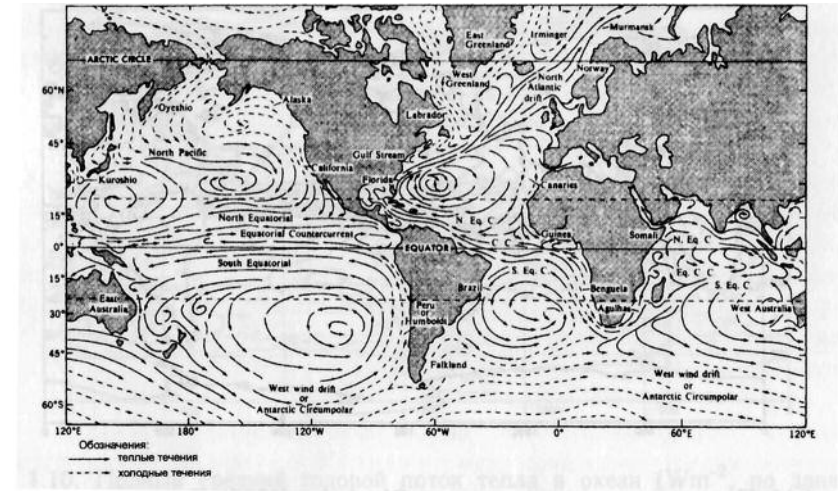


Рис. 3.2.14. Схема поверхностной глобальной циркуляции океана (Peixoto, Oort, 1992)

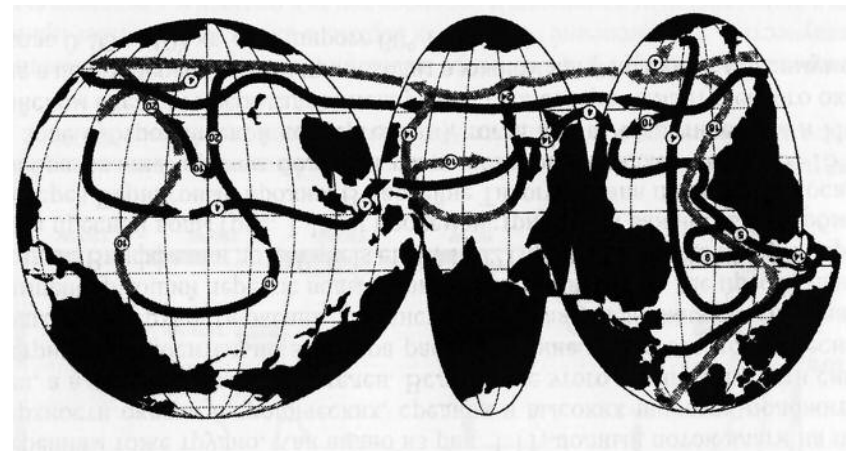


Рис. 3.2.15а. Схема трехмерной глобальной циркуляции океана согласно модели двух-слойного потока. Темными (светлыми) линиями показаны потоки поверхностной (глубинной) воды. Апвеллинг и даунвеллинг изображены стрелками и точками соответственно (Schmitz, 1995)

особенностей границы литосферы, гидросферы и атмосферы (как системы береговых линий, так и эрозионной сети). Отдельным направлением исследований, имеющим очевидное практическое значение, является изучение взаимосвязи фрактально-ячеистой структуры геосфер с антропогенной деятельностью и преобразова-

нием человечеством природной среды, глобальным взаимодействием человека с природой. В частности, интересны результаты исследований Р.Х. Сунгатулина по сопряженности минерагенической, рельефной и техногенной ячеистости (рис. 3.2.10). Известно также, что механизм передвижения вещества геосфер предусматривает функционирование ячеек, что позволяет говорить о сходной глобальной ячеистости основных физических оболочек планеты: конвективные ячейки мантии и литосферы (с позиций глобальной тектоники литосферных плит) (рис. 3.2.11, 3.2.12), ячейки глобальной атмосферной циркуляции (рис. 3.4.13), ячейки гидросферы (рис. 3.2.14, 3.2.15 а).

Изложенные воззрения важны также применительно к верхней части геолого-геоморфологического субстрата, что особенно актуально при оценке развития урбосферы как результата глобального процесса урбанизации. Главным фактором, определяющим эколого-геологические угрозы, является разломно-трещинная сеть геолого-геоморфологического субстрата, обуславливающая своим строением, функционированием и развитием проявление опасных процессов, что позволяет говорить о роли геодинамической сети в эволюции городов. Анализ ряда модельных участков показывает массовое проявление элементов разломно-трещинной сети, разнообразных по направлению, рангу и генезису, причем увязанных в систему решетчатого облика. Основным геодинамическим элементом геолого-геоморфологического субстрата являются многоугольные в плане, субпризматические геолого-геоморфологические блоки (ячейки), контролируемые элементами разломно-трещинной сети. Они ранжируются и проявляют свойство самоподобия. Имеет место эндогенно-экзогенный дуализм: тектонические разломы контролируют крупные ячейки, экзогенные трещины — более мелкие. Новые представления о геодинамической сети позволяют иначе посмотреть на особенности эколого-геологических опасностей в городах. Это особенно важно, так как урбосфера (развивающаяся при взаимодействии ноосферы с физическими оболочками Земли и биосферой) также проявляет фрактально-ячеистые свойства, что выражается, в частности, в рисунке так называемого глобального каркаса расселения.

Дальнейшая разработка фрактально-ячеистой модели геосфер Земли требует большего привлечения концепций геоморфоблокового строения, ноосферных структур, геолого-геоморфологической конформности, а также углубленного изучения геосфер с по-

зиций сетевых структур и анализа синергетических эффектов с выходом на конкретное математическое моделирование.

Принцип гармоничного коэволюционного развития глобальных систем планеты (геосфер) логически объясняет основные положения так называемой геофизиологической концепции. Эта гипотеза, часто называемая **концепцией Геи** (по имени богини Земли), возникла в последние два десятилетия на основе учения о биосфере, основных положений экологии и концепции коэволюции. Ее авторами являются английский химик Дж. Лавлок (1979, книга «Гея»; рис. 3.2.15 б) и американский микробиолог Л. Маргулис (рис. 3.2.15 в). Вначале была обнаружена химическая неравномерность атмосферы Земли, которая рассматривается как один из признаков жизни.

Было введено понятие геофизиологии, обозначающее системный подход к наукам о Земле. Согласно Гея-гипотезе, сохранение длительной химической неравновесности атмосферы Земли обусловлено совокупностью процессов жизнедеятельности организмов. Примерно 3,5 млрд лет назад существовал механизм биологической автоматической термостатики, в котором избыток диоксида азота в атмосфере играл регулируемую роль, препятствуя тенденции потепления, связанной с возрастанием яркости солнечного света. В соответствии с этим при изменении яркости потоков солнечного света растет биоразнообразие, ведущее к возникновению способности регулировать температуру поверхности планеты, а также к росту биомассы.

Концепция Геи включает следующие основные положения.

1. Земля является сложной саморегулирующейся системой, созданной биотой и окружающей средой, способной сохранять химический состав атмосферы и тем самым поддерживать благоприятное для жизни постоянство климата.

2. Человек — обитатель и часть квазиживой целостности, которая обладает способностью глобального гомеостаза, снисходительного к нарушениям, если она находится в пределах своей возможности саморегуляции.

3. Когда подобная система попадает в состояние стресса, близкого к границам саморегуляции, то даже маленькое потрясение может толкнуть ее к переходу в новое стабильное состояние или даже полностью уничтожить.

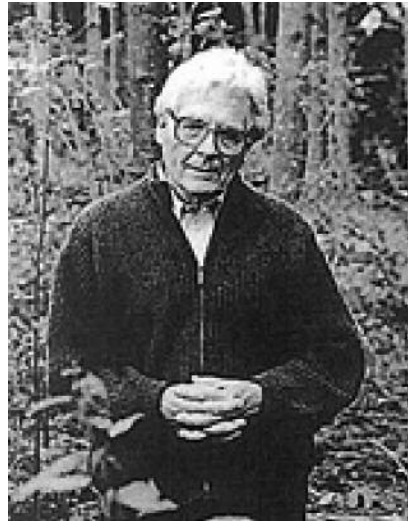


Рис. 3.2.15 б. Джеймс Эфрейм Лавлок



Рис. 3.2.15 в. Линн Маргулис (Маргелис)

Джеймс Эфрейм Лавлок (род. 26.07.1919) — британский естествоиспытатель. Родился в Лондоне. Работал в Национальном институте медицинских исследований. Затем, проработав в НАСА, в 1964 году объявил себя независимым ученым. Два года спустя обнаружил присутствие в атмосфере хлорфторуглеродов (ХФУ). Создатель гипотезы Геи (Земля функционирует как один живой супер-организм), сторонник использования атомной энергии. В 2006 году предсказал, что к концу текущего века в результате глобального потепления «миллиарды людей погибнут, а считанные пары выживших останутся в Арктике, где климат останется выносимым». Согласно его прогнозам к 2100 году 80% людей исчезнут, и новый климат продержится следующие 100 000 лет. Люди мигрируют на полюса. В Антарктиде появятся мегаполисы (www.elementy.ru).

Линн Маргулис (Маргелис) (род. 05.03.1938) — американский биолог (в первую очередь протистолог), создатель современной версии теории симбиогенеза. Профессор Массачусетского университета в Амхерсте. В книге Линн «Роль симбиоза в эволюции клетки», вышедшей в СССР в 1983 году, ее фамилия была указана как Маргелис. Наиболее известна исследованиями клеточных органоидов и развитием эндосимбиотической теории происхождения клетки органоидов — теории, которую впервые выдвинул русский ботаник Андрей Сергеевич Фаминцын (1835–1918). Линн Маргулис — один из авторов названия таксона Eukaryota Whittaker & Margulis, 1978 (Эукариоты), объединяющего все

ядерные организмы, то есть те живые организмы, клетки которых содержат ядра (растения, грибы и животные также относятся к эукариотам; www.astrovips.com).

4. «Гея» способна превращать даже отходы человека в нейтральные и полезные элементы и, видимо, может выжить даже после ядерной катастрофы.

5. Эволюция биосферы может быть процессом, который выходит за рамки контроля и даже участия человека.

Рассматривая концепцию Геи с биологических позиций, Л. Маргулис полагает, что жизнь на Земле представляет собой сеть взаимозависимых связей, позволяющих планете действовать как саморегулирующаяся и самопроизводящая система. В 60-х годах XX века она предположила, что эукариотические клетки произошли в результате симбиотического союза простых прокариотических клеток, таких как бактерии. Была выдвинута гипотеза, что митохондрии произошли от аэробных бактерий; хлоропласты растений когда-то были самостоятельными организмами — фотосинтезирующими бактериями. По мнению Маргулис, симбиоз — образ жизни большинства организмов и один из наиболее созидательных факторов эволюции. Например, 90% растений существуют вместе с грибами, поскольку грибы, связанные с корнями растений, необходимы им для получения питательных веществ из почвы. Совместная жизнь приводит к появлению признаков и жизненных форм. Эндосимбиоз — важнейший механизм эволюции многих организмов. Так, изучение ДНК простых организмов подтверждает, что сложные растения произошли путем симбиотической коэволюции более простых.

Взаимодействие геосфер и эволюция экосистем наиболее показательно выражаются в эволюции так называемой географической оболочки Земли, включающей в себя сложную систему ландшафтов (в том числе природно-антропогенных) и также являющейся глобальной системой. В связи с этим, для решения глобальных (прежде всего, глобально-экологических) проблем человечества необходимо не просто изучение истории глобальных процессов в геологическом прошлом (**палеоглобалистика**), но и выход на прогноз (**футуроглобалистика**). Изучение физико-географических обстановок, геологических процессов, биологической эволюции и других палеогеографических явлений позволяет предвидеть изме-

нение географической обстановки в будущем. Осуществлять прогноз природных явлений можно методом экстраполяции направленных и ритмических глобальных процессов.

При этом важен анализ конкретного регионального и локального материала. Моделированию подвергаются размеры природных объектов (ледников, болот), динамика перемещения (рек, ареалов видов), глобально-планетарные изменения (климата, тектонического режима). В настоящее время особое внимание уделяется анализу долговременной эволюции ландшафтной оболочки и, особенно, климатов, чтобы наметить тренд их дальнейшего развития при разработке сценариев ожидаемого изменения климата в XXI веке по причине парникового эффекта.

К.К. Марков, наряду с палеогеографией, выделяет науку неогеографию, изучающую настоящее для целей прогноза (Марков, 1951). Основными задачами географического прогноза являются научно-обоснованные предсказания: 1) изменений, происходящих без участия человека; 2) изменений благодаря деятельности человека; 3) целенаправленных изменений природы человеком (Марков и др., 1976). По длительности выделяют географические прогнозы: краткосрочные, тактические, стратегические, долгосрочные и сверхдолгосрочные. Соответственно длительности предсказания рассматривают и цепь палеогеографических событий. С удалением времени, на которое необходимо дать предсказание состояния географической оболочки, увеличивается роль палеогеографического анализа.

Сверхдолгосрочный географический прогноз — научная разработка возможного состояния географической оболочки, ее части или отдельных компонентов во временных категориях геохронологической шкалы или этапов палеогеографического развития. По масштабу пространственного охвата могут быть выделены глобальные, региональные и локальные прогнозы.

Глобальный географический прогноз на основе палеогеографических реконструкций (**палеопрогноз**, по Э.Г. Коломыц, 2003) выполнялся рядом авторов на различные интервалы геологического будущего. Большая часть глобальных палеопрогнозных построений как бы предупреждает современное общество: в истории Земли существованию человечества отведено крайне мало времени, и о будущем людей и планеты необходимо задуматься уже сейчас. Рассмотрим некоторые прогнозные концепции.

М.И. Будыко (1977), анализируя тенденцию уменьшения кон-

центрации углекислого газа в атмосфере Земли и понижения солнечной радиации в критических широтах Северного полушария, пришел к выводу о полном и устойчивом оледенении через несколько сотен тысяч лет, что вызовет биологическую смерть на планете.

Согласно О.Г. Сорохтину (2007), в связи с бактериальным поглощением атмосферного азота на Земле будет происходить медленное похолодание климата, и через 250 млн лет средняя температура Земли может достигнуть 0°C. Через 400 млн лет средняя температура составит -5°C и все материки до умеренных широт и возвышенные участки континентов на экваторе будут во власти покровного оледенения. Через миллиард лет в будущем, по причине дегазации абиогенного кислорода из мантии, давление кислорода превысит 14 атм., приземные температуры будут около 110°C. В этих условиях жизнь на планете буквально «сгорит», наступит полная гибель биосферы. По О.Г. Сорохтину (2007), продолжительность существования жизни на Земле составит около 4,6 млрд лет (т.е. около 600 млн лет в будущем), а время существования человечества — меньше, чем всех других форм жизни, — менее 600 млн лет.

На основе фундаментальных и эволюционных принципов с помощью технологий компьютерной анимации учеными США, Великобритании и Канады был сконструирован животный мир, процветающий в новых экологических средах (Диксон, Адамс, 2003). Диксоном и Адамсом с коллегами рассматриваются картины будущего через 5, 100 и 200 млн лет. Они крайне гипотетичны, виртуалистичны и весьма уязвимы для критики. Тем не менее, приведем ниже в качестве примера взгляды этих авторов на глобальную эволюцию Земли как наиболее долгосрочно прогностические и оригинальные из предлагаемых сегодня.

Согласно их прогнозам, **через 5 млн лет положение континентов изменится незначительно, растения и животные будут приспосабливаться к условиям разгара ледниковой эпохи.** Большая часть Северной Америки и Северной Европы будет покрыта льдом. Свободными от ледников останутся засушливая Североамериканская пустыня и бескрайняя тундра Северной Европы. Африка, Азия и Европа сближаются, уровень Мирового океана значительно снижается. В Южной Америке место исчезнувших амазонских дождевых лесов заняли сухие степи. Вскоре ледниковый покров, вследствие повышения вулканической активности и потепления,

деградировал. Отступившие ледники обнажили в Северном полушарии ландшафт, сильно расчлененный эрозией и усыпанный крупными валунами. Многие животные, приспособившись к условиям холодного климата, не перенесли потепления. В наставшее новое благоприятное для жизни время появились совершенно новые флора и фауна.

Спустя 100 млн лет после окончания человеческой эпохи, в связи с потеплением и таянием ледников, уровень океана поднялся на 100 м. Значительные участки бывших материков заняли мелководные моря. Произошли изменения положения континентов: Австралия двигалась на север, часть Африки (восточнее рифтовой системы) перемещалась на восток; в результате столкновения этих континентов с Южной и Юго-восточной оконечностью Азии, Бенгальский залив отделился от Мирового океана. Образовалось обширное солончатое Бенгальское болото, где в условиях жаркого влажного климата процветала пышная растительность, обитали гигантские травоядные существа и удивительные водные хищники (рис. 3.2.16, 3.2.17). Антарктида переместилась в умеренные зоны, ее климат стал мягче, территория покрылась тропическими лесами, новыми видами растений, насекомых и птиц. Благоприятный для жизни период закончился из-за резкого усиления вулканической активности: черные облака пыли затянули небо, дожди стали кислотными, свет Солнца не достигал земной поверхности. Планета в очередной раз испытала биологический катаклизм — массовое вымирание.

Через 200 млн лет после человеческой эпохи, или спустя 100 млн лет после массового вымирания, лик Земли стал практически неузнаваем. Континенты собрались в Северном полушарии, образовав гигантский суперматерик Пангею-2 (Пангея-1 была в позднем палеозое — раннем мезозое) и глобальный океан. В центре Пангеи-2 располагается практически безжизненная Центральная пустыня, до которой ветра не в силах донести атмосферные осадки. Температура воздуха здесь колеблется от $+50^{\circ}\text{C}$ летом до -30°C зимой. Южное и юго-восточное побережье занято длинной цепью вулканических гор, играющих роль орографического барьера для проникновения воздушных масс с океана. На северо-западном берегу Пангеи-2 преград для атмосферной циркуляции нет, вдоль береговой линии разросся обширный лесной массив, полный жизни. В глобальном океане эволюционные процессы создали новый вид рыб, способных к полету (рис. 3.2.18).

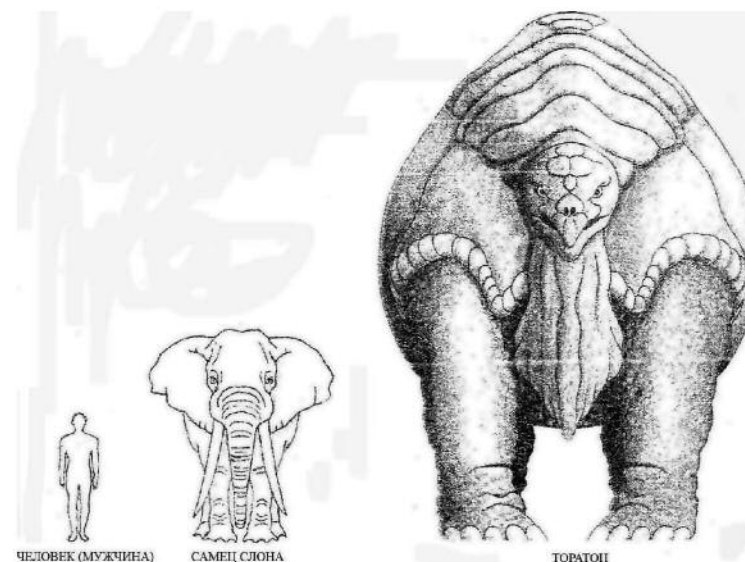


Рис. 3.2.16. Гигантская рептилия будущего (?) — торатор (Диксон, Адамс, 2003). Гипотетическое самое крупное животное из всех, когда-либо бродивших по Земле. Рост в холке достигает 7 м, вес в 24 раза больше, чем у слона

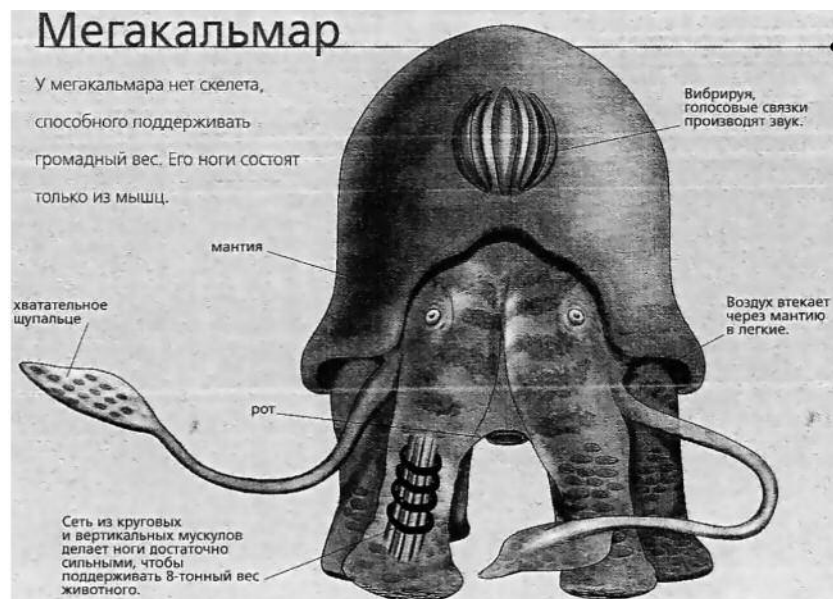


Рис. 3.2.17. Мегакальмар — гипотетический обитатель заболоченных территорий через 200 млн лет (Диксон, Адамс, 2003), достигает 7 м, вес в 24 раза больше слоновьего

Самое страшное — в охарактеризованном прогнозом глобальном сценарии абсолютно не находится места человеку (человечеству) — его существование на планете авторы ограничивают несколькими тысячами лет и далее убирают с лица Земли как не сумевшего преодолеть возникшие перед ним глобальные проблемы.

Обратимся к менее долгосрочным, но более реалистичным прогнозным оценкам специалистов: географов, геоэкологов и др.

Глобальному и региональному географическому прогнозу посвящено относительно небольшое количество исследований (Географический прогноз, 1986). Целью региональных прогнозов является моделирование природной ситуации какой-либо территории с целью оптимизации ее хозяйственного использования и предотвращения негативных эффектов, которые могут проявиться в будущем как реакция на современные изменения географической среды. Кроме того, палеопрогноз позволяет разработать научно обоснованную стратегию развития таких важнейших отраслей экономики, как лесное хозяйство, растениеводство, животноводство, рыболовство и другие.



Рис. 3.2.18. Гипотетическая летающая рыба (200 млн лет) (Диксон, Адамс, 2003)

С целью региональной палеопрогнозной ландшафтно-экологической оценки на территорию основного водосбора Волжского бассейна Э.Г. Коломыц (2003, 2005) проанализировал их палеогеографические аналоги и выявил основные грядущие изменения характера растительности и почв на исследуемой территории. Палеопрогнозная концепция рассматривает объекты в различных временных интервалах: во-первых, будущие функциональные состояния гео- и экосистем в течение ближайших нескольких десятков лет; во-вторых, структурные состояния систем территории нескольких десятков тысяч лет геологического прошлого. Рассматриваемую таким образом грядущую ландшафтно-экологическую модель можно рассматривать как открытую самоорганизующуюся систему.

Рассматривая три основных прогнозных срока (2010, 2030 и 2050 г.), Э.Г. Коломыц приходит к выводу о преобладании на территории Волжского водосбора термоаридного биоклиматического тренда, в результате чего все основные зональные и подзональные границы геосистем будут смещаться к северу с соответствующей трансформацией почвенно-растительных формаций. Объектами-доминантами и субдоминантами будут являться исключительно

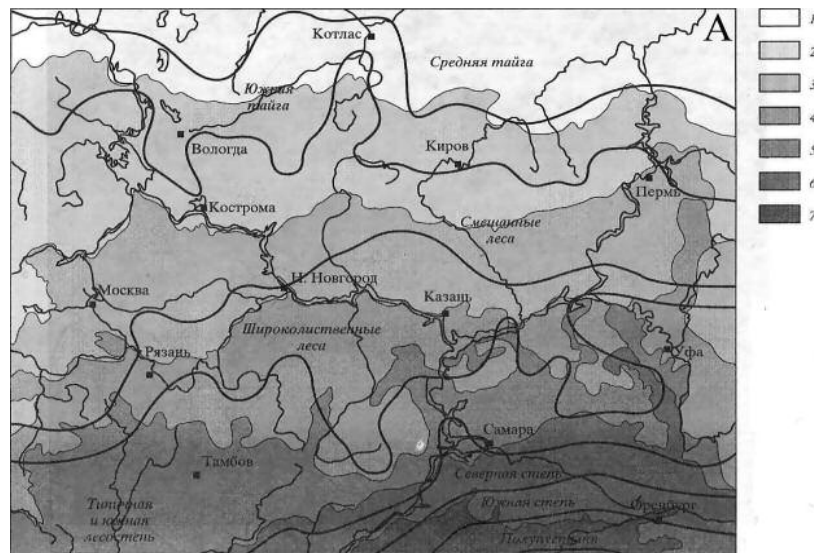


Рис. 3.2.19 а. Прогноз изменения ландшафтно-зональной структуры территории Волжского бассейна и его окружения на сроки 2010 г. (А), 2030 г. (Б), и 2050 г. (В) (Коломыц, 2003). Современные ареалы природных зон и подзон: 1 — средняя тайга; 2 — южная тайга; 3 — смешанные леса; 4 — широколиственные леса; 5 — типичная и южная лесостепь; 6 — северная степь; 7 — южная (сухая) степь

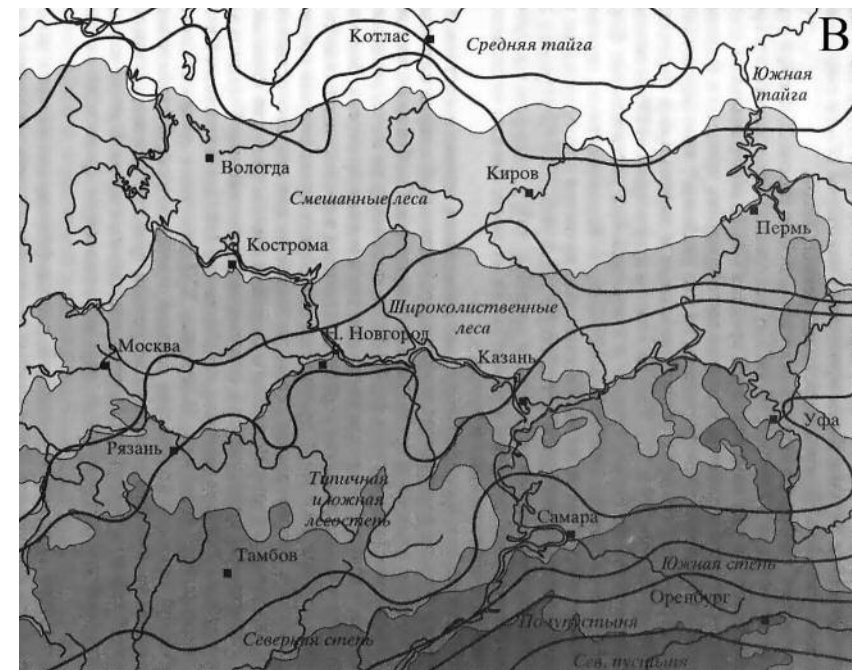


Рис. 3.2.19 в

суббореальные природные комплексы — типичная и южная лесостепь и северная степь. Большинство зональных ландшафтных систем будут изменяться согласно их функционально-структурному облику. Динамика современных и будущих ландшафтно-экологических ситуаций лучшим образом коррелируется с палеогеографическими обстановками оптимума голоцена и микулинского межледниковья, которые можно рассматривать в качестве палеоаналогов. Серия палеогеографических и палеопрогнозных карт позволяет оценить динамику природных комплексов территории (рис. 3.2.19 а, б, в).

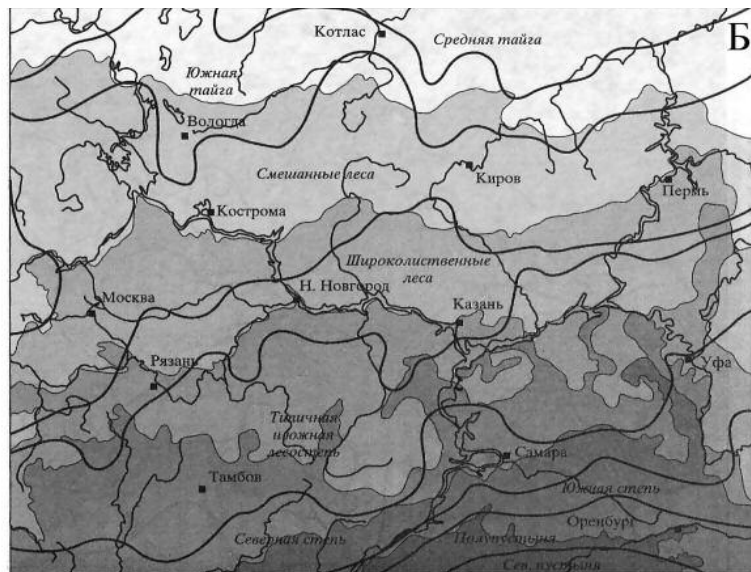


Рис. 3.2.19 б

Глава 4

ИЗУЧЕНИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРОШЛОГО

Историю планеты и последовательность тех или иных событий человек познает по документам геологической летописи — минералам и окаменелостям, слагающим горные породы (подробно см. в: Габдуллин, Ильин, Иванов, 2005). Однако *основными историко-геологическими документами*, по которым реконструируется геологическая история развития региона или Земли в целом, являются не *горные породы*, а *геологические тела* с содержащимися в них органическими остатками (или без таковых). *Геологическое тело* — четко ограниченная часть земной коры, состоящая из одной или ряда горных пород близкого возраста и связанных общностью происхождения, т.е. отвечающих определенному этапу развития. Примеры таких тел: секвенции, свиты, крупные литологические тела — гигантские конкреции и др.

Справка: Пласт (или слой) — геологическое тело, сложенное однородной породой, ограниченное двумя более или менее параллельными поверхностями напластования, имеющее одинаковую мощность и занимающее значительную площадь. Обычно название пластам или слоям дают в зависимости от слагающих их пород.

Свита — основная единица местной шкалы, представляет собой толщу пород, образованных в определенной физико-географической обстановке и занимающих установленное стратиграфическое положение в разрезе. Она может состоять из однородных пород, или из переслаивания их нескольких типов. Главные особенности свиты — четкая выраженность границ и соответствие ее особенностям этапу геологического развития района. Возрастной объем свиты может изменяться от места к месту. На геологической карте площадь развития свиты закрашивается оттенками цвета системы, к которой она относится по возрасту. Индексы образуются путем прибавления к индексу отдела начальной латинской буквы названия свиты. Свое название свита получает по географическому местонахождению стратотипа.

Секвенции — это региональные стратиграфические единицы, которые охватывают весь бассейн седиментации или его части. Они отчетливо фиксируются

в краевых участках осадочных бассейнов и с трудом различимы в его центральных, относительно глубоководных частях. Термин «секвенция» изначально означал относительно согласную последовательность генетически взаимосвязанных слоев, ограниченных несогласиями или коррелятивно связанными с ними согласными поверхностями.

При реконструкции истории Земли в глобальном масштабе необходимы инструменты для сравнения (корреляции) удаленных геологических разрезов между собой. Одним из таких инструментов можно считать маркирующие горизонты.

Маркирующий горизонт — широко распространенные и развитые на определенном стратиграфическом уровне маломощные отложения (пачка, пласт), выделяемые на основании характерных особенностей слагающих пород, наличия остатков определенных организмов (как характерных признаков породы) или других особенностей, заметно отличающих данный горизонт от подстилающих и перекрывающих отложений. Как правило, этот горизонт несет следы геологических событий, и чем они масштабнее, тем лучше они опознаются. Примеры таких горизонтов: прослой углей, осадки бескислородных событий (см. ниже), гигантские конкреции, морены и др. Многие из них — следы природных катастроф геологического прошлого, например падения метеорита в конце мезозойской эры (иридиевая аномалия) или извержения супервулкана Тоба (прослой вулканического пепла), цунами 24 декабря 2004 (шеvronные дюны) и др. (см. раздел 2.2).

В аптских (нижнемеловых) глинах Восточно-Европейской платформы (Русская равнина) часто встречаются желваки, стяжения мергеля неправильной или округлой формы. Это части огромной конкреции (рис. 4.1), а точнее — конкреционного (геологического) тела, протянувшегося вдоль Волги от Ульяновска до Саратова. Ее длина составляет не менее 350 км. Рассеянные в глинах небольшие ее фрагменты можно сравнить с поясом астероидов (рис. 4.2), а саму конкрецию — с гигантским астероидом. Она содержит множество ископаемых перламутровых раковин головоногих моллюсков и другую фауну (рис. 4.3).

Конкреции — минеральные образования радиально-лучистого строения и округлой (шаровидной, сплюснутой, неправильно округленной) формы в осадочных горных породах, возникающие при диагенезе и резко отличающиеся от вмещающей породы составом и формой. В противоположность секрециям, разрас-

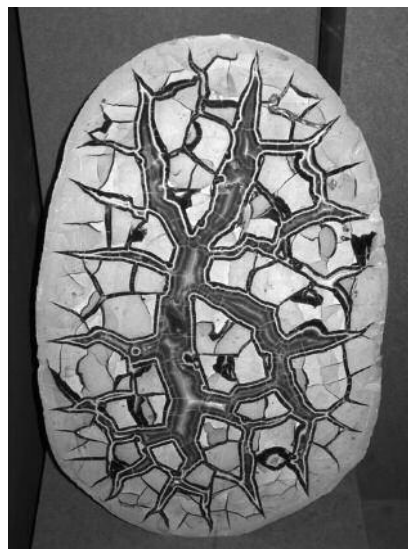


Рис. 4.1. Конкреция (септария)

таются вокруг какого-нибудь центра. В современных океанических осадках распространены конкреции оксидов железа и марганца, образующие рудные скопления. Экзотическая разновидность конкреций, характеризующаяся наличием многочисленных трещин усыхания внутри, носит название «септария».

Массовый замор морских организмов в геологической истории Земли происходил не раз и по разным причинам, но глобальным катастрофическим природным процессом можно считать океанические бескислородные события, часто имевшие место в поздне меловую эпоху, 135—

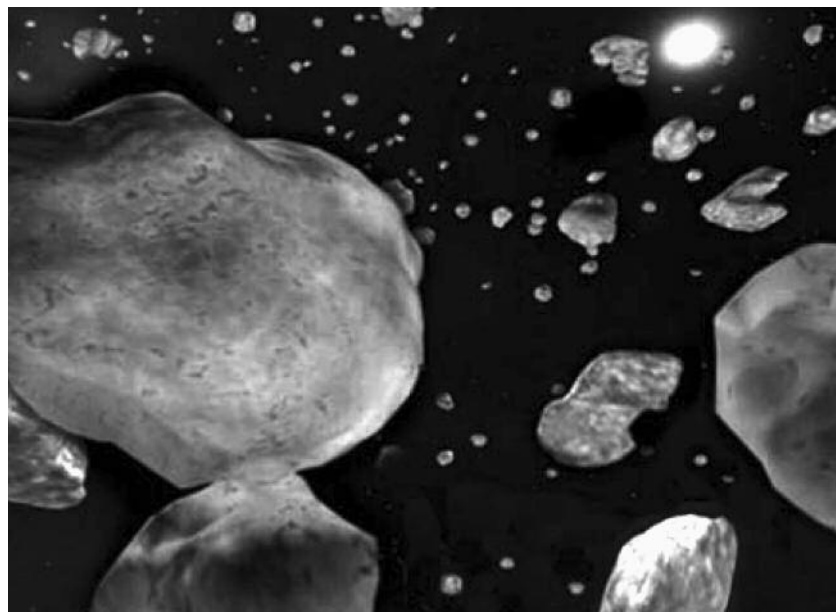
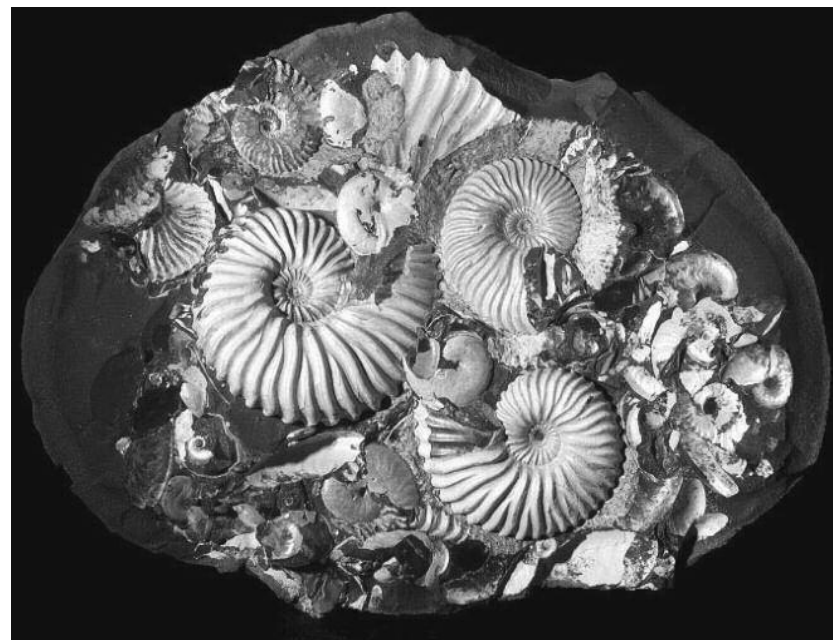


Рис. 4.2. Пояс Астероидов — скопление астероидов, находящееся между орбитами Марса и Юпитера, включающее около 400 000 астероидов

Рис. 4.3. Раковины аммонитов *Deshayesites cf. volgensis* и *Sinzovia trautsholdi* из аптской конкреции Поволжья (<http://bertinjc.free.fr/Aptien.htm>)

65 млн лет назад. Они происходили в гидросфере на всем земном шаре. В результате изменения уровня Мирового океана и по ряду других причин местами нарушалась циркуляция водных масс, возникали области с застойными водами, где в почти или полностью бескислородных условиях все живое гибло, но, не разлагаясь, захоранивалось в осадке. Мертвая плоть привлекала падальщиков и хищников, но они, как правило, задохнулись и гибли, увеличивая тем самым «мертвую биомассу». Воды насыщались сероводородом (H_2S), и господствовали восстановительные условия. Тем не менее, в такой обстановке, напоминающий ранний докембрий (см. раздел 2.5), живут археобактерии (или серобактерии), использующие сероводород в процессе жизнедеятельности (рис. 4.4). Углерод, содержащийся в живой материи, изымался из круговорота веществ и «консервировался», насыщая донные осадки. Со временем в результате трансформации осадка в горную породу получались нефтематеринские богатые органическим веществом (битуминозные) осадочные породы, например глины, горючие сланцы, мергели, известняки и др. (рис. 4.5).

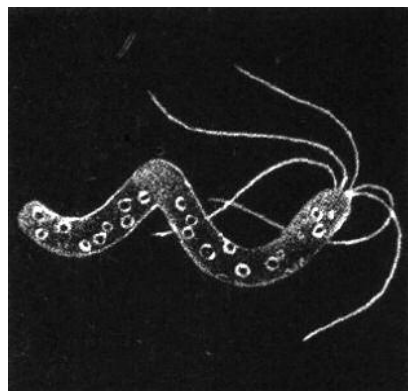


Рис. 4.4. Серобактерия

Справка: Процесс фотосинтеза описывается следующей химической реакцией:



В начале XX века считали, что кислород, образующийся в процессе фотосинтеза, вырабатывается в результате расщепления углекислого газа.

В 1930-х годах Корнелис Бернардус Ван Ниль (Van Niel, 1897–1986), тогда аспирант Стэнфордского университета (Калифорния, США), занимался изучением пурпурной серобактерии.

Последняя для процесса фотосинтеза нуждается в сероводороде (H_2S) и выделяет в качестве побочного продукта жизнедеятельности атомарную серу. Для таких бактерий реакция фотосинтеза выглядит так:



Исходя из сходства этих двух процессов, Ван Ниль предположил, что при обычном фотосинтезе источником кислорода является не углекислый газ, а вода, поскольку у серобактерий, в метаболизме которых вместо кислорода участвует сера, фотосинтез возвращает эту серу, являющуюся побочным продуктом реакций фотосинтеза. Современное подробное объяснение фотосинтеза подтверждает эту теорию: первой стадией процесса фотосинтеза является расщепление молекулы воды (*elementy.ru*).

В какой-то степени маленьким современным примером такого явления можно считать Черное море, в котором ниже глубины 150–200 м жизни нет, а воды заражены сероводородом. Собственно говоря, одна из гипотез, объясняющая происхождение названия моря, заключается в том, что металлические предметы, опущенные в воду моря глубже 150 м на продолжительное время, покрывались налетом черного цвета благодаря действию сероводорода.

В ископаемом состоянии осадки сероводородных бассейнов часто содержат пирит (рис. 4.6) — сульфид железа, разлагающиеся при окислении. Часто им замещены многие окаменелости, которые сравнительно быстро покрываются серым налетом, а затем разрушаются.

Следы тех или иных геологических событий находят свое отражение в характерных поверхностях, возникающих на границах слоев.



Рис. 4.5. Битуминовые мергели позднего апта (ОАЕ-1). Кепшинское лесничество. Окрестности г. Адлер. Краснодарский край. Северо-Западный Кавказ. Южный федеральный округ. Район стройки инфраструктуры олимпиады 2014 г.

Например, длительные перерывы в осадконакоплении, которые потом завершаются затоплением территории — это поверхности типа «хард-граунд» (т.е. твердое дно), конгломераты и трансгрессивные поверхности в основании геологических тел (рис. 4.7).

Пирит (греч. буквально — камень, высекающий огонь), серный колчедан, железный колчедан — минерал, сульфид железа химического состава FeS_2 (46,6% Fe, 53,4% S). Нередки примеси Co, Ni, As, Cu, Au, Se и других веществ.

Под действием процессов выветривания происходит разрушение ранее накопившихся пород. Например, выщелачивание карбонатных массивов, или

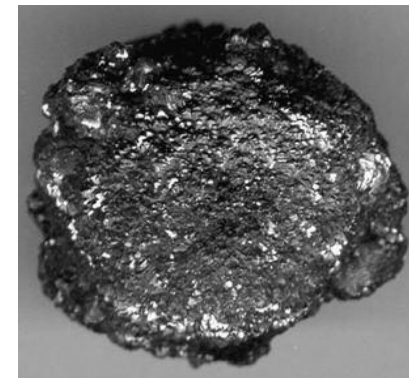


Рис. 4.6. Конкреция пирита



Рис. 4.7. Окремнелый хард-граунд в кровле *перхуровских известняков* на границе *юрских* и *каменноугольных* отложений: трансгрессивная поверхность, граница секвенций. Скв. Филикровля-2 (Москва), гл. 19,8 м

карст. Растворенная часть породы выносится подземными потоками, а в массиве возникают каверны, полости и пещеры (рис. 4.8). Такое явление характерно для Московской, Нижегородской областей и целого ряда других районов.

Пустоты могут оставаться незаполненными (рис. 4.9) или с течением времени заполняться более молодыми осадками. Это приводит к утеканию (вертикальной миграции) вылежащих грунтов (осадков, пород) в нижележащие закарстованные горизонты (рис. 4.10), т.е. суффозии — появлению на поверхности провалов, проседаний, вызванных карстово-суффозионными процессами (рис. 4.11, 4.12).

Очевидно, что карстово-суффозионные процессы представляют серьезную опасность для человечества. **Многие из них происходят сравнительно быстро и приводят к человеческим жертвам, как, например, провал в столице Гватемалы (рис. 4.13). Частые провалы в мегаполисах имеют *социоприродную* причину: постоянные утечки из водонесущих коммуникаций во много раз ускоряют *природный* процесс карстования и суффозии.**



Рис. 4.8. Каверны и каналы выщелачивания по биокластам в доломитах *верхнешуровской подсыты* подольского горизонта московского яруса: мелководно-морские образования. Скв. Филикровля-1, гл. 71 м

Многократные оледенения и следующие за ними межледниковые интервалы оставляют в геологической истории Земли соответствующие им уровни пород (грунтов). Например, в разрезе Подмосковья ледниковые отложения — это моренные суглинки и супеси (рис. 4.14), а разделяющие их межледниковые осадки — это в основном пески (рис. 4.15).

Справка: В связи с активизацией в 60–70-х годах провалов и неравномерных оседаний земной поверхности на северо-западе Москвы в районе Хорошевского шоссе изучение карстово-суффозионных провалов стало чрезвычайно актуальным. Здесь на площади, не превышающей 1,7% городской территории, сосредоточены все достоверно известные карстовые провалы — 42 провальные воронки, 13 из которых детально изучены. Одни провалы образовались под фундаментами жилых домов (Хорошевское шоссе, Новохорошевский проезд), другие появились на проезжей части дорог (ул. Куусинена, 1973 и 2008 гг., проспект Маршала Жукова, 1996 г.) или вблизи жилых домов и промышленных сооружений.

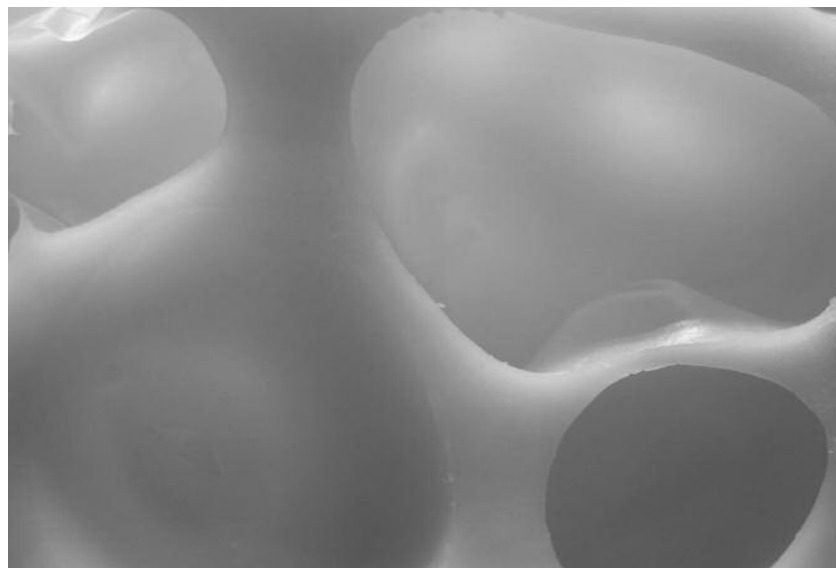


Рис. 4.9. Закарстованный массив породы можно по строению сравнить с сыром

Поперечники воронок варьируют от первых метров до 40 м, глубина — от 1,5 м до 8,0 м. В 1969 г. на Хорошевском шоссе в результате провалов земной поверхности разрушился 5-тиэтажный жилой дом постройки 1950-х годов. Характерной особенностью участка, на котором образовались две провальные воронки диаметром около 10 м и глубиной 17 м, является то, что подобные проявления процессов, происходящих на глубине, сосредоточены группами, по 2–3 на расстоянии 30–40 м друг от друга, и в момент образования они имеют форму колодцев с отвесными стенками. В 40–50 м севернее разрушенного дома находится станция метро «Полежаевская», где была обнаружена воронка, которая до глубины 23 м заполнена техногенными грунтами.



Рис. 4.10. Суффозию можно сравнить с песочными часами

В апреле 1977 г. в Новохорошевском проезде в 100 м от ТЭЦ-16 в результате образования воронки были разрушены два жилых дома (№ 3 и № 4), а третий (дом №5 корп. 2) — сильно поврежден.

8 мая 1987 г. на ул. Маршала Тухачевского у дома № 17 появился провал. Он представлял



Рис. 4.11. Карстово-суффозионный провал грунта 15 мая 2008 г. по адресу: г. Москва, СЗАО, ул. Куусинена, 19

собой воронкообразное углубление с рваными краями, с понором в центре. Диаметр провальной воронки 15 м, глубина около 2 м. Дом повреждений не получил, так как он имеет противокарстовую защиту — сплошную железобетонную плиту (Геология и город, 1997).

Оледенение — это следствие *глобальных перемен климата*. Однако с появлением человека, активно изменяющего ландшафт и климат, оледенение становится *социоприродным процессом*. Согласно климатической модели, положенной в основу фильма «Послезавтра», глобальное потепление в итоге может вызвать глобальное похолодание и инициировать новый ледниковый период — Так же, как и извержение супервулкана Тоба на Суматре 74000 лет назад впоследствии привело к оледенению (см. раздел 5.1). Современные наблюдения показывают, что Гольфстрим ослабевает, в полярных областях ледники тают, а океанические воды нагреваются, т.е. климатические перемены пока развиваются согласно



Рис. 4.12. В апреле 1977 г. в Новохорошевском проезде в 100 м от ТЭЦ-16 в результате образования воронки были разрушены два жилых дома, а третий — сильно поврежден (Геология и город, 1997)

предложенной модели. Последний раз полная остановка этого течения была в конце ледникового периода 12 тысяч лет назад. Возможно, что оно замедлилось в период так называемого малого ледникового периода (в XV–XIX вв.), когда средние температуры в Европе были заметно ниже, а в Лондоне зимой периодически



Рис. 4.13. Суффозионо-карстовый провал в Гватемале диаметром около 30 и глубиной более 150 м



Рис. 4.14. Твердые суглинки и супеси московского оледенения. Москва, Чертановская ул., 59а. Сквжина 3. Глубина 4,5 м

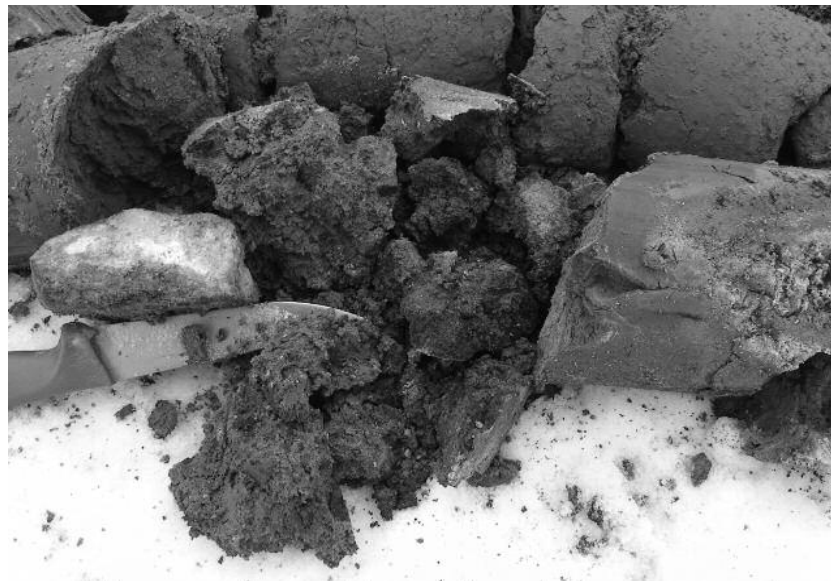


Рис. 4.15. Флювиогляциальные (межморенные) пылеватые и мелкие пески с галькой донского-московского интергляциала. Москва, Чертановская ул., 59а. Скважина 1. Глубина 11,0–13,0 м

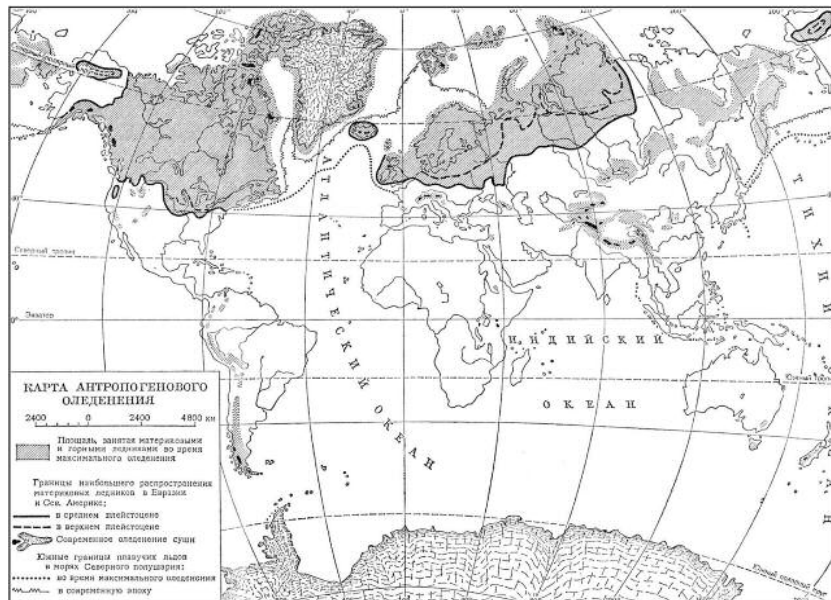


Рис. 4.16. Карта оледенения четвертичного периода (www.cultinfo.ru)



Рис. 4.17. Тундростепь Сибири в эпоху последнего оледенения (dic.academic.ru)

замерзала Темза. Тогда вполне возможно, что человечество скоро вступит в новый ледниковый период, сопоставимый по своим масштабам и характеристике с предыдущими оледенениями четвертичного периода (рис. 4.16, 4.17).

Глава 5

ГЛОБАЛЬНЫЕ КРИЗИСЫ

5.1. Глобальные природные катастрофы и вымирания

Масштабы и механизмы глобальных кризисов геологического прошлого Земли возможно оценить в сравнении с современными природными катаклизмами.

Аномально засушливое лето 2010 года в центральной России объясняют по-разному. С одной стороны, это может быть следствием чисто *глобального природного и даже внеземного процесса* — циклов солнечной активности (см. раздел 2.2). Вместе с тем и глобальное потепление, фактически происходящее на планете, имеет как *природную*, так и *антропогенную* компоненты. В частности, ученые, придерживающиеся взглядов о ключевой роли природы в потеплении, апеллируют к климатическим циклам, которые всегда существовали в геологической истории Земли, а также к тому, что мы сейчас живем в переходное время (от оледенения к потеплению). С другой стороны, доказана негативная роль промышленных выбросов в атмосферу, приводящих к постоянному росту содержания углекислого газа и понижению концентрации кислорода. В итоге, глобальное потепление следует рассматривать как *социо-природный процесс*.

Засуха в центральных районах России привела к обширнейшим лесным пожарам, которые имеют в меньшей степени природу самовозгорания (сухая трава, торфяники) и в большей степени связаны с халатным обращением с огнем в лесу. Все новые и новые очаги пожаров еще больше иссушают землю, провоцируя дальнейшее самовозгорание высохшей растительности. Таким образом, лесные пожары можно тоже считать *социо-природным процессом* (рис. 5.1.1). Если учесть, что в безлюдных районах Сибири ежегодно выгорают сотни гектаров тайги, а лесные пожары в последние годы часто случаются на западе Европы и Северной Америки, в Австралии, то в определенной степени это *глобальный процесс*.



Рис. 5.1.1. Пожары в Центральной России

Справка: За «самовозгорание» часто принято считать возгорание без участия человека. Но ведь множество осколков разбитых стеклянных бутылок, разбросанных по земле человеком, работают как линзы, вызывая пожары.

Многие из современных *природных* и *социо-природных* катастроф на взгляд человека очень драматичны по своим масштабам, но они в большинстве своем ничтожны, если их сравнить с катастрофами геологической земной истории.

Одним из самых драматичных моментов в истории Земли справедливо считают конец палеозойской эры, когда произошло самое масштабное массовое вымирание. Этот *глобальный природный процесс* общепланетарного масштаба был инициирован тектоно-магматической активностью в Восточной Сибири. Из-за одного лишь крупного очага вскоре весь лик нашей планеты значительно преобразился. Для правильной оценки всего масштаба произошедших тогда событий проанализируем последствия извержения вулкана в Исландии (рис. 5.1.2 а).

Примером *глобального вулканического процесса* можно считать последние извержения вулкана Эйяфьятлайокудль (Eyjafjallajökull), который находится на юге страны, в 200 километрах к востоку от ее столицы. Он начал извергаться в ночь на 14 апреля 2010 года. В атмосферу выброшено большое количество вулканического пепла,



Рис. 5.1.2 а. Облака дыма поднимаются высоко в атмосферу. 14 апреля недалеко от Рейкьявика (фото с самолета, AFP/Getty Images, <http://bigpicture.ru/?p=48683>)

облако которого накрыло почти весь север Европы. Частицы пепла, рассеянные на большой высоте, представляют реальную угрозу для турбин пассажирских самолетов. Это привело к парализации авиасообщения и закрытию большинства аэропортов, что вызвало в апреле–мае 2010 года транспортный коллапс. Всего один вулкан изменил уклад жизни почти половины Европы, а из-за отмены «стыковочных» авиарейсов, в итоге, эти проблемы по цепочке распространились и на другие материки (рис. 5.1.2 б).

Справка: На острове Суматра в Индонезии около 74000 лет назад произошло извержение супервулкана Тоба. Оно сопровождалось сходом пирокластического потока (облако смеси раскаленного пепла, газа, пыли, расплавленных пород) со скоростью около 120 км в час и температурой 500 градусов. В атмосферу поступило огромное количество пепла (около 1500 млн км³) и газов CO, CO₂, SO₂, H₂S, которые достигли стратосферы. Пепел, рассеянный над всей планетой вызвал глобальное затемнение и инициировал ледниковый период, а смешения газов с парами воды привело к сернокислым дождям. Серная кислота, падающая с неба, проникала в водоносные горизонты, делая воду непригодной для питья. В стратосфере частично кристаллизовалась сера, отражая солнечный свет. Вулканический пепел и газы распространились по всей планете в течение суток. Пепел выпал и покрыл всю поверхность в виде маркирующего горизонта

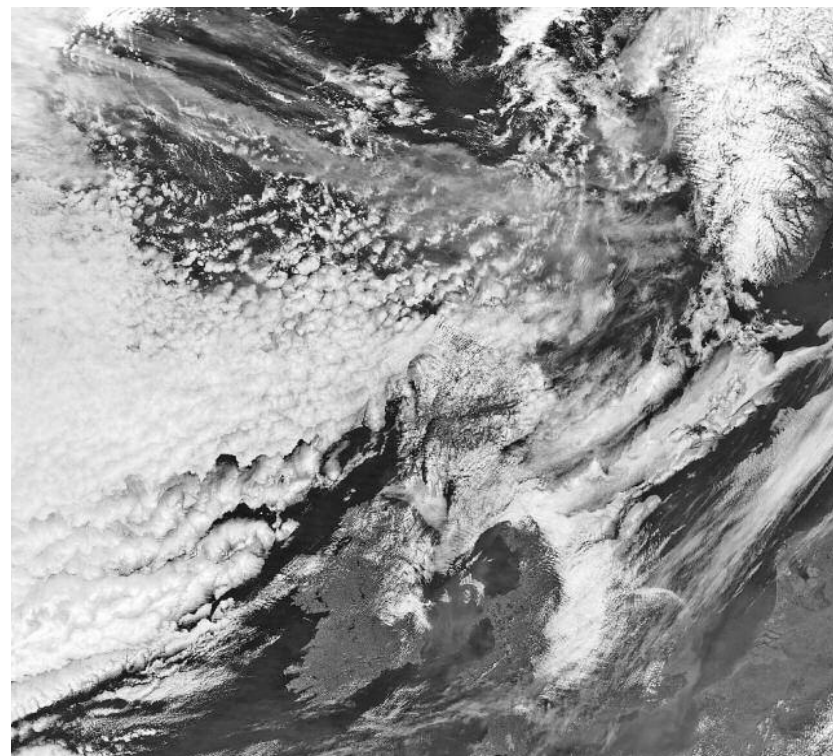


Рис. 5.1.2 б. Спутниковый снимок шлейфа пепла, тянущегося от Исландии (наверху слева) к Великобритании (фото AP Photo/NEODAAS/University of Dundee, <http://bigpicture.ru/?p=48683>)

по всему земному шару. Как предполагается, наступила вулканическая зима длительностью 5 лет, а затем оледенение. Атмосфера очистилась полностью только через 5000 лет.

Это, во-первых, демонстрирует недостатки глобализационных процессов (единое воздушное транспортное пространство как часть единой всемирной транспортной системы) и, во-вторых, лишний раз доказывает, что, несмотря на всю мощь оказываемого антропогенного давления, человечество в большинстве случаев не в силах противостоять натиску природы. Помимо самого облака пепла вулкан вызвал захват лавовыми потоками обширных площадей земли (изъятие их из сельскохозяйственного и строительного оборота, рис. 5.1.3), пожары, таяние ледников, сход селевых потоков, оползни, наводнение (рис. 5.1.4) и в огромной степени негативно повлиял



Рис. 5.1.3. Вулканологи у фронта движущегося потока лавы вулкана Эйяфьятлайокудль 27 марта 2010 г. (HALLDOR KOLBEINS/AFP/Getty Images, <http://bigpicture.ru/?p=48683>)



Рис. 5.1.4. Вулканическая активность разогрела ледники, вызвав их таяние, что в итоге привело к образованию селевых потоков, выходу рек из их русел и, наконец, к наводнению (Фото REUTERS/Icelandic Coast Guard/Arni Saeberg, <http://bigpicture.ru/?p=48683>)

на экономику Исландии. Оценки прямого и косвенного ущерба в настоящее время уточняются.

Пермский период (299–251 млн лет назад). К его концу вымерло более 200 (60–80% появившихся в начале палеозойской эры) семейств живых организмов и до 80–90% видов животных и растений. Самые драматичные события произошли в морях и океанах, где из 250 тысяч осталось только около 10 тысяч видов. В воде вымерло 95%, а на суше — 70% видов организмов. Вымирание динозавров и других существ в конце мезозоя было в три раза слабее. Существует множество гипотез, объясняющих причины этого вымирания, приведем их обобщенный вариант.

Во второй половине пермского периода $\frac{2}{3}$ площади супер-континента Пангеи, объединявшего тогда все материки, оказываются под властью засухи. В Восточной Сибири из гигантских глубоких трещин на поверхность земли выливаются миллионы кубических километров базальтовой лавы, которая течет по равнинам и низменностям, выжигая все вокруг (рис. 5.1.5).

Справка: Массовое вымирание — это относительно кратковременное и в масштабе геологического времени синхронное ступенчатое вымирание в ходе биотического кризиса большого числа таксонов организмов, принадлежащих различным систематическим и экологическим группам, что приводит к временному глобальному снижению таксономического разнообразия биосферы (А.С. Алексеев, 1989).

Лавы заливают до $\frac{2}{3}$ площади Восточной Сибири, формируя многослойные базальтовые плато (рис. 5.1.6 а, б, в).

Справка: конец пермского периода ознаменовался беспрецедентным по своим масштабам массовым вымиранием, которое, по словам Л. Ван Валена (Van Valen, 1984), «сдвинуло часы эволюции». В это время исчезло суммарно около половины семейств и свыше 80% родов морских животных. Перестали существовать почти все типично палеозойские группы животных: табуляты, четырехлучевые кораллы, трилобиты, многие отряды брахиопод, мшанок и морских лилий, бластоидеи, фузулиниды и др. Считается, что это вымирание было растянутым во времени либо состоявшим из двух импульсов в конце гваделупского и в конце чансинского веков. Точное определение хода этого процесса во времени и его интенсивности затрудняется сложностями глобальной корреляции верхнепермских отложений. Начало триаса, прежде всего индский век, было временем крайне низкого таксономического разнообразия, массового развития



Рис. 5.1.5. Восточная Сибирь в конце пермского периода («Вокруг Света», №1 (2820), 2009)



Рис. 5.1.6 а (предоставлен Е.Ю. Барабошкиным, МГУ). Литифицированные (затвердевшие) языки (потoki) волнистых базальтовых лав

строматолитов, переносящего дизаэробные обстановки макробентоса и других устойчивых к стрессам групп организмов. Кораллы, палеозойские представители которых полностью вымерли в конце перми, вновь появляются в палеонтологической летописи только в начале среднего триаса, т.е. спустя примерно 10 млн лет (А.С. Алексеев, 1998).

Жар отсюда постепенно распространяется на все большие расстояния, высушивая реки и испаряя горизонты подземных вод. К концу периода выливается до 2 млн км³ лавы, а всего изливается до 10 млн км³ лавы. Эти глубинные разломы появились в результате удара снизу гигантской капли магматического вещества, или плюма (рис. 5.1.7–8), которые и сегодня регулярно отрываются от внешнего ядра и за 5–10 млн лет достигают поверхности. Кроме механического разрушения верхних слоев земной коры, происходит их плавление снизу. По трещинам магма из недр земли выливается на поверхность.

В атмосферу Земли поступает огромный объем углекислого газа, переработать который в кислород растениям не под силу. Леса в эпицентре извержения выгорели первыми, много растительности выгорело из-за пожаров, стремительно распространяющихся во все стороны от эпицентра извержения, высохло из-за дефицита воды. При лесных пожарах в атмосферу поступают все новые и новые порции углекислого газа. Так, постепенно, начавшиеся в Сибири изменения распространяются на большие пространства суперматерика Пангеи. Магматические очаги разогревают нижележащие угольные пласты, что приводит к выбросу метана — парникового газа, в 25 раз более сильного, чем углекислый газ. Выпадают сернокислые дожди, выжигающие все живое.



Рис. 5.1.6 б (предоставлен Е.Ю. Барабошкиным, МГУ). Движущийся поток базальтовой лавы



Рис. 5.1.6 в. Базальты плато Пutorана (Восточная Сибирь), излившиеся почти мгновенно — всего за тысячу лет, достигают толщины 1,8 км («Вокруг Света», № 1 (2820), 2009)

пласты каменных углей до антрацитов. Мощность отложений тунгусской серии сильно варьирует: от 20–40 метров на сводах валов до 600 метров в осевых частях прогибов.

Помимо угля, одним из важнейших и стратегических полезных ископаемых этого региона является никель, одно из месторождений которого локализовано рядом с Норильском.

Испаряющаяся вода превращается в водяной пар — еще один парниковый газ. Теперь влага, необходимая на земле, висит в высокой атмосфере и не выпадает в виде дождей, она испаряется обратно, не достигнув горячей поверхности планеты. Застывшие базальтовые покровы черного цвета притягивают солнечный свет, усиливая нагрев.

Катастрофическое извержение происходит не через конические вулканические постройки, а просто из трещин в земле. Такое явление называют трапповым магматизмом — излиянием огромных масс

Справка: базальты трапповой формации Восточной Сибири в Тунгусской синеклизе образовались, возможно, в течение не более 8000 лет. Они покрыли до 7 млн квадратных километров суши. Из недр было выброшено 2–3 млн км³ вулканических материалов, включая миллионы гигатонн двуокиси углерода. Это привело к увеличению ее концентрации в атмосфере в 7–10 раз. Для сравнения: если человечество в течение 100 лет сожжет все имеющиеся запасы ископаемого топлива, то это повысит содержание углекислого газа в атмосфере в 2–3 раза («Вокруг Света», №1 (2820), 2009).

Вмещающими для базальтов породами являются толщи угленосной тунгусской серии.

По составу это песчаники различной степени зернистости, аргиллиты, алевролиты, гравелиты, редкие маломощные прослои конгломератов и

Внемасштабная модель геодинамики Земли

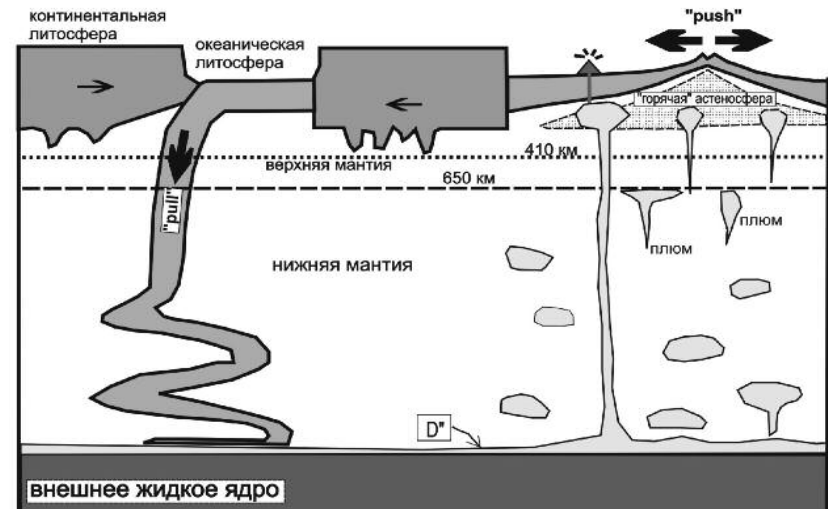


Рис. 5.1.7. Внемасштабная геодинамическая модель современной Земли. Рисунок А.М. Никишина (МГУ)

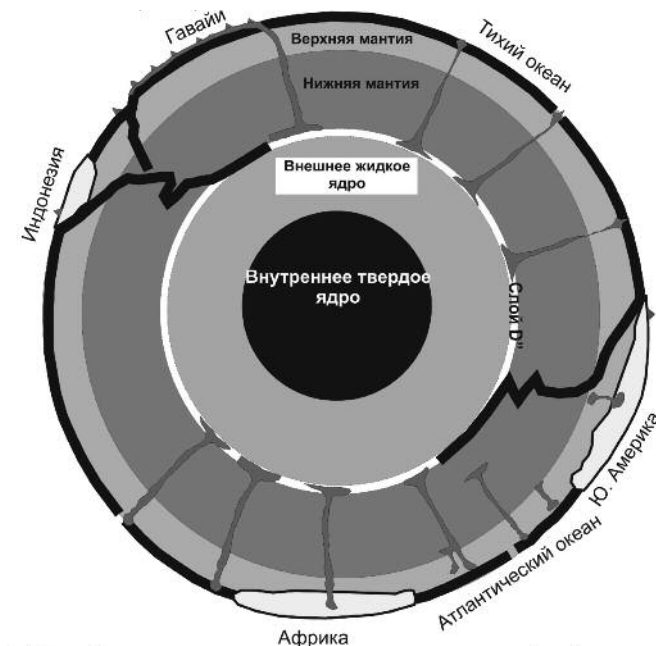


Рис. 5.1.8. Геодинамическая модель современной Земли. Рисунок А.М. Никишина (МГУ). Плумы отрываются от внешнего ядра

магмы, которые иногда в рельефе имеют ступенчатый облик и напоминают лестницу или трап. Базальтовые траппы будут формироваться здесь даже в триасовом периоде, постоянно разогревая климат планеты. Базальтовые равнины в современном рельефе выражены в виде Среднесибирского плоскогорья в районе рек Нижняя и Подкаменная Тунгуска, Курейка, Котуй, Анабар и Вилуй.

Глобальное потепление приводит к тому, что испарение воды начинает преобладать над ее выпадением. Все реже выпадает утренняя роса и становятся слабее дожди, многие крупные озера со стоячей водой начинают превращаться в соленосные лагуны. Вода испаряется, а растворенные в ней минералы выпадают в виде кристаллов на дне или торчащих из воды побегах растений. Пресная вода превращается в рассол, а всех водных живых существ ожидает мучительная смерть: они засаливаются заживо. Приходящим на водопой животным невозможно утолить жажду соленой водой, так как организм не в состоянии отделить такое большое количество соли от воды. Очень быстро нарушается нормальная работа почек. Соль убивает все полезные микроорганизмы в желудочно-кишечном тракте и начнет «засаливать» организм изнутри. Горячий рассол водоемов разъедает слизистую оболочку глаз, рта, а острые соляные кристаллы царапают кожу животных. Искушавшись в таком соляном бассейне, нет возможности затем смыть с себя соль. При высыхании соль начинает разъедать и стягивать кожу, где возникают незаживающие язвы, постоянно раздражаемые солью.

В морях и океанах к концу пермского периода полностью исчезли многие простейшие и кораллы, трилобиты, ракоскорпионы, ряд аммонитов и брахиопод, мшанки, морские бутоны и некоторые морские лилии, рыбы (акантоды) и много других существ, большая часть из которых могут существовать только в воде нормальной солености и не выносят перепадов температуры. В горных породах этого времени есть «горизонты смерти», которые многократно повторялись и чередовались со слоями без фауны или со слоями с небольшим количеством органических остатков.

Большинство ученых сходятся на том, что вымирание в конце палеозойской эры стало следствием целой цепочки взаимосвязанных событий и проходило в несколько этапов, растянувшись во времени.

Первая «смертоносная» волна. Начало пермского периода было относительно холодным, и морская вода была еще нормальной

солености. Медленное потепление инициировало таяние гондванских льдов и вливание огромного количества пресной воды в Мировой океан. Вода постепенно опреснялась, вызывая неминуемую смерть прикрепленных ко дну жителей, например кораллов или морских лилий. Подвижные формы жизни старались покинуть такие опасные места, однако не могли жить без «неподвижных» жителей, с которыми они связаны пищевыми цепями.

Вторая «смертоносная» волна. Постоянный прилив масс пресной воды вызывает не только опреснение, но и повышение уровня Мирового океана (до 200 метров!). Многие мелководные жители морей и океанов начали «тонуть», а прогреваемые солнцем мелководные прозрачные лагуны стали превращаться в глубокие зоны океана с более холодными и более темными водами. Вымирание началось с «неподвижных» членов экосистем, например с кораллов.

Третья и четвертые «смертоносные» волны. С середины периода воцаряется зной. Соленость морей и океанов начинает расти, возвращаясь к первоначальному уровню. Повышение солености стало третьей волной, а падение уровня Мирового океана из-за сокращения речного стока и активного испарения воды — четвертой.

Пятая, финальная «смертоносная» волна. Понижение уровня моря на 200 метров привело к разморозке запасов сжиженного метана на дне морей и океанов (или газогидратов). Газогидраты залегают на значительной глубине и погребены донными осадками. Разморозка такого своеобразного природного «холодильника» привела к катастрофическому выбросу четырех триллионов тонн метана в атмосферу. Армада маленьких и десятки крупных пузырей диаметром до нескольких сот метров ринулись ввысь, мгновенно в несколько раз усилив существовавший парниковый эффект и быстро подняв температуру на всей планете на несколько градусов! Метан не может быть переработан организмами, он распадается под воздействием ультрафиолетового излучения на составные части только в самых высших слоях атмосферы. Именно поэтому данный парниковый газ так опасен. Эта газовая атака сократила долю кислорода в воздухе до 16% (сейчас она равна 21%), значит, всем жителям Земли стало тяжелее дышать. В горах и на возвышенностях, где воздух разрежен, кислорода меньше всего. Теперь эта граница быстро опустилась вниз на сотни метров вниз, согнав всех жителей суши к низменностям береговой линии Пангеи.

Газогидраты инициировали глобальное потепление, вызвавшее нагрев атмосферы, гидросферы и литосферы. В итоге почти все существа суши и моря получили тепловой удар.

Вулканическая деятельность насытила атмосферу различными соединениями хлора и серы, что разрушило озоновый слой. Жесткое ультрафиолетовое излучение и сернокислые дожди выжигали растительность и животных. Нагрев планеты привел к тому, что все океанские течения остановились, вода стала терять кислород, «гнить». В застойных водах расплодились серобактерии, выделяющие сероводород, убивающий все организмы, дышащие кислородом. Смерть, пришедшая с континента в море, породила новый виток смерти на суше. На фоне этого апокалипсиса временно в больших количествах расплодились грибы и лишайники, более терпимые к таким экстремальным условиям.

«Бермудский треугольник». Глобальное общепланетарное потепление размораживает запасы газогидратов в Мексиканском заливе. Газогидраты объясняют феномен Бермудского треугольника (рис. 5.1.9). Внезапно всплывающие из-под воды крупные пузыри газа топят судно, которое мгновенно проваливается на десятки метров вниз (рис. 5.1.10). Если на судне или летательном средстве имеются источники открытого огня или тока, то может произойти взрыв или пожар, а экипаж рискует отравиться газом.

Справка: Вечная мерзлота Сибири при размораживании насытит атмосферу метаном, который может привести к быстрому (недели–месяцы), скачкообразному потеплению.

Небольшие самолеты и вертолеты обычно имеют двигатель карбюраторного типа, для работы которого необходима смесь из паров топлива и окружающего воздуха. Метан нарушает пропорцию рабочей смеси, глушит двигатель и вызывает пожар или взрыв при перезапуске двигателя.

Рассмотрев модель процессов, происходящих в этом районе Карибского моря, «вернемся» к обсуждению пермского вымирания.

Итоги пермского вымирания. «Докризисный» уровень биоразнообразия на планете восстановился только приблизительно через 60 млн лет, к середине–концу юрского периода (рис. 5.1.11). По сути, в начале мезозойской эры жизнь началась «с чистого листа». В новом опустошенном мире стали господствовать и активно эволюционировать рептилии, прекрасно приспособленные к жизни

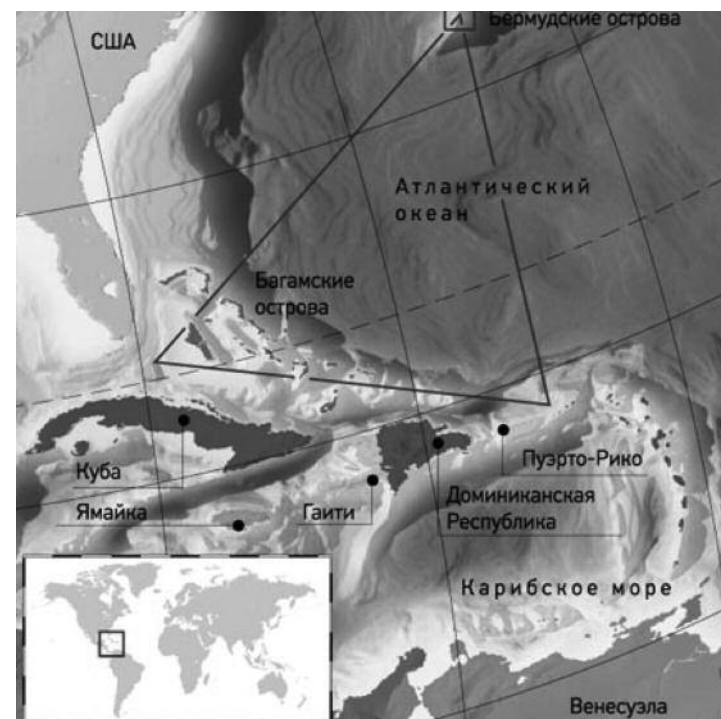


Рис. 5.1.9. Бермудский треугольник



Рис. 5.1.10. Он же

в засушливых пустынных условиях. Уже в триасе они освоили не только сушу, но и воздушную и водную стихии.

Справка: В какой-то степени по аналогичному сценарию развивалось массовое вымирание 377 млн лет назад, в позднем девоне. Тогда тоже в результате действия суперплюма вымерло около 70% организмов. Эпицентром стали траппы Вилуйской синеклизы на Сибирской платформе и ряд других областей. Океанские воды были перегреты и отравлены продуктами извержения, в том числе соединениями серебра, золота, ртути и др. Жители океанов погибли от теплового удара и отравления токсичными соединениями. Потепление привело к ослаблению и остановке океанических течений, застою воды. Жизнь в океане в основном осталась на бактериальном уровне. Как обычно, глобальное потепление быстро переросло в вулканическую зиму. Перемены климата вызывали изменения эвстатического уровня Мирового океана.

Проанализируем существующие на данный момент гипотезы *глобальных природных процессов*, объясняющих вымирание **динозавров и многих других организмов на рубеже мезозоя и кайнозоя 65 млн лет назад**. Как правило, все они реконструируют цепи взаимосвязанных событий, которые в итоге и привели к массовому вымиранию. Последние исследования (Алексеев, 1989) показали, что вымирание, с одной стороны, было растянуто во времени и вызвано целым рядом причин. С другой стороны, несколько катастрофических событий в конце мелового периода «добили» многих из оставшихся в живых. Вымерло около 50% биологических видов и семейств морских организмов.

Существует *гипотеза об изменении климата*, вызвавшем кардинальную перестройку во флоре и фауне, что в конечном итоге привело к исчезновению растений, которыми питались растительноядные динозавры. Новые растения не подходили им в пищу. С уменьшением численности растительноядных форм сокращалось количество хищных рептилий. Однако пока есть сведения о том, что растительный мир менялся сравнительно постепенно на протяжении мелового периода, а вслед за ним изменялись и растительноядные рептилии. Тем не менее ряд глобальных катастрофических процессов природного характера действительно имели место в конце мелового периода. Они, без сомнения, привели к изменению климата.

Есть *гипотеза о роли горообразования*, приведшего к изменению рельефа и сокращению площадей, занимаемых болотами, оазисами

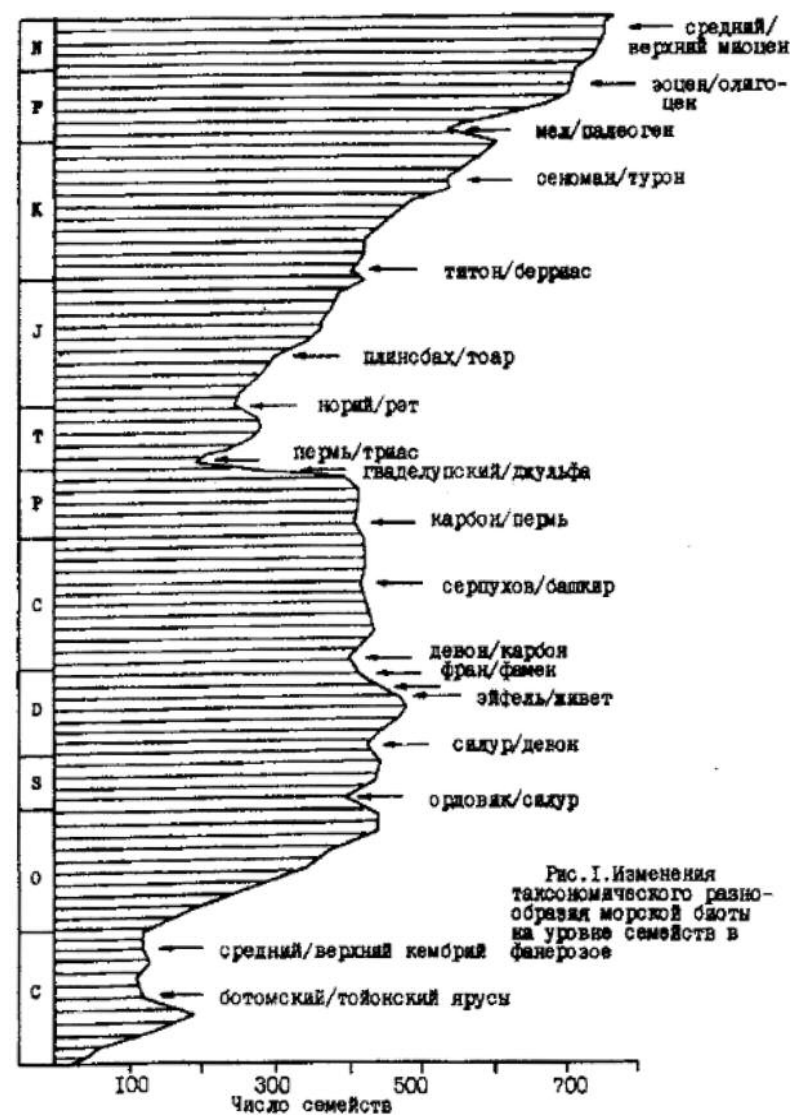


Рис. 5.1.11. График изменения численного (таксономического) разнообразия морской биоты на уровне семейств в фанерозое (Алексеев, 1989)

и лагунами — наиболее благоприятными местами для обитания рептилий (это могло привести лишь к сокращению численности динозавров, но не к их полному вымиранию). Действительно, в конце мелового периода произошла ларамийская фаза складчато-

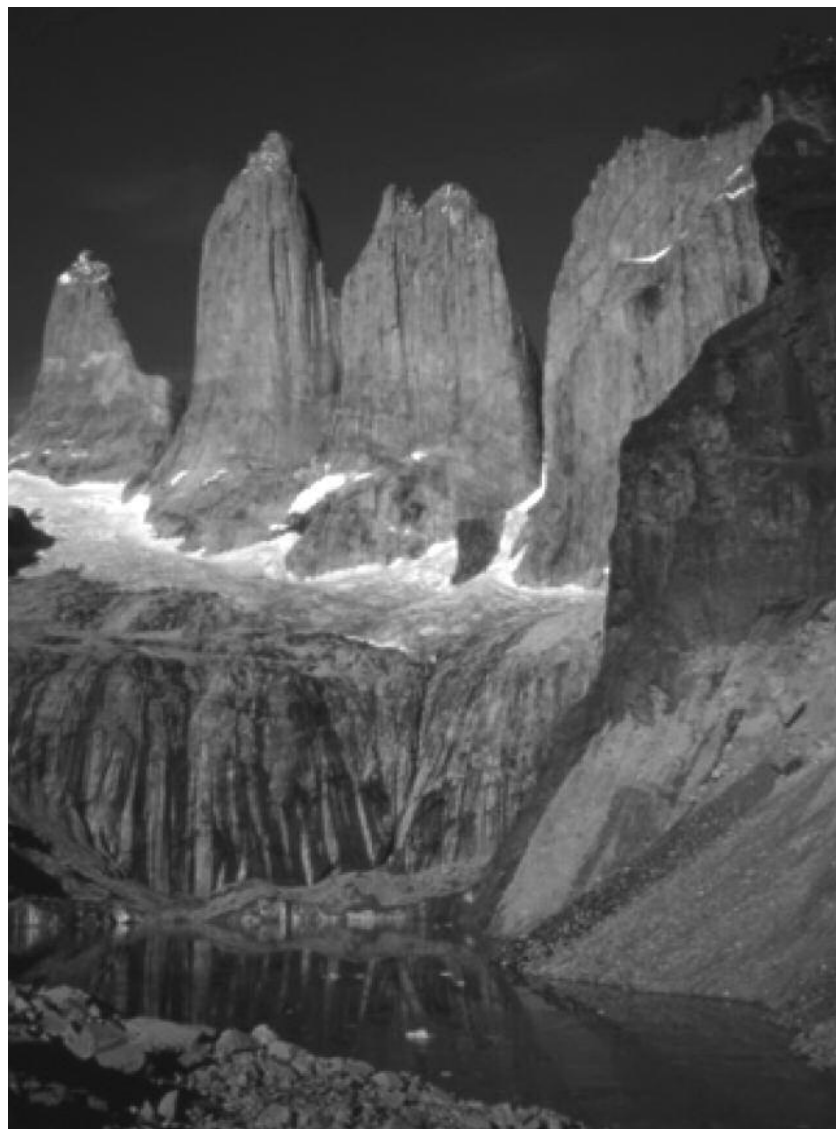


Рис. 5.1.12. Южноамериканские Анды сформировались в конце мезозойской эры

сти, в результате которой возникли Анды и многие другие горы (рис. 5.1.12). Формирование новых хребтов изменило направление ветров, места испарения воды и выпадения дождей, а очаги магматической активности, сопутствующие горообразованию, насы-

тили атмосферу парниковыми газами, разогрев планету. Ядовитые испарения вокруг вулканов убили множество живых существ.

Гипотеза о роли вулканической деятельности во многом аналогична изложенному выше сценарию, имевшему место в конце палеозойской эры в Восточной Сибири. Трапповый вулканизм нагорья Деккан в Индии был сравнительно менее масштабным, но сыграл свою роль в разогреве планеты, климатических изменениях и гибели множества живых организмов.

Гипотеза о вырождении предполагает болезни, дегенерацию и генетическую мутацию динозавров, вызванные климатическими переменами, паразитами и другими причинами. Известны факты находок яиц динозавров с очень толстой или, наоборот, очень тонкой скорлупой. В первом случае, как считают некоторые палеонтологи, из таких яиц детеныш не мог выбраться самостоятельно. Во втором — эмбрион не мог нормально развиваться. Изменение толщины скорлупы объясняют самыми различными причинами: от реакции на УФ-излучение (утолщение) до дефицита извести в организме матери (утончение).

Импактная гипотеза о падении гигантского метеорита в Мексиканский залив: падение метеорита вызвало длинную цепочку взаимосвязанных событий в общепланетарном масштабе. Сегодня она считается одной из основных, хотя последние исследования показали, что несмотря на всю апокалиптическую и катастрофичность имевшего место события многие из живых организмов его пережили, включая тех, кто вымер в конце мелового периода. Однако встает вопрос: почему в этих ужасных условиях погибли динозавры, а другие группы животных и растений уцелели? Получается, именно метеорит «добил» динозавров и ряд других форм, которые плавно вымирали к концу мезозойской эры.

Интересная разновидность этой гипотезы постулирует, что вследствие постоянного падения метеоритов увеличивается масса нашей планеты, что вызывает возрастание силы тяжести. Падение крупного метеорита в Мексиканский залив мгновенно изменило гравитацию, и гигантские растительноядные формы ящеров потеряли способность к движению: это привело к травмам суставов. Иными словами, динозавры раздавили сами себя под действием возросшей силы земного тяготения (Романов, 1996).

Метеориты всегда падали, падают и будут падать (рис. 5.1.13). Достаточно посмотреть на Луну, чтобы оценить масштаб метеоритной бомбардировки. Все эти лунные кратеры видны, потому что на



Рис. 5.1.13. Последствие падения метеорита весом 12 кг в заднюю часть легковой машины «Шевроле». Фотография 60-х годов XX века



Рис. 5.1.14. Аэрофотоснимок метеоритного кратера Каньон-Дьябло (штат Аризона, США)

ней нет атмосферы и процессов выветривания, которые бы разрушали кратеры и нивелировали рельеф. Подтверждением импактной гипотезы служат многочисленные метеоритные кратеры разного времени (рис. 5.1.14), и продукты (следы) столкновения, разнесенные ударной волной (рис. 5.1.15) на значительное расстояние.

Местоположение кратера на полуострове Юкатан и его образование вследствие падения метеорита на границе мелового и палеогенового периодов в настоящее время доказаны. Этот рубеж в геологической истории маркирован иридиевой аномалией (рис. 5.1.16) — горизонтом с повышенным содержанием иридия и других элементов, концентрация которых в таком количестве



Рис. 5.1.15. Взрывная волна упавшего астероида

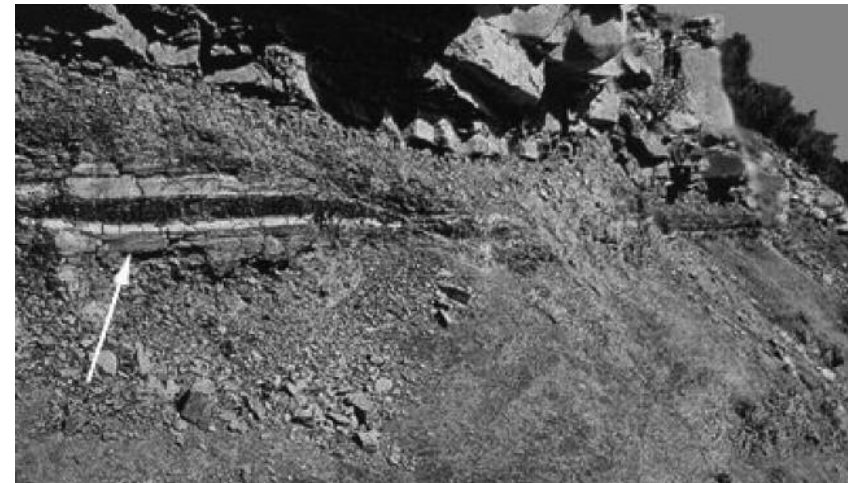


Рис. 5.1.16. Иридиевая аномалия — горизонт (показан стрелкой) на границе меловых и палеогеновых отложений в штате Колорадо (США) считается результатом падения метеорита на полуострове Юкатан

для Земли не характерна. Местами этому временному уровню отвечают горизонты не иридиевого состава, но они все равно четко опознаются и отличимы от выше- и нижележащих слоев.

В современном Карибском море в многочисленных геологических разрезах видны следы цунами, возникшего после падения метеорита. С чем можно сравнить эту природную катастрофу?

Тунгусское событие и астероид, «погубивший» динозавров. Этот приповерхностный взрыв кометы или иного тела произошел в воздухе, т.е. без падения (рис. 5.1.18 а). Событие Чиксулуб (рис. 5.1.17, 5.1.18 б) было как минимум на один порядок масштабнее. Ударная сила астероида оценена в 20 млн мегатонн, т.е. по одной водородной бомбе на каждые 6 км² земной поверхности. В радиусе 100 км испарились вся вода, сам астероид диаметром 11 км, упавший со скоростью около 36000 км/ч, и часть верхних слоев земной коры. Ударная волна и обжигающее облако газа пронесли со сверхзвуковой скоростью, деформируя и испепеляя все на своем пути — это были первая и вторая «волны смерти». Удар породил землетрясение магнитудой до 13 баллов — третью волну смерти. В водах Атлантического океана зародилось мощное цунами — четвертая волна. В космос были выброшены обломки земной коры, которые затем выпадали в виде метеоритного дождя, усугубляя повсеместные пожары, — пятая волна. Многие из них представляли собой стеклянные шарики (сферулы) размером с градину или каплю дождя. «Загрязнение» атмосферы продуктами взрыва (только горных пород в объеме более 205 км³) привело к глобальному потеплению (шестая «волна смерти»), выпадению кислотных (сернокислых, H₂SO₄) дождей (седьмая волна) и глобальному затемнению (восьмая волна). Астероид упал на пласты, содержащие гипс (Ca(SO₄)₂). В результате взрыва был «высвобожден» колоссальный объем серы, которая, смешиваясь с парами воды в атмосфере, образовала серную кислоту. Сернокислые дожди выжигали все живое на суше и в верхних слоях океанских вод. На суше они меняли рельеф: растворение карбонатных пород усиливало карст, провоцируя новые обвалы и оползни. Грунтовые и поверхностные воды — источники питьевой воды — были отравлены. Затемнение могло длиться несколько месяцев. Глобальное похолодание (девятая «волна смерти») было вызвано огромной концентрацией в атмосфере двуокиси серы (SO₂) — газа, пропускающего солнечный свет, но задерживающего тепло. Похолодание вызвало регрессию морей и океанов, обнажив их мелководные участки.

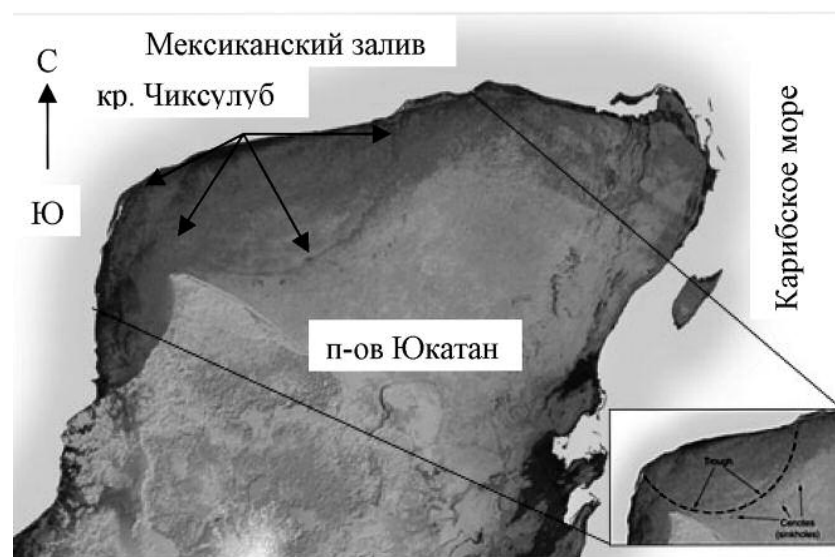


Рис. 5.1.17. Кратер Чиксулуб расположен на п-ове Юкатан и является следом грандиозного метеоритного воздействия в конце мезозойской эры. Структура имеет диаметр 180 км и около 900 м глубины. Внешний край кратера подчеркнут небольшой депрессией глубиной 3–5 м при ширине 5 км. Черные стрелки направлены от центра к периферии кратера. Первоначально высота бровки кратера составляла 4,5 км.



Рис. 5.1.18 а. Последствия Тунгусского взрыва 30 июня 1908 г.: выжженный и поваленный лес тайги. Фотография начала XX века



Рис. 5.1.18 б. Падение астероида в конце мелового периода (www.liveinternet.ru)

Сильнейший взрыв на небольшой высоте в атмосфере 30 июня 1908 г. в 07:17 местного времени в бассейне р. Подкаменная Тунгуска вызвал ударную волну, спровоцировавшую огромные разрушения в тунгусской тайге, следы которых не исчезли до сих пор. На площади 500 квадратных километров вековой лес был повален на Землю полностью. Ударная волна породила землетрясение, которое отметили сейсмографы Иркутска, Ташкента, Тбилиси, Йены. Эта катастрофа

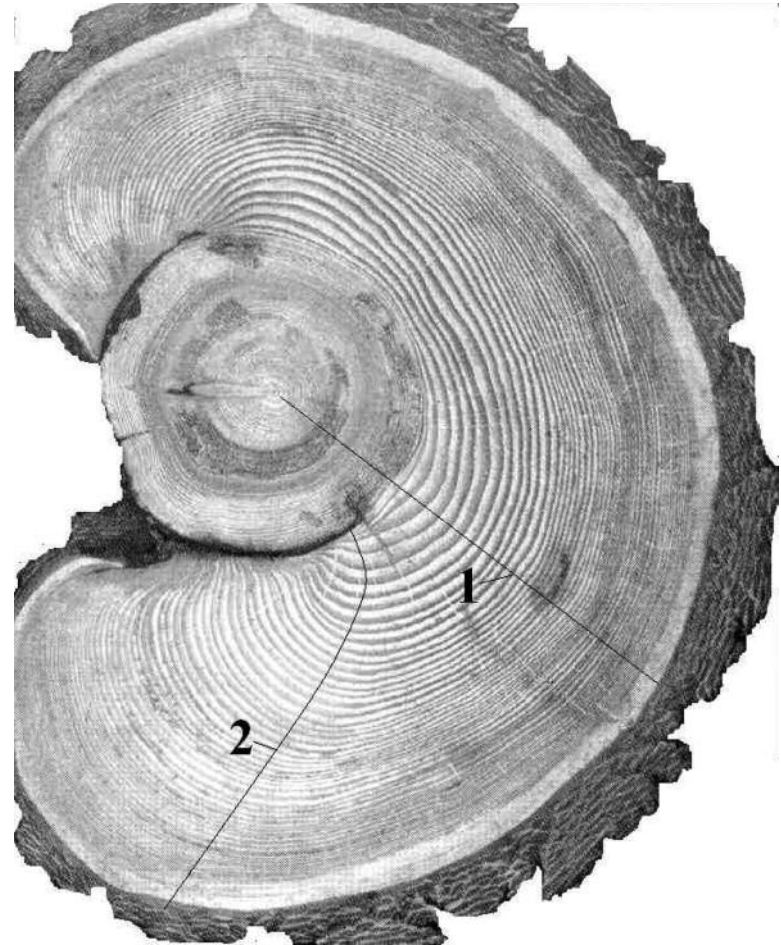


Рис. 5.1.19. Спил 180-летней лиственницы, взятый в 1994 г. с места Тунгусского взрыва. Видно ускорение роста (профиль 1) годовичных колец (эффект, до сих пор не имеющий научного объяснения) и искривление роста (профиль 2) сразу после катастрофы

повлияла и на органический мир: многие растения, пережившие это событие, демонстрируют ускоренный рост (рис. 5.1.19). Ученые и художники, обобщив имеющиеся научные и рассказы очевидцев, реконструируют это событие (рис. 5.1.20–22). Взрыв в воздухе стал следствием рикошетного эффекта.

Космическое тело по касательной ударилось о землю и затем взорвалось. Из атмосферы на месте взрыва электростатические разряды били в землю.



Рис. 5.1.20. Картина «Пролет над эвенкийским стойбищем р. Нижняя Тунгуска». Худ. Федоров Н.И. 1988. Холст, масло



Рис. 5.1.21. Картина «Взрыв над южным болотом. Вид с г. Фарингтона». Худ. Федоров Н.И. 1988. Холст, масло



Рис. 5.1.22. Картина «Ударная волна». Худ. Федоров Н.И. 1988. Холст, масло

Другим примером для сравнения с событиями в конце мелового периода может стать сильнейшее землетрясение, оценивающееся в 9 баллов по шкале Рихтера, которое произошло 26 декабря утром недалеко от индонезийского острова Суматра. В результате подземных колебаний образовалась волна цунами высотой от двух до десяти метров (рис. 5.1.23–27), которая со скоростью около 800 километров в час обрушилась на побережье Шри-Ланки, Индонезии, Индии, Малайзии, Таиланда, Мальдивских островов и Мьянмы. Цунами дошли даже до Сомали. Количество погибших в результате цунами в Индонезии составило 105,162 тыс. человек, без вести пропали 127,774 тыс. человек, как передает Associated Press (31.01.2005). После цунами остались шевронные дюны (рис. 5.1.28 а).

11 марта 2011 г. в 14.46 по местному времени на северо-востоке Японии произошло мощное землетрясение магнитудой 8,9 баллов по шкале Рихтера, ставшее самым мощным в Японии за всю историю наблюдений. Землетрясение вызвало разрушительное цунами с вы-



Рис. 5.1.23. Один из островов в Индийском океане до цунами.
Снимок из космоса (www.fishki.net)



Рис. 5.1.24. Один из островов в Индийском океане сразу после цунами
26 декабря 2004 года. Снимок из космоса (www.fishki.net)

сотой волн до 10 метров (рис. 5.1.28 б–г) обрушившееся на берег в префектуре Фукусима, унося автомобили, суда и здания. В результате землетрясения и последовавшей за ним остановки электро-снабжения прекратилось охлаждение нескольких реакторов АЭС.



Рис. 5.1.25. Подходящая волна цунами 26.12.04 (www.fishki.net)



Рис. 5.1.26. Берег Индийского океана после цунами (www.fishki.net)



Рис. 5.1.27. Последствия цунами 26 декабря 2004 года. Выброшенный на берег и перевернутый танкер (www.fishki.net)



Рис. 5.1.28 а. Шевронные дюны, или цунамиты — отложения цунами (www.fishki.net). Снимок из космоса. Аналогичные породы встречены по периферии Мексиканского залива — места падения метеорита в конце мелового периода



Рис. 5.1.28 б. Гигантский водоворот у побережья Японии. 11 марта 2011 года



Рис. 5.1.28 в. Волна цунами. Японское побережье. 11 марта 2011 года

Цунами, вызванное падением астероида в конце мелового периода, было существенно сильнее.

Падение метеорита в Мексиканский залив вызвало мощнейшие ударную волну и последовавшее за ней цунами. Ударная волна разнесла



Рис. 5.1.28 г. Волна цунами проникла на 5 км вглубь Японского побережья.
11 марта 2011 года

на огромное расстояние продукты взрыва — стеклянные сферулы, иридий и др. (рис. 5.1.29), которые фиксируются по всей планете. Цунами в одних местах «вычистило» все следы взрыва и перенесло их в другие места, где теперь в геологическом разрезе можно встретить не один горизонт (слой) с иридием, сферулами, а несколько. Причем истинным является самый нижний (рис. 5.1.30–31). **Цунами Чиксулуб было как минимум на порядок сильнее цунами 2004 и 2011 гг. Высота волны составляла не 3–10, а около сотни метров.**

Гипотеза об инверсии магнитного поля исходит из факта многократного смещения геомагнитных полюсов в истории Земли (рис. 5.1.32). Мигрирующие животные теряли ориентацию и погибали стаями. Ведь смена положения магнитных полюсов и их дрейф (экскурсы) происходят постоянно с момента образования Земли.

Существуют и другие гипотезы, объясняющие вымирание организмов на мел-палеогеновом рубеже.

Необходимо знать, что падение крупного астероида на Землю рано или поздно повторится, вопрос только: когда?

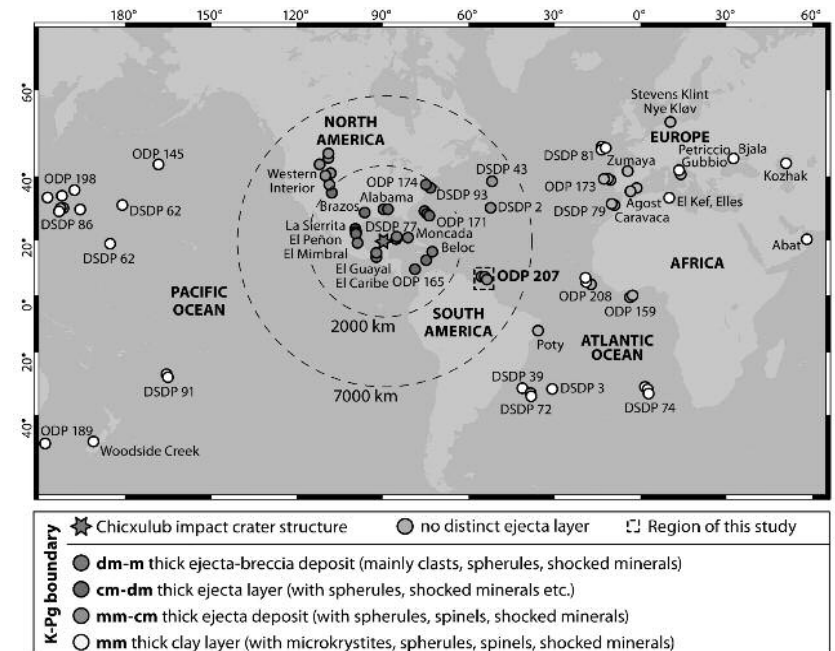


Рис. 5.1.29. «Радиус поражения» астероида Чиксулуб: изменение состава маркирующего горизонта и его мощности по мере удаления от эпицентра взрыва (Schulte, Deutsch, Salge et al., 2008)



Рис. 5.1.30. Истинный (внизу) и ложный (переотложенный) горизонты, маркирующие импактное событие в Центральной Америке (Keller et al., 2009)

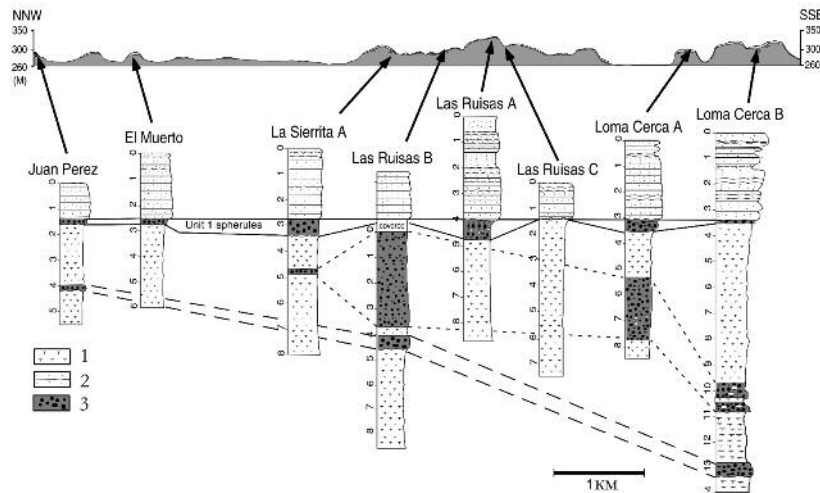


Рис. 5.1.31. Истинный (внизу, серый с черными точками) и ложные (переотложенный) горизонты, маркирующие импактное событие в разрезах Центральной Америки (Keller et al., 2009). Условные обозначения: 1 — мергели; 2 — песчаники и алевролиты; 3 — сферуловый слой

13 апреля 2029 года мимо Земли на расстоянии примерно около 32,5 тыс. км пролетит астероид Апофис-99942 (Aporhis, рис. 5.1.33) размером от 270 до 415 метров (для сравнения, высота главного здания МГУ — 336 м) в диаметре и массой около 46 млн тонн. В 2029 году астероид должен пролететь рядом с Землей и Луной через так называемую «гравитационную замочную скважину» шириной около 400 м, испытывая влияние гравитации этих двух небесных тел. Иными словами, астероид будет ближе к Земле, чем Луна. С вероятностью 0,2–0,002 к 2036 г. его орбита может измениться так, что во время следующего сближения он упадет на нашу планету.

Справка: Инверсии магнитного поля Земли описываются магнитным склонением и наклонением. *Магнитное склонение* (Declination (D)) — это угол между географическим и магнитным меридианом в точке земной поверхности. В палеомагнетизме его принято выражать от 0 до 360 градусов. Пример: 350 — это (–10) западное, а 10 — это восточное. *Магнитное наклонение* (Inclination (I)) — угол между вектором геомагнитного поля и горизонтальной плоскостью, который изменяется от (–90) до +90 градусов (–90 — на южном магнитном полюсе, +90 — на северном магнитном полюсе, в экваториальных широтах — I около 0 градусов).

Осцилляции D и I в разрезе связаны с собственными смещениями магнитных полюсов, которые находятся в непрерывном циклическом движении (с харак-

терными временами до 100 тыс. лет (цикл эксцентриситета Миланковича E_1), с более длительными циклическими вариациями движений полюса достоверно не установлены). Наиболее резкие скачки смещения полюсов вплоть до их ухода на экватор и даже дальше, в другое полушарие, называются экскурсами. Экскурсы («несостоявшиеся» инверсии) сопровождаются значительными понижениями напряженности поля. Смена положения магнитных полюсов (как и изменения напряженности) обусловлены динамическим режимом внешнего ядра (упрощенно — изменениями направления и скорости перемещения вещества ядра относительно мантии). Цикличность режима геомагнитного поля (другими словами, цикличность динамики ядра) обязана совпадать с цикличностью Миланковича, потому что ЦМ приводят к изменениям внешнего гравитационного воздействия на Землю, а в первую очередь на гравитационные возмущения реагирует жидкое ядро. Следствием гравитационных возмущений помимо приливов и отливов являются трансгрессии и регрессии, а значит, это напрямую влияет на формирование секвенций — крупных геологических тел.

Альтернативной «рифтовой» гипотезе появления человека является представленная в 1982 году теория российского ученого Г.Н. Матюшина, считающего, что процесс превращения обезьяны в человека и вся его дальнейшая эволюция происходили благодаря радиационному облучению. В Африке в местности Окле есть месторождение урана, т.е. естественный атомный реактор.

Есть еще один фактор, влияющий на эволюцию: из космоса на Землю регулярно обрушиваются потоки жесткой радиации. От нее защищает магнитное поле планеты Земли, которое не постоянно: происходят геомагнитные инверсии, когда северные и южный магнитные полюса ме-

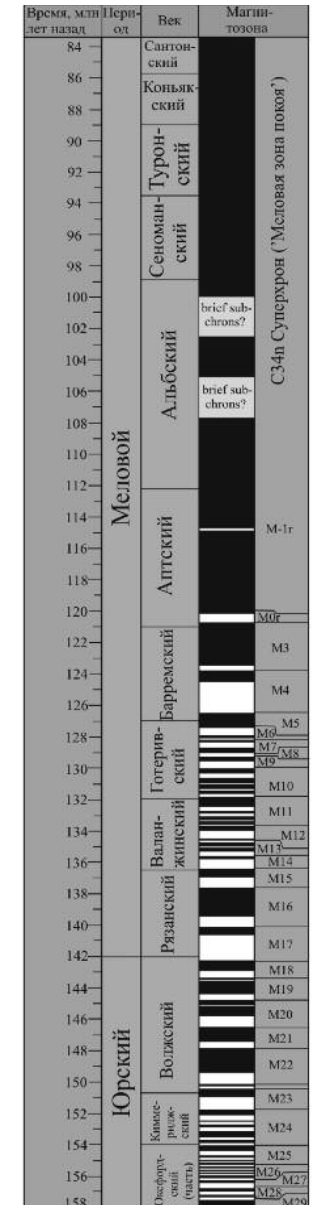


Рис. 5.1.32. Фрагмент палеомагнитной шкалы. Черным показаны интервалы нормальной полярности.

няются местами. В эти моменты электромагнитное поле Земли ослабевает приблизительно в 60 раз, и все живое становится беззащитно перед радиацией, приводящей к мутациям организмов. Появление ряда новых видов гоминид (человек умелый, питекантроп, неандерталец и современный человек) синхронно с инверсией магнитного поля.

Апофис соответствует типу метеоритов LL chondrites (хондриты). Это — каменные, зернистые метеориты, с низким содержанием железа (около 9% от всех найденных на Земле), состоящие в основном из пироксена и оливина (www.astrogorizont.com). В случае падения мощность взрыва будет равна 400 мт в тротиловом эквиваленте (аналог 100 000 бомб, сброшенных на Хиросиму). Помимо Апофиса есть и ряд других астероидов, угрожающих Земле (раздел 2.2). Столкновение с другими космическими телами, например астероидом 2005 YU55, могло случиться в 2011 году, а в 2019 году возможно «вторжение» астероида 2002 NT7.

Человечество ищет способы предотвращения этой катастрофы. В 2014 году к Апофису подлетит беспилотный аппарат Апекс, который войдет в область притяжения астероида и будет передавать на Землю информацию о его траектории и скорости движения. Есть проекты запустить «гравитационный тягач» — космический корабль, способный силой своего притяжения изменить орбиту астероида, однако его следует вывести в космос не позднее конца 2011 года.

Массовое вымирание организмов в конце ордовикского периода (443 млн лет назад) может быть объяснено мощным гамма-всплеском, произошедшим в относительной близости от Солнечной системы (рис. 5.1.34). Вымерло 2/3 биологических видов и 85% живых существ, 60% морских организмов. Такой взрыв порождает два смертельных пучка гамма-лучей, направленных в противоположные стороны. Они движутся со скоростью света. Мощный поток гамма-излучения достиг атмосферы Земли и за 10 секунд наполовину разрушил озоновый слой, на восстановление которого потребовалось не менее 5 лет. Животные и растения сгорели, как долго загорающий на солнце человек. Возможные на тот момент примитивные жители суши (грибы, мхи, лишайники, черви) погибли за секунды, а обитатели мелководья и верхних слоев открытого океана (пелагиали) — за минуты. Смерть планктона (основы, начала пищевой цепи), а также рифостроящих и сопряженных с ними существ вызвала коллапс всех пищевых связей. Таким образом, гамма-всплеск сделал обитателей

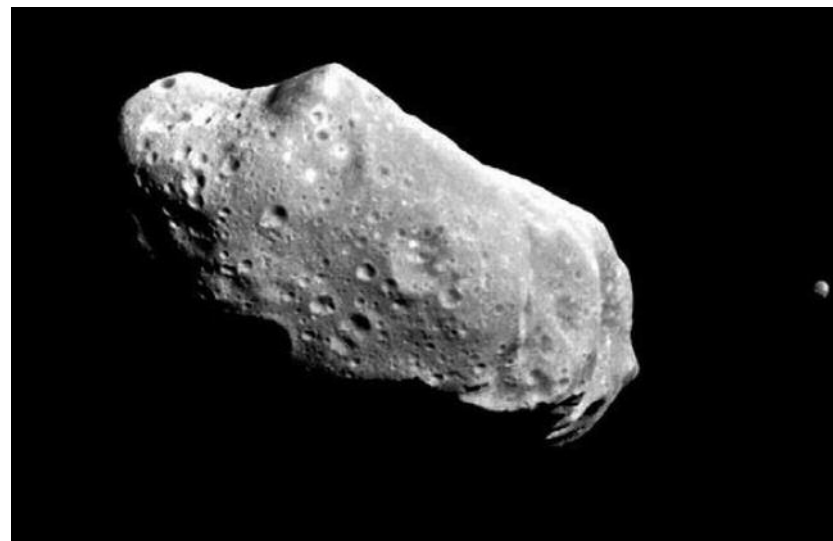


Рис. 5.1.33. Астероид Апофис



Рис. 5.1.34. Гамма-всплеск

Земли беззащитными перед ультрафиолетовой радиацией Солнца (5.1.35). Однако это вымирание растянулось во времени.

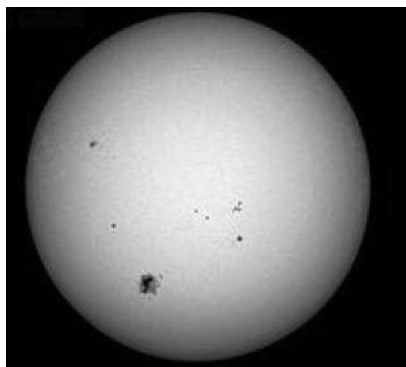


Рис. 5.1.35. Солнце как «Звезда Смерти»

Справка: Гамма-всплеск — масштабное космическое событие электромагнитной природы с выбросом энергии взрывного характера длительностью от миллисекунд до часа. За первоначальным всплеском следует «послесвечение», излучающее на более длинных волнах (рентген, ультрафиолет, оптическое, инфракрасное и радио). Причина: трансформация сверхновой в черную дыру или слияние двух нейтронных звезд. За несколько секунд в результате взрыва

высвобождается объем энергии, эквивалентный 10 млрд лет «работы» Солнца.

Началась перестройка атмосферы. Высокоэнергетичные гамма-лучи разбивают молекулы атмосферного азота (N_2) на отдельные атомы, вступающие в реакцию с молекулярным кислородом (O_2), в результате чего получается окись азота (NO), которая разрушает озон (O_3) и дает диоксид (двуокись) азота (NO_2) — бурый почти непрозрачный удушливый газ. NO_2 с атомарным кислородом опять же дает NO , разрушающую все больше озона. Небо затягивается тучами азот-содержащих газов, которые препятствуют проникновению солнечного света. Гамма-всплеск спровоцировал похолодание, т.е. ледниковый период (*animal.discovery.com*).

В остывающих морях и океанах начинают погибать от переохладения многие из организмов. Кроме того, в холодной воде невозможно сделать себе скелет (раковину) из карбоната кальция. Это обстоятельство особенно губительно для большинства беспозвоночных животных, животные, ведущие прикрепленный образ жизни, наиболее уязвимы перед меняющимися факторами среды. Контраст на границе быстро остывающей атмосферы и медленно остывающей гидросферы приводит к возникновению продолжительных штормов, ураганов и смерчей. Многие из головоногих моллюсков, выживших в начальную фазу гамма-атаки, погибают от турбулентности. Часть животных ищет спасение на глубине, рискуя быть раздавленными. Коралловые рифы и дно мелководий напоминает кладбище: голод и холод в опустевших водах. Похолодание начинает приводить к покровному оледенению, часть воды из круговорота гидросферы «изымается» в виде льда, уровень океана падает

Рис. 5.1.36. Всемирный потоп (*vivovoco.rsl.ru*)

Рис. 5.1.37. Конец мессинского кризиса: воды Атлантики прорываются через будущий Гибралтарский пролив («Вокруг Света», № 1 (2820), 2009)

более чем на 60 м. Дно морей обнажено, а айсберги, как бульдозеры, выпахивают морское дно, разрушая остатки жизни. В качестве примера крупного природного катастрофического, но при этом относительно локального события можно привести *мессинский кризис*. Эта природная катастрофа не привела к массовому вымиранию биологических видов организмов в планетарном масштабе, а, скорее, просто дважды убило почти все живое в Средиземноморье. Это наводнение уместно сравнить со Всемирным потопом (5.1.36).

Справка: Всемирный потоп — катастрофическое наводнение, описанное в ряде религиозных текстов, широко распространенное в мифологии народов мира. Разгневанный Бог в наказание людям насылает потоп, приведший к гибели почти всех людей, растений и животных.

Около 6 млн лет назад Средиземное море начало пересыхать из-за изоляции молодыми растущими горными системами от вод Индийского и Атлантического океанов. Морская вода активно испарялась, ее соленость стала расти. Море постепенно превратилось в систему огромных соляных лагун, многие из которых полностью высохли. В итоге накопились соленосные отложения мощностью до 3 км. Все морские жители погибали мучительной смертью от понижения уровня моря, возрастания солености и теплового удара. Это было первой «волной смерти». В редких оставшихся соленосных бассейнах выжили только некоторые бактерии. Им на смену пришли жители суши: растения и животные заселили бывшие морские пространства (местами глубина котловины достигала 5 км), где беззаботно существовали несколько сот тысяч лет.

Горные цепи, игравшие роль своеобразной плотины, со временем разрушались в результате процессов выветривания, но постепенного затопления котловины не произошло. В результате сочетания ряда факторов, в том числе тектонических процессов и эвстатического подъема уровня Мирового океана, западная «перегородка» в районе Гибралтарского пролива 5,33 млн лет назад была практически мгновенно разрушена. Воды Атлантического океана хлынули во впадину в виде самого (достоверно установленного) масштабного водопада в геологической истории (5.1.37). За 15–20 тысяч лет котловина Средиземного моря вновь заполнилась («Вокруг Света», №1 (2820), 2009). Низвергнувшиеся воды затопили растительность, убили сухопутных существ котловины — это стало второй «волной смерти».

Всем известна народная мудрость: «Беда не приходит одна». Сравнительно небольшой и «беглый» обзор ряда *природных* и *социоприродных* катастрофических процессов показывает всю сложность, многогранность и взаимозависимость их причин и последствий.

Справка: Своим названием кризис обязан Мессинии — Сицилийской провинции, где добывали соль. Пересыхание Средиземного моря запечатлено в многокилометровых толщах соли и гипса и древнем эрозионном врезе — многочисленных пещерах и погребенных речных долинах, а также в ступенчатом рельефе дна Гибралтара.

Одним из первых гипотезу о катастрофически быстром наводнении в котловине Средиземного моря выдвинул советский геолог Иван Сергеевич Чумаков (1921–1999) в 1970-х годах при инженерно-геологических изысканиях для Асуанской плотины в Египте. По данным бурения он обнаружил древнее русло Нила, заполненное морскими осадками («Вокруг Света», № 1 (2820), 2009).

5.2. Глобальные биотические кризисы

Глобальные биотические кризисы — это пример и бесценный опыт, который дает человеку природа. Можно определить его еще и как кризис во взаимоотношениях. В геологической истории есть множество интересных примеров, анализ которых необходим для *устойчивого развития* человечества. *Глобальные биотические кризисы* имеют как чисто внутренние причины, так и внешние, причем все находятся в тесной взаимосвязи. Очевидно, что появление новых биологических видов определяется изменением условий окружающей среды. В дальнейшем начавшаяся перестройка биогеоценоза может уже происходить по сложной цепочке пищевых связей, но первопричиной всего этого природного процесса является окружающий мир (климат и рельеф).

Начнем со всем известной проблемы взаимоотношения человека с другими биологическими видами. Есть проблема *прямого* (охота, промысел, борьба с вредителями и т. д.) или *косвенного* (сокращение жизненных ресурсов и ареалов обитания в результате вырубки лесов, осушения водоемов и т. д.) истребления видов животных и растений. Существуют Черная и Красная книги, куда занесены виды исчезнувшие и виды, находящиеся на грани вымирания. Существующая природная модель сообщества живых организмов совершенна: в ней



Рис. 5.2.1. Охота на мамонта

приспособились к изменению ландшафтно-климатических условий, последовавших после окончания последней фазы оледенения.

Справка: Мамонты были ростом от двух до пяти метров. Вместе с ними жили другие звери, которые все вместе составляли сообщество, называемое «мамонтовой фауной». Оно включало: волков, песцов, шерстистых носорогов, кабанов, большерогих оленей. Мамонты жили 1,75–0,95 млн лет назад на территории Европы, Северной Америки и Азии.

По другой точке зрения, мамонты вымерли из-за прессинга со стороны человека. Человек употреблял их мясо в пищу, из их костей и бивней строил постоянные или сборно-разборные жилища типа чумов, из шкуры шил одежду и использовал ее для обтягивания каркаса чумов. Из бивней человек вырезал наконечники для стрел, копий, создавал статуэтки и т.д. В условиях вечной мерзлоты последнего оледенения неандертальцы (а затем и кроманьонцы после окончания оледенения) научились хранить мясо в своеобразных природных холодильниках, что позволяло им заготавливать его впрок. В итоге человек истребил популяцию мамонтов. В подтверждение этого часто вспоминают исчезновение ряда страусоподобных нелетающих птиц, которых истребили первобытные туземцы или колонизаторы в XVII–XVIII веках.

В Новой Зеландии до XVIII века обитала птица моа, или динорнис (рис. 5.2.2). Эта самая высокая птица, жившая во времена человека, была ростом от 2,25 до 3,5 м и питалась семенами и плодами растений. Начиная с XX века, человек употреблял в пищу ее яйца, охотился на нее, а к XVIII веку полностью истребил.

Справка: Новая Зеландия откололась от суперматерика Гондвана около 200 млн лет назад (триасовый период). В результате изоляции эволюция здесь шла особым путем. В «дочеловеческой» Новой Зеландии вообще не было никаких млекопитающих и каких-либо других средних или крупных хищников, поэтому птицы стали нелетающими и достигли больших размеров.

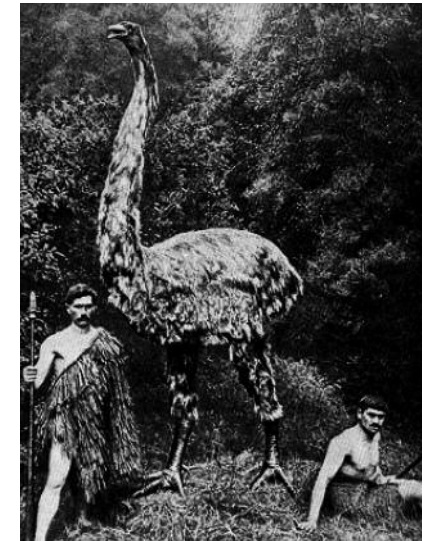
В другой части света, на Мадагаскаре, жил эпиорнис (рис. 5.2.3), полностью истребленный человеком в XVII веке аналогичным образом.

Справка: Мадагаскар откололся от Африки около 145 млн лет назад (начало мелового периода). В результате изоляции здесь, как и в Новой Зеландии, нет высших приматов, а хищники — крокодилы и семь видов животных из семейства виверровых (например, фоссы). Вес птицы составлял 500–600 кг, а рост — 3 метра. Ее яйца длинной 30 см и объемом до 9 литров весили около 10 кг. Люди впервые высадились на Мадагаскар около 1500 лет назад.

На острове Маврикий в Индийском океане до XVII века существовала нелетающая птица додо, или дронг (рис. 5.2.4). Человеческая культура погубила ее за 200 лет. Помимо человека на нее охотились собаки и свиньи, привезенные человеком на остров.

Возвращаясь к причинам исчезновения мамонтов, надо отметить, что тогда, скорее всего, действовали оба фактора одновременно (человек и среда).

Справка: Вес дронга составлял 23–25 кг, а длина — 75 см.

Рис. 5.2.2 (www.nz-nz.com). Птица Моа, или Динорнис (в переводе — «Ужасная птица») Плиоцен (5,3 млн лет) — 18 век н. э. Новой ЗеландииРис. 5.2.3 (ebio.ru). Птица Эпиорнис (в переводе — «Слоновая птица»). Плейстоцен (1,75 млн лет) — 17 век н. э. Мадагаскара

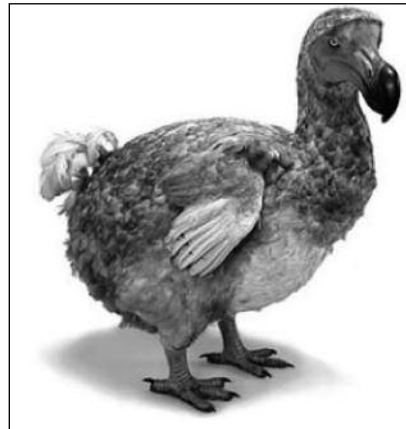


Рис. 5.2.4 (ecosystema.ru). птица додо, или дронг (0,95 млн лет — XVII век н. э.)

а также разными «переходными» организмами, например, одновременно похожими и на червей и на членистоногих, и рядом других форм (рис. 5.2.5). Парадокс заключался в том, что все эти мягкотелые существа были найдены в идеальном ископаемом состоянии, что свидетельствовало о полном отсутствии хищников в этом сообществе. После смерти медуза постепенно перекрывалась слоями донных осадков, мягкие ткани разлагались, но успевали оставить отпечаток на субстрате. В современном море у такого захоронения почти нет шансов.

Однако со временем появился примитивный хордовый хищник — конодонтонотел (рис. 5.2.6), сравнимый по уровню организации с ланцетником. У него не было челюстей, но был рот с коническими зубами, или конодонтами. Эти маленькие существа длиной в сантиметры начали поедать мягкотелых существ, которые стали увеличивать размеры своего тела. Как правило, *гигантизм* — это тупиковый, последний эволюционный шаг исчезающего вида. Многие из вендских беспозвоночных стали сопоставимы по длине с ростом человека. Однако это привело лишь к популяционному взрыву хищников, которые, расплодившись в большом количестве, просто съели незащищенных мягкотелых животных. Затем популяция хищников резко сократилась. Это пример *неустойчивой биологической или экологической модели*, смена которой произошла в следующем временном отрезке — в кембрийском периоде.

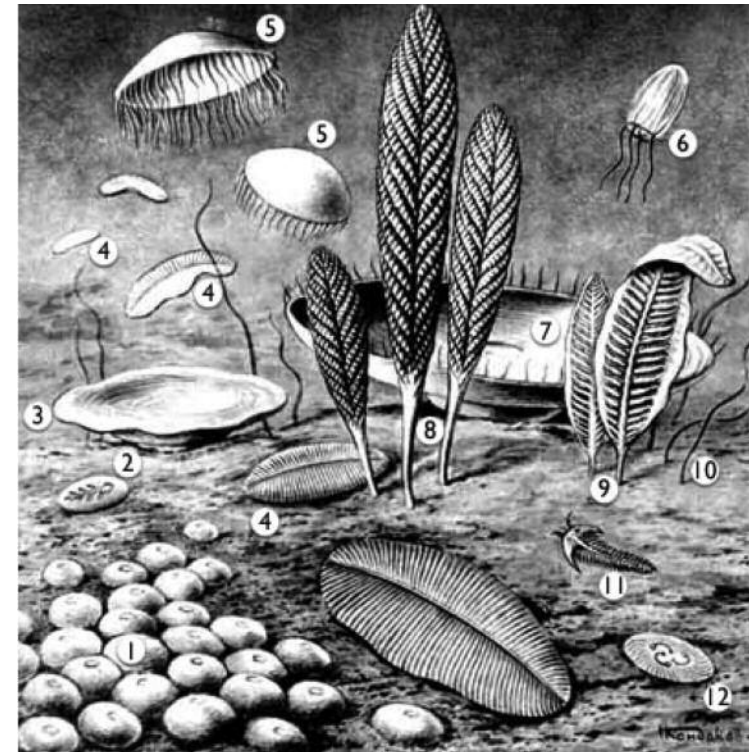


Рис. 5.2.5. Вендская бесскелетная фауна (bioword.narod.ru)

Справка: 1 — примитивный сидячий полип *Nemiana simplex*; 2 — *Vendia sokolovi* (билатерально симметричный организм неясного систематического положения); 3 — примитивная сидячая медуза *Cyrtomedusa plan*; 4 — *Dickinsonia costata* (крупные листовидные сегментированные организмы, стоящие по уровню организации, очевидно, между кишечнополостными и плоскими червями); 5 — медуза *Hiemalora stellaris*; 6 — сцифомедуза *Kimberella quadrata*; 7 — примитивная сидячая медуза *Ediacaria flindersi* (до 1 м в диаметре); 8 — *Charnia masoni* и 9 — *Charniodiscus oppositus* — организмы неясного систематического положения; 10 — многоклеточная слоевищная водоросль вендотения (*Vendotaenia*), возможно, древнейший представитель бурых водорослей; 11 — *Spriggina flouderi*, возможный предок трилобитов; 12 — представитель вымершей группы беспозвоночных *Tribrachidium heraldicum*, обладавших трехлучевой симметрией.

Именно поэтому в кембрии число бесскелетных видов резко сократилось, возникло много скелетных форм. Природа «придумала» раковину — панцирь, способный защитить от хищника.



Рис. 5.2.6. Конодонтоноситель

Пищевые связи между компонентами системы стали более стабильными, а появление скелета сыграло важнейшую роль в дальнейшей эволюции всего органического мира. Уже около 600 млн лет хищники и жертвы постоянно совершенствуют орудия нападения и средства защиты.

В живой природе можно найти интересные примеры тактической борьбы организмов. В меловом периоде (144–65 млн лет назад) произошло очередное обновление растительного мира. Появились многие растения, которые произрастают сегодня, в частности возникли покрытосеменные растения — наиболее эволюционно развитые представители флоры. Однако борьба за господство заняла несколько миллионов лет, что, правда, в масштабах геологического времени — почти мгновение. Во времена динозавров доминировали типично мезозойские растения (цикадовые, беннеттитовые, древовидные папоротники и хвощи и т. д.), которые не покрывали сплошным ковром земную поверхность (рис. 5.2.7). «Травы» в современном понимании не было, а эрозийные процессы приводили к образованию большого количества оврагов, низин, как правило, водонасыщенных.

Вновь появившимся покрытосеменным растениям было трудно «захватить» господство. Они произрастали в тени более высоких папоротников и других растений, которые закрывали их от света и высасывали воду из почвы. Тогда покрытосеменные полностью заполонили подлесок, образовав сплошной живой зеленый ковер. Так они практически лишили древние растения мезозоя возможности воспроизводить себе подобных, т.к. для их молодой поросли не хватало ни места, ни света. Из их спор и семян не вырастали ростки, т.к. для них трава была таким же препятствием, как дряхлеющие древовидные и кустарниковые растения мезозоя для новых покрытосеменных. Таким образом постепенно состав флоры обновился.

В современном лесу бывшие властители палеозоя и мезозоя — папоротники, хвощи и плауны, занимают явно подчиненное по-

Рис. 5.2.7. Пейзаж мезозоя (www.cultinfo.ru)

Рис. 5.2.8. Мордовский заповедник. Нижегородская область

ложение. Некоторые голосеменные, например вечнозеленые хвойные, выступают равноправными членами вместе с листопадными покрытосеменными (рис. 5.2.8).

Справка: современные растения, известные с юрского периода: гинкго, араукария, сосна воллеми (воллемия), папоротник ангиоптерис. Современные растения, известные с мелового периода: дуб, клен, платан, секвойя, метасеквойя.

5.3. Глобальные кризисы социосистем

Человечество является глобальной системой, имеющей сложную структуру. Процесс становления и эволюции этой системы также может быть охарактеризован как глобальный, затрагивающий большинство оболочек планеты и вносящий в глобальные природные процессы столь существенные изменения, что это приводит к дисбалансу коэволюции геосфер и глобальным кризисным явлениям. Для понимания этого проследим кратко основные этапы и события в эволюции человечества со времени его обособления в системе органического мира.

Древнейшие приматы установлены в палеогеновых отложениях Европы и Северной Америки (67–70 млн лет). Разделение лемуров и долгопятов произошло около 50 млн лет назад (нижний эоцен), около 40 млн лет назад выделяются человекообразные обезьяны. Формирование высших человекообразных — дриопитеков Европы, Азии и Африки — происходит в течение раннего неогена (миоцена, 25–15 млн лет назад). Появление и развитие гоминид, их географическое распространение по Африке и Старому Свету шло в плиоцене (15–2 млн лет назад). Решающим шагом от обезьяны к человеку явилось прямохождение.

Одна из групп обезьян, обитавших 3–4 млн лет назад, дала начало ветви, ведущей к человеку. Эти животные, ископаемые остатки которых найдены в Южной Африке, получили название австралопитеков (от лат. «австралис» — южный). Они жили стадами, имели массу 20–50 кг и рост 120–150 см, ходили на двух ногах при выпрямленном положении тела. Имели в отличие от всех обезьян, зубную систему, сходную с человеческой. Масса мозга составляла 550 г, руки были свободны. Для защиты и добывания пищи австралопитеки пользовались камнями, костями животных, т.е. имели хорошую двигательную координацию.

2–3 млн лет назад жили существа, более близкие к человеку, чем австралопитеки. Они имели массу мозга до 650 г, умели обрабатывать гальку с целью изготовления орудий. Эти человекообразные обезьяны получили название «человек умелый». Эволюция австралопитеков шла в направлении прогрессивного развития прямохождения, способности к труду и совершенствованию головного мозга. По видимому, в это же время началось использование огня. Естественный отбор сохранял признаки, содействовавшие развитию стадности, т.е. усилению общественного характера поисков добычи и защиты от хищных зверей, что, в свою очередь, влияло на совершенствование руки и на развитие высшей нервной деятельности (способность к обучению). Все эти особенности обеспечили победу обезьяно-людей в борьбе за существование и привели 1,5–2 млн лет назад к широкому расселению их по Африке, Средиземноморью, Южной, Центральной и Юго-Восточной Азии. **На распространение человека по планете оказывал влияние ряд факторов:**

- 1) несовершенство физиологии обезьяно-людей, их относительная близость с другими приматами;
- 2) значительные климатические колебания;
- 3) малая плотность в расселении и избыток питания, провоцирующий оседлую жизнь.

Использование орудий, стадный образ жизни способствовали дальнейшему развитию мозга и возникновению речи.

Признаком, отделяющим человекообразных обезьян от людей, считается масса мозга, равная 750 г. Именно при такой массе мозга овладевает речью ребенок. Речь древних людей была очень примитивной, но она составляет качественное отличие высшей нервной деятельности человека от высшей нервной деятельности животных. Слово, обозначающее действия, трудовые операции, предметы, а затем и обобщенные понятия, стало важнейшим средством общения между людьми. Речь способствовала более эффективному взаимодействию членов первобытного стада в трудовых процессах, передаче накопленного опыта от поколения к поколению. В борьбе за существование получили преимущество те первобытные стада древних людей, которые стали заботиться о стариках и поддерживать особей, ослабевших физически, но обладавших опытом и выделявшихся своими умственными способностями. Бесполезные ранее старики, спокойно съедаемые соплеменниками при нехватке пищи, стали ценными членами общества — как носители знания.

Таким образом, биологические факторы в эволюции человека играли все меньшую роль. В процессе становления человека условно выделяют три стадии: древнейшие люди, древние люди, современные люди.

Считают, что древнейшие люди возникли около 1 млн лет назад. Известно несколько форм древнейших людей: питекантроп, синантроп, гейдельбергский человек и ряд других. Внешне они уже походили на современного человека, хотя отличались мощными надбровными валиками, отсутствием подбородочного выступа, низким и покатым лбом. Масса мозга достигала 800–1000 г. Мозг имел более примитивное строение, чем у позднейших форм. Древнейшие люди успешно охотились на буйволов, носорогов, оленей, птиц. С помощью отесанных камней они разделяли убитых животных. Жили они в основном в пещерах и умели использовать огонь.

К древним людям относят новую группу людей, появившихся около 200 тыс. лет назад. Они занимают промежуточное положение между древнейшими людьми и первыми современными людьми. Неандертальцы были очень неоднородной группой. Изучение многочисленных скелетов показало, что в эволюции неандертальцев при всем разнообразии строения можно выделить две линии. Одна линия шла в направлении мощного физического развития: существа с низким скошенным лбом, низким затылком, сплошным надглазничным валиком, слабо развитым подбородочным выступом, крупными зубами. При сравнительно небольшом росте (155–165 см) они обладали чрезвычайно развитой мускулатурой. Масса мозга достигала 1500 г. Полагают, что неандертальцы пользовались зачаточной членораздельной речью. Другая группа неандертальцев характеризовалась более тонкими чертами — меньшими надбровными валиками, высоким лбом, более тонкими челюстями и более развитым подбородком. В общем физическом развитии они заметно уступали первой группе. Но взамен у них значительно увеличился объем лобных долей головного мозга. Эта группа неандертальцев боролась за существование не путем усиления физического развития, а через развитие внутригрупповых связей при охоте, защите от врагов, при неблагоприятных природных условиях, т.е. через объединение сил отдельных особей. Этот эволюционный путь и привел к появлению 40–50 тыс. лет назад вида *Homo sapiens*. Некоторое время неандертальцы и первые современные люди сосуществовали, а затем, примерно 28 тыс. лет, назад неандертальцы были окончательно вытеснены первыми современными людьми — кроманьонцами.

На основе изучения материальных остатков выделяются две области палеолитических культур: 1) Африка, Южная и Восточная Азия; 2) приледниковая Европа и Ближний Восток. В первой развитие происходило несколько медленнее, что вызвано относительным постоянством ландшафтно-климатических условий тропических областей и, соответственно, длительным сохранением консервативных орудий труда.

Кроманьонцы были высокого роста — до 180 см, с высоким лбом, объем черепной коробки достигал 1600 кубических сантиметров. Сплошной надглазничный валик отсутствовал. Кроманьонцы владели членораздельной речью, о чем свидетельствует хорошо развитый подбородочный выступ. Хорошо развитый мозг, общественный характер труда привели к резкому уменьшению зависимости человека от внешней среды, к установлению контроля над некоторыми сторонами среды обитания, к появлению абстрактного мышления и попыткам отражения окружающей их деятельности в художественных образах — наскальных рисунках, вырезанию фигурок из кости и т. п.

Все современное человечество принадлежит к одному виду. Единство человечества как глобальной системы вытекает из общности происхождения, сходства строения и плодovitости потомства, браков между представителями разных рас. Общий уровень физического и умственного развития одинаков у всех людей. Внутри вида *Homo sapiens* выделяют три большие расы: негроидную (черную), европеоидную (белую), монголоидную (желтую). Каждая из них делится на малые расы. Различия между расами сводятся к особенностям цвета кожи, волос, глаз, формы носа, губ и т.д. Возникли эти различия в процессе приспособления человеческих популяций к местным природным условиям.

Для современного этапа эволюции человека (последние 30–40 тыс. лет) характерно резкое снижение роли биологических факторов. Для эволюции животных решающее значение имеет изменение условий обитания, к которым популяции и виды приспособляются путем естественного отбора. Человеческие сообщества сами создают для себя среду обитания, тем самым освобождаясь от движущей формы естественного отбора.

В Приложении приведена корреляция основных природных событий, антропологических типов и развития материальной культуры от человекообразных обезьян до современных людей.

Сложная и противоречивая история развития мировоззренческих представлений о взаимодействии природы и общества (русский космизм, учение о ноосфере, универсальная этика и биоцентризм) свидетельствует о постепенном движении человечества к новому типу экологического сознания — **экоцентризму, основные положения которого могут быть представлены следующим образом** (по Дерябо, Ясвину, 1997).

1. Высшую ценность представляет гармоническое развитие человека и природы. Человек — не собственник природы, а один из членов природного сообщества.

2. Отказ от иерархической картины мира.

3. Целью взаимодействия с природой является максимальное удовлетворение потребностей как человека, так и всего природного сообщества.

4. Характер взаимодействия с природой определяется так называемым «экологическим императивом»: правильно и разрешено только то, что не нарушает существующее в природе экологическое равновесие.

5. Этические нормы и правила равным образом распространяются как на взаимодействие между людьми, так и на взаимодействие с миром природы.

6. Развитие природы и человека мыслится как процесс коэволюции, взаимовыгодного единства.

В качестве *основных изменений на планете, связанных с развитием человечества*, можно назвать следующие (по Войткевич, Вронский, 1996).

1. Возрастание механически извлекаемого материала земной коры — рост разработки месторождений полезных ископаемых (рис. 5.3.1). Сейчас он превышает 100 млрд тонн в год, что в 4 раза больше массы материала, выносимого речным стоком. В геологическом круговороте резко возрастает звено денудации.

2. Происходит массовое потребление (сжигание) продуктов фотосинтеза прошлых геологических эпох. В связи с этим в биосфере химическое равновесие смещается в сторону, противоположную глобальному процессу фотосинтеза, что неизбежно приводит к росту содержания углекислого газа в атмосфере и уменьшению содержания свободного кислорода. Намечается усиление парникового эффекта и изменение климата в сторону общепланетарного потепления.

3. Процессы в антропогенной биосфере приводят к рассеянию



Рис. 5.3.1. Извлечение вещества литосферы карьерным способом

энергии, а не к ее накоплению, что было характерно для биосферы до появления человека.

4. На планете в массовых количествах создаются вещества, отсутствовавшие ранее, в том числе чистые металлы. Часть их выбывает из общего геохимического круговорота — происходит антропогенная металлизация биосферы. В огромном количестве стремительно накапливаются промышленные отходы.

5. Появляются трансурановые элементы (плутоний и др.) в связи с развитием ядерной технологии. Нарастает опасность заражения радиоактивными отходами.

6. Социосферные образования выходят за пределы Земли в связи с развитием научно-технического прогресса. Началось освоение космического пространства с непредвиденными возможностями. Появляется принципиальная возможность создания искусственных биосфер на других планетах.

Антропосоциогенез — глобальный процесс перехода от биологической формы движения материи к социальной, являющийся неразрывным единством превращения животного в человека и объединения животных в человеческое общество. Его движущая сила — развитие производственной деятельности.

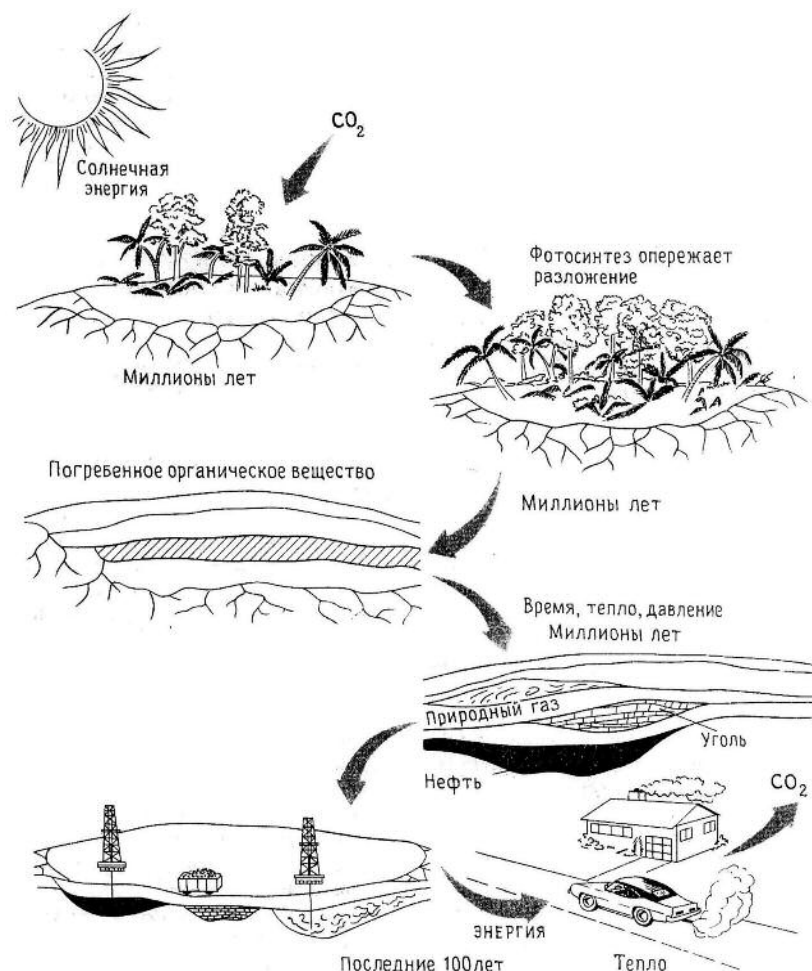


Рис. 5.3.2. Образование и использование горючих полезных ископаемых (Небел, 1993)

Предпосылками возникновения геоэкологии явились работы В.И.Вернадского по геохимии и обострение экологического кризиса в литосфере как глобальной системе, которая обладает рядом экологических особенностей.

1. Литосфера является субстратом развития биосферы и деятельности человека.
2. Литосфера является конечной сферой захоронения продуктов деятельности живого вещества и человека.

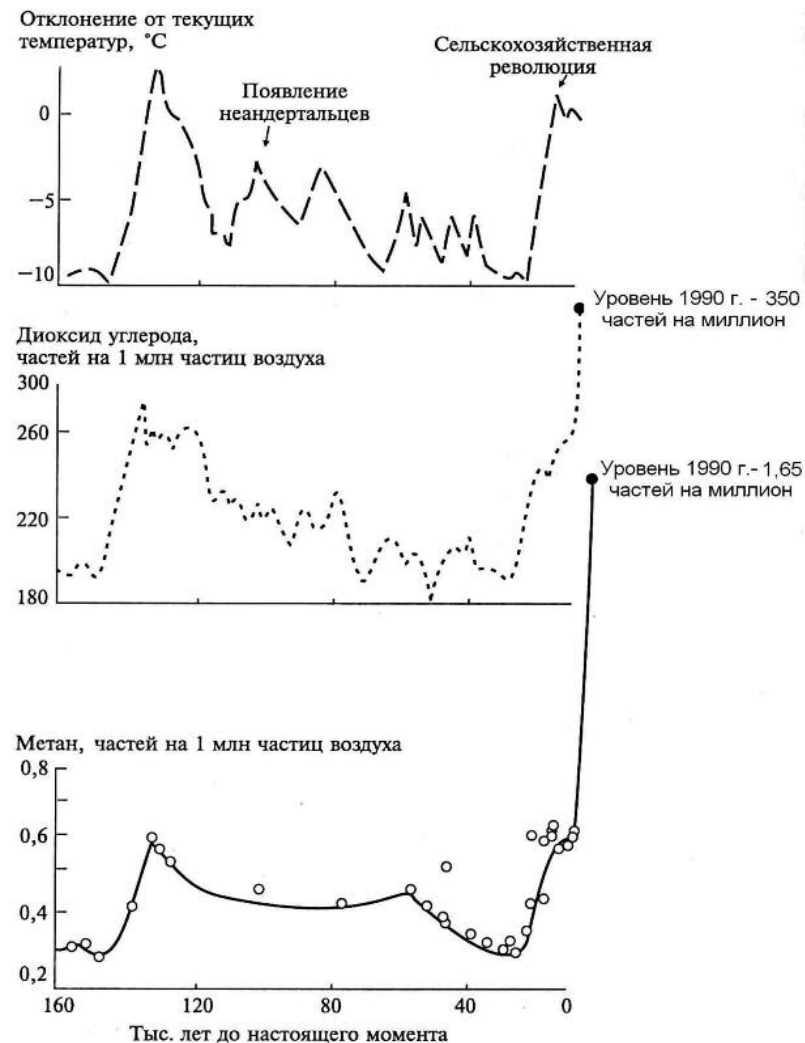


Рис. 5.3.3. Изменение концентрации парниковых газов и глобальной температуры за 160 тыс. лет (Хотунцев, 2004)

3. Процессы в литосфере протекают наиболее медленно, что производит ошибочное впечатление их экологической незначительности.
4. Последствия воздействия на литосферу могут иметь наиболее катастрофический для человека характер (техногенные землетрясения, активизация оползневых процессов и т.д.).



Рис. 5.3.4. Отходы промышленного производства — фосфогипс (Саратовская область)

Основными видами отрицательного воздействия человека на литосферу являются: подземные ядерные взрывы, создание свалок твердых отходов, загрязнение подземных вод, воздействие на верхние горизонты (термическое, электромагнитное и пр.), добыча полезных ископаемых, стремительно нарастающая и вглубь и вширь. Темп механического извлечения вещества из литосферы составляет более 100 млрд т/год, что более чем в четыре раза превышает денудационный снос всех текучих вод на земной поверхности в водоемы. Все текучие воды перемещают по земной поверхности около 13 куб. км/год твердого вещества. Это в 30 раз меньше, чем перемещается твердого вещества в процессе строительных работ и при добыче полезных ископаемых.

Мощность производства каждые 14–15 лет удваивается. Отсюда становится понятной стремительная активизация неблагоприятных для человека геологических процессов (оползни, сели, подтопление и заболачивание, засоление почв, техногенные землетрясения и т.п.). Площадь суши, покрытая сооружениями, составляет по дан-

ным на 1985 год 8 %, на 1990 — более 10 %, на 2000 — около 15 % общей площади суши. С учетом сельскохозяйственных объектов человеком на сегодняшний день изменен облик около половины площади суши. Также стремительно развивается механическое проникновение человека вглубь литосферы (подземные тоннели, метро, переходы, хранилища, скважины). Наиболее мощными факторами воздействия на каменную оболочку планеты являются: а) добыча и переработка полезных ископаемых, б) инженерно-строительная деятельность, в) сельскохозяйственная деятельность и г) военная деятельность человечества.

Результаты деятельности человечества могут быть оценены и в космических масштабах. Протяженность железных дорог (и, следовательно, зон изменения почв, рельефа, геологических процессов) составляет около 1400 тыс. км, что в 3,5 раза превышает расстояние от Земли до Луны. Суммарная протяженность берегов искусственных водоемов больше длины земного экватора. Протяженность магистральных и судоходных каналов составляет величину, близкую к расстоянию от Земли до Луны.

«Космичность» деятельности человека видна визуально, например, при сравнении по космофотоматериалам таких морфологически сходных образований, как метеоритные кратеры и крупные карьеры (рис. 5.3.5).

В результате геологической деятельности человечества получили развитие так называемые техногенные (антропогенные) отложения. Их геологические характеристики определяются особенностями состава коренных пород, подвергшихся преобразованию, и спецификой соответствующего антропогенного процесса. Выделяют также техногенные (антропогенные) элементы и формы рельефа: положительные (насыпи, терриконы, отвалы) и отрицательные (выемки, карьеры, котлованы).

Справка. Экологические функции литосферы как глобальной системы

В условиях обостряющегося экологического кризиса эколого-геологические исследования приобретают все большее значение. В последние годы В.Т. Трофимовым и Д.Г. Зилингом активно развивается учение об экологических функциях литосферы (ресурсная, геодинамическая, геохимическая и геофизическая).

В последние десятилетия воздействие человечества на геологический субстрат по масштабности и силе проявления стало сравнимым с глобальными природными процессами и явлениями, а по ряду показателей превысило их. Стала



Рис. 5.3.5. Вид алмазоносной шахты из космоса (Канада)

Экологические функции и свойства литосферы (Трофимов, Зилинг, 2002)

Экологическая функция литосферы	Экологические свойства литосферы
1	2
Ресурсная	1. Состав и содержание минеральных, органических, органоминеральных ресурсов, необходимых для человеческого сообщества. 2. Состав и содержание элементов биофильного ряда, необходимых для биоты. 3. Способность литосферы к созданию возобновляемых запасов подземных вод, используемых биотой и человеком. 4. Пространственная (площадная и объемная) емкость геологического пространства, обеспечивающая расселение и существование живых организмов и развитие человеческой цивилизации. 5. Качество территориального ресурса применительно к разным видам его освоения и обживания, обусловленное вещественными и энергетическими параметрами литосферы.
Геодинамическая	1. Пространственно-временная неоднородность проявления геологических процессов, влияющих на комфортность проживания человека и условия жизнедеятельности биоты. 2. Каскадность проявления геологических процессов, усиливающих экологическое воздействие на живые организмы и человека. 3. Циклическое развитие катастрофических геологических процессов, влияющих на безопасность проживания живых организмов. 4. Наличие геодинамических зон с газовой разгрузкой глубинных слоев Земли, повышенной флюидной и тектониче-

1	2
	ской активностью, влияющих на иммунную систему человека и активизацию мутагенных проявлений у живых организмов. 5. Циклическая пространственно-временная нестабильность напряженного состояния литосферных блоков (геодинамических аномалий) повышенной экологической опасности. 6. Способность литосферы к возврату в состояние динамического равновесия, из которого она была выведена действием природных или антропогенных факторов.
Геохимическая	1. Наличие геохимических неоднородностей, влияющих на живые организмы. 2. Контрантрационное свойство литосферы, выражающееся в аккумуляции химических элементов и соединений, необходимых для обменных процессов в живых организмах и влияющих на создание геохимических неоднородностей. 3. Миграционные свойства вещества литосферы, определяющие способность в процессе аэральной, аквальной и биологической миграции попадать в растения, в организм человека и животных. 4. Рассеивающее свойство литосферы, определяющее способность ее компонентов к самоочищению.
Геофизическая	1. Наличие пространственно-временной неоднородности геофизических полей, влияющих на биоту. 2. Проявление аномальных и патогенных зон по интенсивности проявления геофизических полей. 3. Способность литосферы к саморегуляции напряженного состояния и интенсивности проявления геофизических полей. 4. Способность литосферы к аккумуляции и преобразованию энергетических потоков космического и глубинного внутриземного происхождения.

очевидной необходимости более глубокого, чем ранее, изучения взаимодействия человека с геологическим субстратом, возникла потребность в прогнозе последствий такого взаимодействия для решения практических геологических задач. Это обусловило формирование и развитие новых научных направлений — геоэкологии (в особенности ее раздела — экологической геологии) и геофизической экологии (в особенности ее раздела — экологической геофизики). Экологическая геофизика, по определению В.А. Богословского с соавторами (2000), представляет собой раздел прикладной геофизики, изучающий экологически опасные природные, природно-техногенные и техногенные явления и процессы в литосфере, гидросфере и атмосфере в целях оценки их воздействия на состояние живых организмов путем исследования естественных и искусственных физических полей.

У экологической геофизики, экологической геологии общий объект исследований — верхняя часть литосферы (геологическая глобальная система, или

геолого-геофизическая среда), характеризующаяся нелинейностью свойств и изменчивостью определяющих ее параметров во времени. Также эти направления имеют единый предмет исследований. Им являются так называемые экологические функции литосферы. Под экологическими функциями литосферы понимается (по В.Т. Трофимову и Д.Г. Зилингу (2002)) все многообразие функций, определяющих и отражающих роль и значение литосферы, включая подземные воды, нефть, газы, геофизические поля и протекающие в ней геологические процессы, в жизнеобеспечении биоты и, главным образом, человеческого сообщества. Выделяют четыре экологические функции литосферы (Трофимов, Зилинг, 2002).

Ресурсная экологическая функция литосферы — определяет роль минеральных, органических и органоминеральных ресурсов и геологического пространства литосферы для жизни и деятельности биоты как в качестве биогеноценоза, так и социальной структуры.

Геохимическая экологическая функция литосферы — отражает свойства геохимических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты в целом, включая человека.

Геодинамическая экологическая функция литосферы — отражает свойства литосферы влиять на состояние биоты, безопасность и комфортность проживания человека через природные и антропогенные процессы и явления.

Геофизическая экологическая функция литосферы — отражает свойства геофизических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты, включая человека. Эта функция обеспечивает способность литосферы обеспечивать и поддерживать на поверхности планеты и в ее приповерхностной части энергетические условия, пригодные для существования и развития живых организмов.

Имеют сильное сходство и основные задачи экологической геофизики и экологической геологии, которые сводятся к следующему (по В.А. Богословскому и др., 2000): 1) Изучение изменений приповерхностных частей литосферы под влиянием природных и техногенных катастрофических и медленно протекающих геодинамических процессов для оценки и прогнозирования их экологических последствий, геодинамической устойчивости литосферы и разработки способов контроля за сохранением ее экологических функций; 2) медико-санитарное и социально-экологическое обеспечение деятельности людей в условиях тесной взаимосвязи с окружающей средой и роста ее физико-химической загрязненности.

Палеоглобалистика теснейшим образом связана с таким научным направлением, как палеоэкология — пограничная наука, развивающаяся на пересечении географии и палеогеографии, геологии, экологии, биологии и палеонтологии. Объектом ее изучения являются биоценозы далекого геологического прошлого (их состав,

внутренние и внешние связи, условия существования). Внутренние связи — взаимоотношения между членами биоценоза (например, пищевые цепи). Внешние связи — отношения с другими биоценозами. Условия существования определяются климато-географическими факторами, а для четвертичного периода — и антропогенным фактором.

Взаимодействие исторической геоэкологии и палеоэкологии с рядом других наук обуславливает неизбежный анализ глобальных кризисов в истории Земли, в частности — причин массовых вымираний в геологическом прошлом (палеонтология) в определенных физико-географических условиях (палеогеография) с последующим сравнением с причинами вымирания современных форм организмов (биология) в определенных физико-географических условиях (география) и/или под антропогенным воздействием (экология). Пересечение прошлого и настоящего необходимо для более целостного анализа сути явлений, происходивших и происходящих в вымерших, вымирающих и существующих сообществах организмов, и, что важно, для возможного прогноза и упреждающих антикризисных действий человечества в будущем.

Справка. Биосоциальный дуализм человека

Человек разумный (*Homo sapiens*) — один из трех миллионов видов современных организмов, занимающий свое определенное место в системе органического мира: царство *Животные*, тип *Хордовые*, класс *Млекопитающие*, отряд *Приматы*, семейство *Гоминиды*, род *Ното*. Сегодня из числа видов рода *Ното* обитает лишь *Homo sapiens*.

Это единственный вид, обладающий так называемым биосоциальным дуализмом. С экологической точки зрения человечество — глобальная (космополитная) популяция биологического вида *Homo sapiens* со своими экологическими взаимосвязями, часть экосистемы. Человек как организм принимает участие в круговороте веществ, конкуренции, является симбионтом, организмом-хозяином и т.д.

Но в то же время это не вполне обычный вид, он выделяет своими особенностями, присущими ему в отличие от других видов органического мира. Он образует общественную систему — «человечество»; обладает огромными масштабами и силой воздействия на окружающую среду, способностью изменять и «подчинять» себе среду обитания с необычайно большой скоростью. Человечество подчиняется не только биологическим, но и иным, прежде всего социальным законам.

Основные события в истории человечества таковы.

1. Применение орудий труда (3–2 млн лет.).

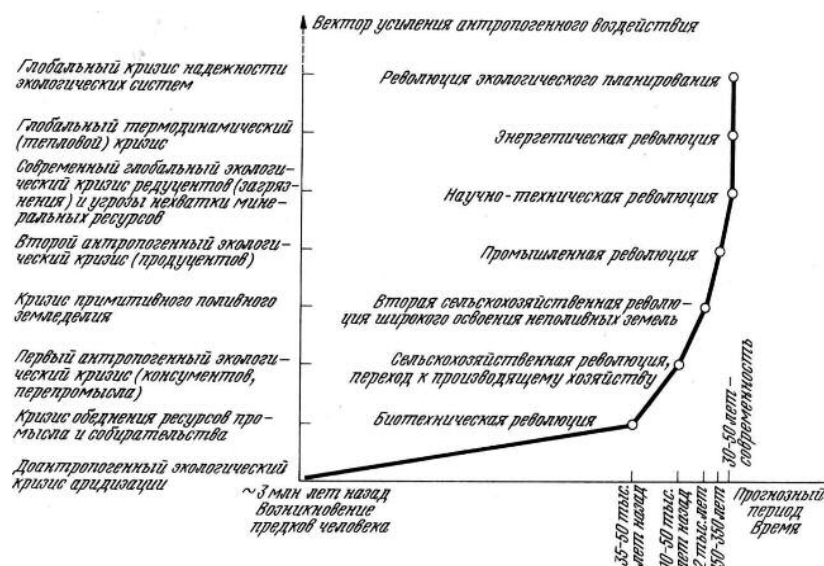


Рис. 5.3.6. Экологические кризисы и революции (масштаб условный) (Реймерс, 1992)

2. Навыки изготовления орудий труда (около двух млн лет назад — человек умелый).
3. Умение поддерживать огонь (0,5 млн лет — синантропы).
4. Членораздельная речь и сопутствующее ей абстрактное (понятийное) мышление (около 40 тыс. лет назад).
5. Возникновение сельского хозяйства, т.е. «производства продовольствия», ресурсов (около 10 тыс. лет назад).
6. Появление машин и механизмов. Овладение всеми видами ископаемого топлива (200–300 лет назад).
7. Освоение ядерной энергии (XX век).

В истории социально-экологических связей человечества можно определить две главные тенденции.

1. Нарастание эмансипации от среды обитания.
2. Нарастание энерговооруженности, влекущее усиление давления на экосферу.

Противоречия с природой вплоть до глобальных кризисов уже неоднократно развивались в истории человечества (рис. 5.3.6). Древние цивилизации Месопотамии и Средиземноморья развивались по сценарию: рост населения — истощение ресурсов — экспансия — милитаризация, тоталитаризм — сверхнагрузка на ре-

сурсы — деградация окружающей среды — духовная деградация — утрата внутренней энергии и развал государственной системы. Чтобы такая ситуация не повторялась в будущем, человек пересматривает свои взаимоотношения с природой. Одним из шагов к новому диалогу человека и природы является разработка и воплощение так называемой концепции (стратегии) устойчивого развития (см. Приложение).

Исследования в области зарождающегося на наших глазах направления — палеоглобалистики — приводят авторов к соответствующим выводам и размышлениям. Уходят в историю времена великого противостояния природы и общества, протекавшие под показательным лозунгом «мы не можем ждать милостей от природы, взять их у нее — наша задача». Наследие этого времени — обострение глобально-экологических проблем, которые вносят свой весомый вклад в развитие общего кризиса человеческой цивилизации. Этот период поучителен как этап глобального заблуждения о необходимости борьбы с породившей нас природой и о неоспоримом главенстве человека. События последних лет хорошо показывают, кто является истинным хозяином нашего общепланетарного дома. Цунами в Юго-Восточной Азии, извержение Эйяфьятлайокудла, массовое горение лесов и торфяников в России — все это известные катаклизмы, встряхнувшие мир в целом, оказавшие серьезное влияние на все человечество. Подчеркнем, что названные события являются в палеоглобалистическом масштабе весьма незначительными и рядовыми в развитии природы. К ним постоянно «добавляются» катастрофы вызванные исключительно человеческим фактором. Показательным примером может служить недавняя техногенная авария с разливом нефти у американского побережья, чрезвычайно негативно сказавшимся на состоянии окружающей среды.

Когда авторами готовилась к печати эта книга, произошли катастрофические события в Японии, в очередной раз подтвердившие хрупкость равновесия природной и антропогенной составляющих окружающего мира. На примере этой ситуации как никогда показательно видно, что относительно небольшое (в палеоглобалистическом масштабе времени и пространства) природное событие (каскад землетрясений за счет разрядки так называемой «клавишной структуры» в геологическом субстрате) способно оказать серьезное влияние на биотические процессы и вызвать ка-

тастрофические сбои в работе техногенных систем (АЭС, нефтеперерабатывающих комплексов и др.). Более того, эти события прогнозировались российскими геологами краткосрочно на ближайшие годы, и было бы логичным ожидать катастрофического развития ситуации именно сейчас, на стадии максимального сближения Луны с Землей. Известно, что гравитация Луны воздействует не только на гидросферу, вызывая приливы, но и на литосферу — и такое воздействие может сыграть роль последней капли (на языке синергетики «триггерного эффекта») для серии катастрофических землетрясений в тех районах Земли, где за счет взаимодействия литосферных плит накопились критические напряжения. Тем не менее человечество продемонстрировало, как обычно свою крайне низкую готовность к событийным сценариям подобного рода.

Несмотря на первоначальную географическую локальность природной катастрофы, она способна распространить серьезное влияние на все человечество, существенно изменить все процессы в обществе, в том числе политические, экономические, миграционные и другие. В результате, образно выражаясь, «расстояние от геологии до политики» представляется не столь уж большим и непреодолимым. Подобные события с особой жесткостью подчеркивают драматичность глобальных взаимоотношений природы и общества на сегодняшний день, которые в таком виде не могут быть оценены как приемлемые и требуют немедленного серьезного пересмотра человечеством своих действий и жизненных стратегий.

Можно спорить о первичности природного фактора, о степени взаимовлияния природного и человеческого, о футуроглобалистических сценариях дальнейшего устойчивого развития природно-антропогенной системы в формате нашей планеты. В любом случае очевидно, что мы вступаем в новый этап совместного развития геологической основы нашей планеты, живого вещества биосферы и собственно человечества. Насколько гармоничными будут взаимоотношения трех названных участников глобальных процессов на этом этапе, будет во многом зависеть от глобалистической позиции нашего общества и его интеллектуальной элиты.

И в этом отношении трудно, на наш взгляд, переоценить роль палеоглобалистики несомненно актуального и важного научного направления. Строить новые отношения природы и общества, обсуждать перспективу в контексте «устойчивого развития» возможно только с учетом не просто багажа истории человеческой цивилизации, но и всего палеоглобалистического опыта эволюции Земли

и жизни. Необходимо дальнейшее изучение механизмов и закономерностей взаимодействия основных глобальных систем планеты на уровне отдельных оболочек — геосфер, определение роли человечества в их естественной коэволюции. Особенно показательны в этом отношении глобальные кризисы и катастрофические события.

В заключение целесообразно сформулировать основные нерешенные вопросы палеоглобалистики, характерные для всех зарождающихся наук. Очевидно, что одной из ключевых проблем являются неустоявшиеся и недостаточно разработанные теоретико-методологические основы этого нового направления, пока не вполне понятна ниша палеоглобалистики в глобалистической науке в целом, не очерчено четко предметное поле и т.п. Основные дискуссии специалистов по этим вопросам еще впереди.

Другой ключевой проблемой является необходимость более глубокого изучения механизмов взаимодействия природы и общества в палеоглобалистическом масштабе с выработкой рекомендаций на будущее. Сегодня мы находимся на стадии начального палеоглобалистического осмысления глобальных естественных явлений и процессов, применительно к развитию цивилизации. Человечеству еще предстоит научиться реагировать и адаптироваться ко многим глобальным природным процессам и событиям. Таким, например, может явиться смена магнитных полюсов планеты, что не наблюдалось в истории современной человеческой цивилизации, но многократно происходило в геологическом прошлом. Возможные последствия реперолюсовки для современных природно-техногенных, технических систем и организма самого человека еще только начинают серьезно обсуждаться, несмотря на то, что вероятность этого природного глобального события в обозримом будущем достаточно высока. Аналогично можно говорить об импактных событиях, неоднократно наблюдавшихся в истории Земли, оказавших революционное влияние на развитие биосферы и всех экологических систем. Сегодня мы только начинаем серьезно анализировать с футуроглобалистических позиций сценарии развития планеты и человечества, связанные с ударами космических тел.

Основной задачей глобалистики как набирающего силу научно-образовательного направления и мировоззрения на сегодняшний день можно признать синтез неоглобалистического, футуроглобалистического и палеоглобалистического знания. На наш

взгляд, необходим и неизбежен выход на создание и развитие синтетической теории глобалистики. В формате данной книги мы сочтем свою задачу выполненной, если при чтении настоящего пособия студент — будущий специалист по глобальным процессам (или специалист в иной области, который может в своей деятельности столкнуться с глобальными процессами) — приблизится вместе с авторами к пониманию гармоничной глобалистической картины мира. Авторы будут признательны за конструктивную критику и деловые предложения по улучшению представленного учебного пособия.

Список использованных источников

- Алексеев А.С. Верхний мел // Геологическое строение Качинского поднятия Горного Крыма. Стратиграфия мезозоя / Под ред. Мазаровича О.А., Милеева В.С. М.: Изд-во МГУ, 1989. С. 123–135.
- Афанасьев С.Л. Флишевая формация. Закономерности строения и условия образования. М.: Росвузнаука, 1993.
- Богословский В.А., Жигалин А.Д., Хмелевской В.К. Экологическая геофизика. Учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 2000.
- Будыко М.И. Глобальная экология. М.: Мысль, 1977.
- Войткевич Г.В., Вронский В.А. Основы учения о биосфере. Ростов-на-Дону: Феникс, 1996.
- Воронков Н.А. Экология. М.: Агар, 1999.
- Габдуллин Р.Р. Ритмичность верхнемеловых отложений Русской плиты, Северо-Западного Кавказа и Юго-Западного Крыма (строение, классификация, модели формирования). М.: Изд-во МГУ, 2002.
- Габдуллин Р.Р., Ильин И.В., Иванов А.В. Эволюция Земли и жизни. М.: Изд-во МГУ, 2005.
- Габдуллин Р.Р., Иванов А.В., Кошелев А.В., Копяев Л.Ф. Тренинг по секвентной стратиграфии. Учебное пособие для повышения квалификации специалистов. М.: Изд-во МГУ, 2010. 2,4 Гб [электронное издание].
- Географический прогноз: теория, методы, региональный аспект. М.: Наука, 1986.
- Геоэкологические принципы проектирования природно-технических систем. М.: Институт географии АН СССР, 1987.
- Гольдфейн М.Д., Иванов А.В., Маликов А.Н. Концепции современного естествознания. М.: Изд-во РГТЭУ, 2009.
- Гольдфейн М.Д., Кожевников Н.В., Иванов А.В., Кожевникова Н.И., Маликов А.Н., Тимуш Л.Г. Основы экологии, безопасности жизнедеятельности и экономико-правового регулирования природопользования. М.: Изд-во РГТЭУ, 2006.
- Дерябо С.Д., Ясвин В.А. Экологическая педагогика и психология: Учебное пособие. Ростов-на-Дону: Феникс, 1997.
- Долуханов П.М. Хронология палеолитических культур // Проблемы абсолютного датирования в археологии. М.: Наука, 1972. С. 11–25.
- Диксон Д., Адамс Дж. Дикий мир будущего. М.: Эгмонт Россия Лтд., 2003.
- Иванов А.В. Козволюция геосфер: элементы биниальности и синергетики // Биниология, симметрология и синергетика в естественных науках. Тюмень: Изд-во ТюмГНГУ, 2004. С. 8–12.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Иванов А.В. Фрактально-ячеистая модель геосфер // Геология: история, теория, практика. Матер. межд. конф., посвященной 250-летию Государственного геологического музея им. В.И. Вернадского РАН. М.: ГГМ РАН, 2009. С. 94–96.
- Ильин И.В., Иванов А.В. Введение в глобальную экологию. М.: Изд-во МГУ, 2009.
- Ильин И.В., Урсул А.Д. Эволюционная глобалистика. М.: Изд-во МГУ, 2009.
- Историческая геология с основами палеонтологии / Е.В.Владимирская, А.Х. Кагарманов, Н.Я. Спасский и др. Л.: Недра, 1985.
- Казаков Л.К. Ландшафтоведение (природные и природно-антропогенные ландшафты). Уч. пособие. М.: Изд-во МНЭПУ, 2004.
- Кефели И.Ф. Глобальное оружие и глобальная безопасность: к постановке проблемы // Геополитика и безопасность. 2011. №1.
- Коломыц Э.Г. Бореальный экотон и географическая зональность: атлас-монография. М.: Наука, 2005.
- Коломыц Э.Г. Региональная модель глобальных изменений природной среды. М.: Наука, 2003.
- Колчинский Э.И. Эволюция биосферы. Л.: Наука, 1990.
- Косарев В.С., Копыльцов А.И. Корреляция отложений Маастрихта естественных разрезов моноклинали Северного Кавказа и нефтеносных площадей Восточного Ставрополя // Геология нефти и газа. 1982. №11. С. 14–27.
- Кочуров Б.И. География экологических ситуаций (экодиагностика территорий). М.: ИГ РАН, 1997.
- Кочуров Б.И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территорий. Смоленск: СГУ, 1999.
- Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие. М.: Смоленск: Маджента, 2003.
- Кудрявцев О.К. Расселение и планировочная структура крупных городов-агломераций. М.: Стройиздат, 1985.
- Кэри У. В поисках закономерностей развития Земли и Вселенной. История догм в науках о Земле. М.: Мир, 1991.
- Лапо А.В. Следы былых биосфер. М.: Знание, 1987.
- Лаппо Г.М. География городов. М.: Гуманитарный издательский центр «ВЛАДОС», 1997.
- Лима-де-Фариа А. Эволюция без отбора. Автоэволюция формы и функции. М.: Мир, 1991.
- Макаров В.З. Основы градоэкологического анализа. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2000.
- Маргелис Л. Роль симбиоза в эволюции клетки. М.: Мир, 1983.
- Марков К.К. Палеогеография (историческое землеведение). М.: Гос. изд-во географической литературы, 1951.
- Марков К.К., Каплин П.А., Свиточ А.А. Сопреженный палеогеографический анализ // Географические исследования в Московском университете. М., 1976.

- Миттон С., Миттон Ж. Астрономия. М.: Росмэн, 1995.
- Молостовский Э.А., Гужиков А.Ю., Фомин В.А. и др. Магнитостратиграфия мезозойских и кайнозойских отложений Северной Евразии. Отчет по научно-исследовательской теме. Саратов: НИИ геологии СГУ, 1995.
- Найдин Д.П., Копачев Л.Ф. Внутрiformационные перерывы верхнего мела Мангышлака. М.: Изд-во МГУ, 1988.
- Найдыш В.М. Концепции современного естествознания. М.: Гардарики, 2002.
- Небел Б. Наука об окружающей среде: как устроен мир. В 2-х тт. М.: Мир, 1993.
- Пауэлл К.С. Вглядываясь вглубь // В мире науки. 1981. № 8. С. 79–88.
- Первушов Е.М., Гудошников В.В., Староверов В.Н. и др. Горизонты оже-лезнения в верхнемеловых отложениях Саратовского Правобережья (страти-графическое положение и структурная приуроченность) // Материалы к 1-му Всерос. литол. совещ. 19–21 декабря 2000 г. Т. 2. М., 2000. С. 99–103.
- Первушов Е.М., Гудошников В.В., Ермохина Л.И., Барабошкин Е.Ю. Законо-мерности фосфатонакопления и фосфоритообразования в меловое–палео-геновое время в пределах Правобережного Поволжья // Там же. С. 104–108.
- Петророва Р.А., Голов В.П., Сивоглазов В.И., Страут Е.К. Естествознание и основы экологии. М.: Дрофа, 2007.
- Подобина В.М., Родыгин С.А. Историческая геология. Томск: Изд-во на-учно-технической литературы, 2000.
- Реймерс Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы). М.: Журнал «Россия Молодая», 1994.
- Ретеюм А.Ю. Региональное развитие в свете концепции нуклеарных си-стем // Новые концепции в географии и прогнозировании. М.: Наука, 1993. С. 48–66.
- Романов Р. Ну и сожгите меня на костре! М.: ТОО «Фантастика для всех», 1996.
- Рудский В.В., Стурман В.И. Основы природопользования. М.: Аспект Пресс, 2007.
- Саратов: комплексный геоэкологический анализ / Под ред. А.В. Иванова. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 2003.
- Синицын В.М. Введение в палеоклиматологию. Л.: Недра, 1967.
- Синицын В.М. Введение в палеоклиматологию. 2-е изд., переработ. и доп. Л.: Недра, 1980.
- Советский энциклопедический словарь / Прохоров А.М. (пред. науч.-ред. совета) и др. М.: Советская энциклопедия, 1982. С. 464–465.
- Сорохтин О.Г. Жизнь Земли. М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотиче-ская динамика»; Институт компьютерных исследований, 2007.
- Сунгатуллин Р.Х. Моделирование природных и техногенных систем про-мышленно-урбанизированных регионов (на примере Республики Татарстан). Автореф. дис. доктора геол.-мин. наук. Екатеринбург, 2010.
- Тетиор А.Н. Архитектурно-строительная экология (здоровые города). М., 1995.

- Толстова Н.В., Габдуллин Р.Р. Ритмичность кампанских отложений у сел. Терновка (Севастопольский район Юго-Западного Крыма): строение, типиза-ция, условия формирования // Вест. МГУ. Серия 4. Геол. 2006. №2. С. 17–23.
- Трофимов В.Т., Зилинг Д.Г. Экологическая геология. М.: Геоинформмарк, 2002.
- Хаин В.Е. Основные проблемы современной геологии (геология на пороге XXI века). М.: Наука, 1995.
- Хаин В.Е., Короновский Н.В., Ясаманов Н.А. Историческая геология. М.: Изд-во МГУ, 1997.
- Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность. М.: Издатель-ский центр «Академия», 2004.
- Яшков И.А., Иванов А.В., Кусков А.С., Баранов В.А. «Мертвые» города в геоэкологическом и культурном пространстве. М.: Издательский дом «Ка-мертон», 2010.
- Bolli H.M., Ryan W.B.F., Foresman J.B. et al. Walvis Ridge – sites 362 and 363 // DSDP. 1978. Vol. XL. Pp. 183–356.
- Bucha V., Bucha V. Jr. Geomagnetic forcing of changes in climate and in the at- mospheric circulation // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 1998. 60 (2). Pp. 155–169.
- Casadío S., Griffin M., Parras A. Camptonectes and Plicatula (Bivalvia, Pteri- omorphia) from the Upper Maastrichtian of northern Patagonia: palaeobiogeographic implications // Cretaceous Research. 2005. Vol. 26. Pp. 507–524.
- Clarke J.A., Olivero E.B., Puerta P. Description of the Earliest Fossil Penguin from South America and First Paleogene Vertebrate Locality of Tierra Del Fuego, Argentina // American Museum Novitates. 2003. № 3423. Pp. 1–18.
- Dinarès-Turell J., Baceta J.I., Pujalte V. et al. Untangling the Palaeocene climatic rhythm: an astronomically calibrated Early Palaeocene magnetostratigraphy and biostratigraphy at Zumaia (Basque basin, northern Spain) // Earth and Planetary Science Letters. 2003. Vol. 216. Pp. 483–500.
- Fernandez M., Martin J., Casadío S. Mosasaurs (Reptilia) from the late Maas- trichtian (Late Cretaceous) of northern Patagonia (Río Negro, Argentina) // Journal of South American Earth Sciences. 2008. Vol. 25. Pp. 176–186.
- Gale A. Cyclostratigraphy // Unlocking the Stratigraphical Record: Advances in Modern Stratigraphy / Ed. by P. Doyle & M.R. Bennett. Wiley & Sons Ltd., 1998. Pp. 195–220.
- Gale A. Cyclostratigraphy and correlation of the Cenomanian Stage in Western Europe // Sequence stratigraphy in British Geology, Geol. Soc. Spec. Publ. 1995. № 85. Pp. 177–197.
- Gale A. Turonian correlation and sequence stratigraphy of the Chalk in southern England // Sequence stratigraphy in British Geology, Geol. Soc. Spec. Publ. 1996. № 103. P. 177–195.
- Gale A.S., Hancock J.M., Kennedy W.J. Biostratigraphical and sequence corre- lation of the Cenomanian successions in Mangyshlak (W. Kazakhstan) and Crimea (Ukraine) with those in Southern England // Bulletin de L'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique. Sciences de la Terre. 1999. 69, Suppl. A. Pp. 67–86.

Goldfein M.D., Ivanov A.V., Kozhevnikov N.V. Fundamentals of General Ecology Life Safety and Environment Protection. New York: Nova Science Publishers, 2010.

Haq B.U., Hardenbol J., Vail P.R. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic // Science. 1987. Vol. 235. № 4793. Pp. 1156–1167.

Hardenbol J., Thierry J., Farley M.B., Jacquin T., Graciansky P.-Ch. & Vail P.T. Mesozoic and Cenozoic Sequence Chronostratigraphic Framework of European Basins // Graciansky P.-Ch., Hardenbol J., Jacquin T. & Vail P.T., eds. Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins. SEPM Spec. Publ. 1998. 60. Chart 1.

Keqian Zhou, Rp, Butler C.J. A statistical study of the relationship between the solar cycle length and tree-ring index values // Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics. 1998. 60 (18). Pp. 1711–1718.

Keller G., Abramovich S., Berner Z. et al. Biotic effects of the Chicxulub impact, K–T catastrophe and sea level change in Texas // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2009. Vol. 271. Pp. 52–68.

Keller G., Adatte T., Tantawy A.A. et al. High stress late Maastrichtian – early Danian palaeoenvironment in the Neuquén Basin, Argentina // Cretaceous Research. 2007. Vol. 28. Pp. 939–960.

Kuss J. Facies Development of Upper Cretaceous – Lower Tertiary Sediments from the Monastery of St. Anthony, Eastern Desert, Egypt // Facies. 1986. Vol. 15. Pp. 177–194.

Li L. et al. Late Cretaceous sea-level changes in Tunisia: a multi-disciplinary approach // Journal of Geological Society. 2000. Vol. 157. Pp. 447–458.

Mahboubi A., Moussavi-Harami R., Mansouri-Daneshvar P. et al. Upper Maastrichtian depositional environments and sea-level history of the Kopet-Dagh Intracontinental Basin, Kalat Formation, NE Iran // Facies. 2006. Vol. 52. Pp. 237–248.

Marquillas R., Sabino I., Sial A.N. et al. Carbon and oxygen isotopes of Maastrichtian–Danian shallow marine carbonates: Yacoraite Formation, northwestern Argentina // Journal of South American Earth Sciences. 2007. Vol. 23. Pp. 304–320.

Naidin D.P., Volkov Yu.V. Eustasy and late cretaceous seas of the East-European Platform // Zbl. Geol. Paläont. 1996. T. I. № 11/12. S. 1225–1232.

Oms O., Dinares-Turell J., Vicens E. et al. Integrated stratigraphy from the Vallcebre Basin (southeastern Pyrenees, Spain): New insights on the continental Cretaceous–Tertiary transition in southwest Europe // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2007. Vol. 255. Pp. 35–47.

Pascual R., Goin F.J., Gonzalez P. et al. A highly derived docodont from the Patagonian Late Cretaceous: evolutionary implications for Gondwanan mammals // Geodiversitas. 2000. Vol. 22. № 3. Pp. 395–414.

Peixoto J.P., Oort A.N. Physics of Climate. New York: AIP Press, 1992.

Pimpirev C., Stoykova K., Ivanov M. et al. The Sedimentary Sequences of Hurd Peninsula, Livingston Island, South Shetland Islands: Part of the Late Jurassic – Cretaceous Depositional History of the Antarctic Peninsula // Antarctica: Contributions to global earth sciences / Ed. by Futterer D.K., Damaske D., Kleinschmidt G., Miller H., Tessensohn F. Berlin; Heidelberg; New York: Springer-Verlag, 2006. Pp. 249–254.

Pujalte V., Baceta J.-I., Dinark-Turell J. et al. Biostratigraphic and magnetostratigraphic intercalibration of latest Cretaceous and Paleocene depositional sequences from the deep-water Basque basin, western Pyrenees, Spain // Earth and Planetary Science Letters. 1995. Vol. 136. Pp. 17–30.

Robaszynski F. et al. The Cenomanian of the Blanc-Nez area (Boullonnais, France) litho-biostratigraphy // Revue de Paléobiologie. 1992 (11). P. 350–357.

Rougier G.W., Chornogubsky L., Casadío S. et al. Mammals from the Allen Formation, Late Cretaceous, Argentina // Cretaceous Research. 2009. Vol. 30. Pp. 223–238.

Schmitz W.J. On the interbasin-scale thermohaline circulation // Rev. Geophys. 1995 (33). Pp. 151–173.

Schulte P., Deutsch A., Salge T. et al. A dual-layer Chicxulub ejecta sequence with shocked carbonates from the Cretaceous–Paleogene (K–Pg) boundary, Demerara Rise, western Atlantic // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2008(2). Pp. 367–398.

Scotise PALEOMAP Project, 2002. URL: <http://www.scotise.com>

Smith A.G., Briden J.C. Paleogeographic maps. Cambridge university press, 1977.

Stueben D., Kramar U., Berner Z.A. Late Maastrichtian paleoclimatic and paleoceanographic changes inferred from Sr/Ca ratio and stable isotopes // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 2003. Vol. 199. Pp. 107–127.

Su W., Woodward R.L., Dziewonski A.M. Degree 12 model of shear velocity heterogeneity in the mantle // J. Geophys. Res. 1994. Vol. 99. Pp. 6945–6980.

Tantawy A.A., Keller G., Adatte T. et al. Maastrichtian to Paleocene depositional environment of the Dakhla Formation, Western Desert, Egypt: sedimentology, mineralogy, and integrated micro- and macrofossil biostratigraphies // Cretaceous Research. 2001. Vol. 22. Pp. 795–827.

ten Kate W.G.H.Z., Sprenger A. Orbital cyclicity above and below the Cretaceous/Paleogene boundary at Zumaya (N Spain), Agost and Relleu (SE Spain) // Sedimentary Geology. 1993. Vol. 87. Pp. 69–101.

Trenberth K.E., Olson J.G., Large W.G. A global ocean wind stress climatology based on ECMWF analyses: Technical report. National Center for Atmospheric Research. Boulder, CO, USA, 1989.

Van Valen L.M. A resetting of community evolution // Nature. 1984. Vol. 307. № 5946. Pp. 50–53.

Ниже представлены дополнительные материалы по тематике учебного пособия, в которых более подробно изложены некоторые аспекты палеоглобалистики.

1. Глобальное представление времени

Проблема времени в науках о Земле является одной из важнейших и решается с помощью составления и совершенствования так называемых геохронологических шкал, отражающих основные этапы истории планеты. Наиболее проработана шкала на отрезок времени, называемый фанерозоем и составляющий около $1/8$ длительности существования Земли. Для развития палеоглобалистики необходима разработка шкалы на всю историю Земли от момента ее возникновения как планетарной системы. Подобная шкала, отражающая этапы и события на протяжении всей истории планеты, сегодня разрабатывается с учетом подразделений фанерозоя.

Таблица 1

Соотношение галактических и традиционных подразделений фанерозоя

галактические годы	датировки, млн лет	эры	периоды
ноэтий	140	кайнозойская	четвертичный
			неогеновый
			палеогеновый
фитоний	355	мезозойская	меловой
			юрский
			триасовый
фосфатий	570	палеозойская	пермский
			каменноугольный
			девонский
			силурийский
			ордовикский
			кембрийский

Таблица 2

Галактическая шкала (по В.М. Подобиной, С.А. Родыгину, 2000)

зоны	галактические годы	датировки, млн лет	основные черты
1	2	3	4
фанерозойский	ноэтий	140—настоящее время	появление цепочки: приматы—мозг—ноосфера
	фитоний	355—140	бурный расцвет растительного мира («растительная революция»)
	фосфатий	570—355	широкое накопление фосфатов, появление скелетных животных («скелетная революция»)
протерозойский	криогений	785—570	в венде в пределах Палеоазиатского океана, который существовал на месте Центрально-Азиатского складчатого пояса, господствовал пассивный режим
	тоний	1000—785	в апогалактии определяется раскрытием Палеоазиатского океана и Палеопацифики (соответственно 923 ± 72 и $800-750$ млн лет)
	стений	1215—1000	байкальская складчатость
	эктазий	1430—1215	главный импульс магматизма приходится на апогалактий; на Урале формируется вулканогенно-осадочная толща мощностью 2—2,5 км
	калимий	1645—1430	глобальное расширение земной коры и формирование огромных геосинклинальных поясов (Циркум-Тихоокеанский и др.); внедрение на континентах габброанортозитовых массивов
	статерий	1860—1645	мощные тектоно-магматические события в апогалактии с образованием континентальных рифтов; внедрение расплавов различного состава; метаморфизм
	орозирий	2075—1860	толеитовый магматизм сопровождается активным газовым делением и рудообразованием (древнейшие «черные курильщики»); на рубеже 1950 млн

Окончание табл. 2

1	2	3	4
			лет происходит становление глобальной системы коллизионных орогенов; образование раннепротерозойского суперконтинента Пангея-I
	рясий	2290–2075	широкое развитие эвапоритизации и доломитообразования; формирование карбонатных платформ (экспансия строматолитообразователей)
	сидерий	2505–2290	заложение в апогалактии палеорифтовых зон в коре гетерогенных протоплатформ в виде линейных грабенообразных прогибов
архейский	кратоний	2720–2505	кратонизация архейской коры
	хабузий	2935–2720	первые обширные осадочные бассейны
	хлоропетрий	3150–2935	образование зеленокаменных поясов
	гнейсий	3365–3150	интенсивное развитие гнейсовых комплексов, в том числе серогнейсовых
	магнезий	3580–3365	первые мощные проявления высокомагнезиальных пород
	литозий	3795–3589	древнейшие горные породы («камни»)
прискойский	бомбардий	4010–3795	интенсивная метеоритная бомбардировка; как следствие — дробление тонкой новообразованной гетерогенной коры и заложение будущих зеленокаменных поясов
	реголитий	4225–4010	крупные бомбардировки в апогалактии; излияние «морских» базальтов на Луне в перигелии; формирование фрагментов «кислой» лунной коры, состоящей из реголита
	селений	4440–4225	лунная стадия развития Земли
	аккреций	4655–4440	аккреция, «слипание» планетезималей
предгеологическое время	метеоритий	4870–4655	формирование вещества Земли
	иллий	5085–4870	формирование «сгустка материи»

Таблица 3

Этапы и периоды (стадии) развития ландшафтной оболочки Земли
(Казаков, 2004)

Этапы и периоды ландшафтной эволюции	Время, геологическая и археологическая периодизация	Длительность, г.	Ведущие факторы и формы эволюционного развития
1	2	3	4
Абиогенный этап	4500–570 млн л. н. (докембрий)	4 000 000 000	Господство физико-химических и механических форм и факторов, зарождение жизни
Биогенный этап	570 млн — 40 тыс. л.н. (палеозой–кайнозой)	570 000 000	Биогенные факторы и формы. Органическая жизнь — ведущий фактор эволюционного развития ландшафтной оболочки, зарождение человечества
Антропогенный этап	40 тыс. л. н. — наши дни (четвертичный период, с середины вюрмского оледенения)	40 000	Появление Человека разумного (Homo sapiens) и активное нарастание его роли в жизни и трансформации ландшафтов
Периоды (стадии) эволюции			
Древнейший	40 тыс. — 10 тыс. л.н. (верхний палеолит, до конца ледникового периода)	30 000	Появление родовой общины, глобальное распространение человека, локальное влияние на биоту, микроклимат, совершенствуются орудия труда
Неолитическая революция, 10–8 тыс. л. н.			Антропогенные факторы и формы
Древний	10–3 тыс. л. н. (начало голоцена; мезолит, неолит, бронзовый век)	7000	Активно развивается производящий тип хозяйственной деятельности. Антропогенный фактор локально приобретает ведущее значение в трансформации почв, элементов мезорельефа, ландшафтов. Развивается земледелие, скотоводство, ремесленничество
Новый	3 тыс. л. н. — середина XX в. (железный век, НТР и промышлен-	< 3000	Быстрый рост численности населения, социального, научного и технического совер-

Окончание табл. 3

1	2	3	4
	ленная революция XVIII–XIX вв.)		шенства общества, его коллективного разума (школы, наука). Господство железа, оседлого образа и производящего типа хозяйственной жизни. Региональные антропогенные трансформации ландшафтов. Зарождение ноосферы
Новейший	Со 2-й половины XX в.	< одного века	Крупнорегиональные трансформации ландшафтов. Индустриально-промышленное освоение высокотехнологических энергетических источников, выход в космос. Практические попытки реализации более высоких форм организации общества социальной справедливости (социализм). Выделение устойчивых ТПХС, начало перехода к постиндустриальным высоким информационным технологиям всех сфер жизнедеятельности, в т.ч. геоэкологической оптимизации природопользования на основе ландшафтного планирования. Начало формирования планетарного ноосферного информационного поля и управляемой экологизированной ноосферы

3. Циклостратиграфические исследования и глобальные корреляции

История становления циклостратиграфии. Меловая система и, в частности, ее верхний отдел известны многочисленными примерами циклических разрезов. Детальная послойная циклостратиграфическая корреляция для верхнего мела была впервые осуществлена в 1995 году А. Гэйлом (Gale, 1995) на примере 21 разреза сеноманских отложений Западной Европы, принадлежащих Кливлендскому, Англо-Парижскому, Мюнстерскому, Нижнесаксонскому, Воконтскому эпиконтинентальным бассейнам—впадинам и глубоко-водному бассейну Умбрийских Апеннин. Отложения преимущественно представлены переслаиванием пластов мела или мергелей и известняков. Гэйлом же позднее (Gale, 1996) была предложена схема сопоставления 18 разрезов турона Великобритании для английской части Англо-Парижской впадины. Впоследствии Гэйлом (Gale, Hancock, Kennedy, 1999) менее детально на уровне пачек были сопоставлены сеноманские разрезы Европы (Фолкстоун, Дувр), Крыма (Сельбухра) и Мангышлака (Шах-Богота, Коксыртау, Сулукапы).

Интерес представляет работа коллектива авторов во главе с Ф. Робашинским (Robaszinski et al., 1998), включая А. Гэйла, в которой сеноманские разрезы Великобритании и Франции были не только циклостратиграфически сопоставлены, но и проанализированы с позиций секвентной стратиграфии с выделением системы трактов.

Вместе с тем аналогичные исследования проводились и российскими геологами. Р.Р. Габдуллиным (2002) были циклостратиграфически сопоставлены семь сеноманских разрезов Бахчисарайского района Крыма — горы Сельбухры (№№ 1–3), реки Качи (с. Кудрино), оврага Аксу-Дере и горы Мендер. Был воссоздан сводный циклический разрез для средне- и верхнесеноманских карбонатных отложений этого района. *Методика циклостратиграфических исследований* — восстановление сводного циклического разреза с присвоением каждому ритму или его элементу порядкового номера, типа календаря. Такое возможно при детальных и комплексных стратиграфических исследованиях, которые позволяют точно определить диапазон времени, соответствующий имеющейся толще с учетом всех перерывов, если таковые имеются.

Мощности пластовых циклитов (т.е. пар или троек слоев), сформировавшихся на одной палеошироте, будут равны или близки. Этот же временной интервал в других палеоширотах будет охарактеризован циклитами большей или меньшей мощности, но в целом последовательность значений величины мощности (тренд) будет выдерживаться в планетарном масштабе (рис. 1).

Для примера рассмотрим разрезы Нигерии (Ашака), Франции (Блан-Не), Украины (Сельбухра) и США (Пуэбло). Разрез Ашака в конце сеноманского века находился существенно южнее (рис. 2), поэтому мощности его циклитов так сильно отличаются от других разрезов, располагавшихся приблизительно в одной палеошироте. Например, в двух разрезах 4–5 м ниже

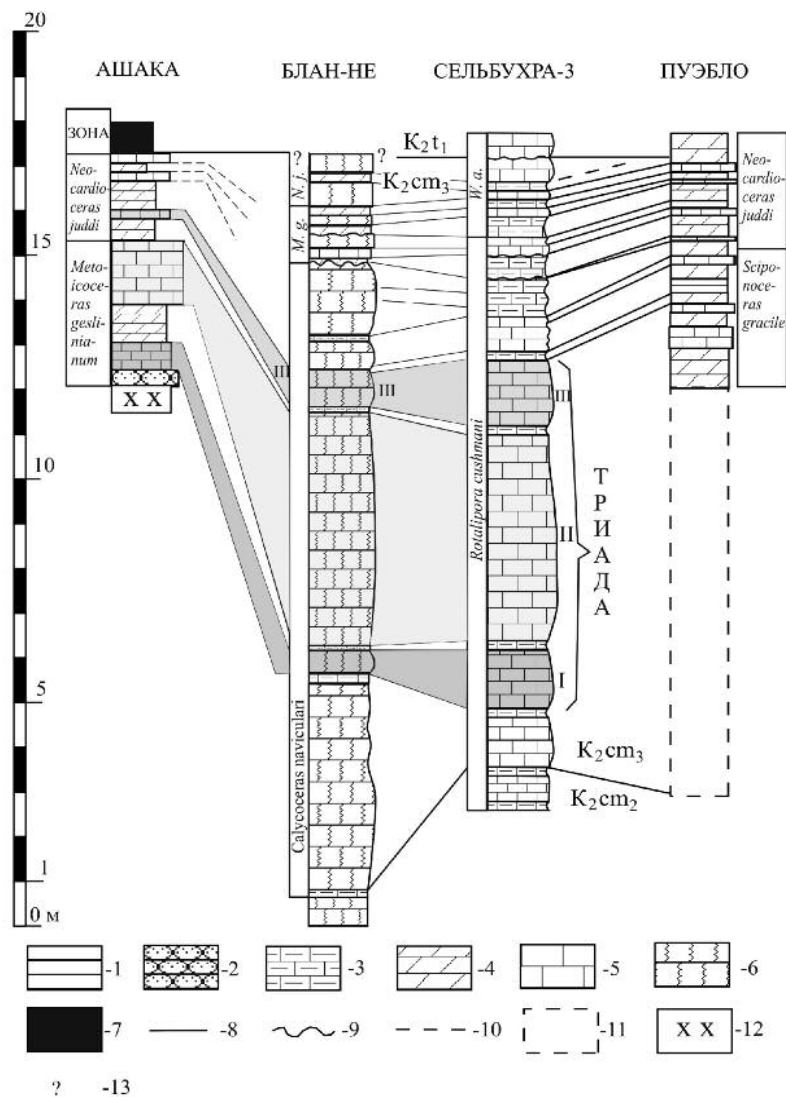


Рис. 1. Циклостратиграфическая корреляция терминального сеномана Африки, Европы и Северной Америки. Условные обозначения: 1 — глины; 2 — песчаники; 3 — глинистые мергели; 4 — мергели; 5 — глинистые известняки; 6 — известняки; 7 — писчий мел; 8 — битуминозные мергели; геологические границы: 9 — согласные, 10 — несогласные, 11 — предполагаемые; 12 — мощность верхнего сеномана без расчленения на слои; 13 — необнаженная часть разреза; дискуссионное положение стратиграфической границы. Сокращения: M. g. — *Metoicoceras geslinianum*, N. j. — *Neocardioceras juddi*, W. a. — *Whiteinella archaeocretacea*

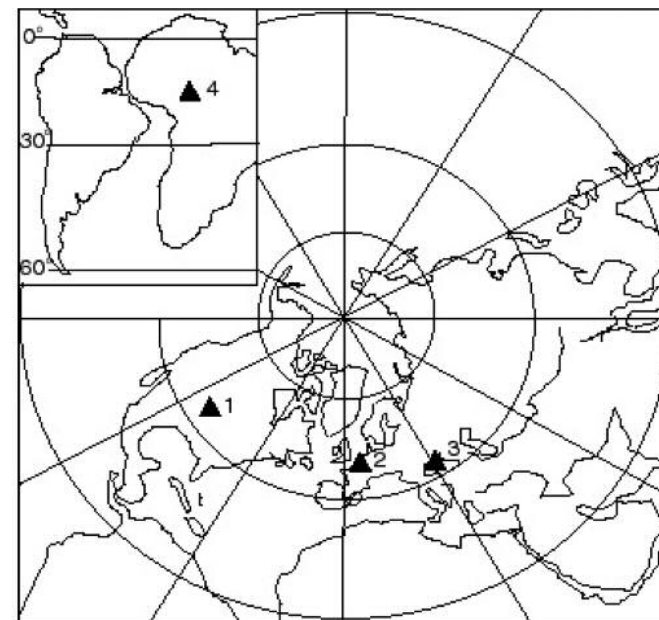


Рис. 2. Палинспастическая схема для сеноманского века по А.Г. Смиру и Дж.К. Бридену (1977). Условные обозначения: 1 — Пуэбло, 2 — Блан-Не, 3 — Сельбухра, 4 — Ашака

границы сеноманского и туронского ярусов меловой системы (периода) выделена «триада» из 3 циклитов и 6 слоев чередования более и менее карбонатных разностей пород устойчивой мощности в первые метры.

Послойное сопоставление разрезов позволяет выявить геохронность (асинхронность) биостратиграфических зон (интервалов времени, когда глобально доминировал какой-то биологический вид). Климатическая циклостратиграфия и магнитостратиграфия являются ценными геологическими хронометрами, так как перемены климата и инверсии магнитного поля обладают *общепланетарным масштабом* в отличие от руководящих форм организмов. Более того, каждому вновь возникшему в результате эволюции виду требовалось время на расселение и/или миграцию, что выражается в разрезах *во временном сдвиге* границ биостратиграфических зон *в глобальном общепланетарном масштабе*. На рис. 3 приведена схема сопоставления биостратиграфических шкал трех регионов, из которой следует, что граница между двумя зонами по планктонным микроорганизмам — фораминиферам — мигрирует во времени и пространстве.

Этот эффект глобального временного сдвига (*диахронности*) позволяет определить место возникновения вида и направление (и скорость) его миграции или расселения. Иными словами, в месте появления (первичном ареале) данного вида в настоящий момент времени может уже существовать другой! Длительность времени, необходимого биологическому виду для «завоевания» экологической ниши, может достигать 100, а иногда и более тысячи лет.

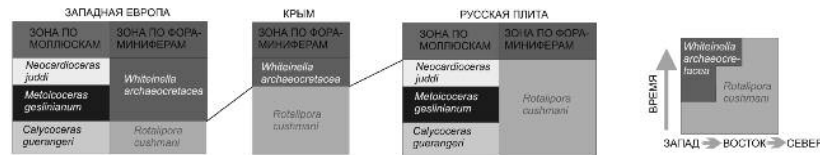


Рис. 3. Схема сопоставления биостратиграфических шкал терминального сеномана. Соотношение зон *Rotalipora cushmani* и *Whiteinella archaeocretacea* друг с другом и с аммонитовыми зонами в Западной Европе, Крыму и на Русской плите, а также предполагаемая пространственно-временная модель постепенного расселения и/или миграции популяции роталипор в конце сеноманского века

Справка: согласно учению Ч.Дарвина, новый вид возникает в какой-то одной точке в результате изменения географических (климатических, ландшафтных), биоценологических условий окружающей его среды. Виду — кандидату на статус руководящей формы требуется время (до 100 тыс. лет, иногда и более) на расселение и заселение. Заселение происходит в биоценоз со сложившимися пищевыми связями, а на это уходит время.

Это обстоятельство нельзя недооценивать, иначе «понедельник» одного геологического разреза будет отвечать «вторнику» второго и т.д. Вся картина развития мира исказится. Таким образом, циклостратиграфический метод послойной корреляции разрезов является ценным инструментом познания времени и палеогеографии (т.е. временных и пространственных систем), позволяя реконструировать направления морских течений, разносивших планктонные формы руководящих организмов, за которыми вследствие пищевых связей следовали нектонные и бентосные формы существ. Климат определял режим осадконакопления (тип осадков, скорость седиментации) в седиментационных системах, а значит, по типу осадков и палеонтологических находок можно воссоздать или проверить правильность реконструкции палеоклиматической зональности, которая в то время уже имела широтно-полярный характер.

Для унификации и нумерации циклитов, связанных с циклами Миланковича, и их дальнейшего использования для циклостратиграфической корреляции можно применить своеобразный «циклокалендарь» (глобальный высочоточный календарь — циклостратиграфическую шкалу (далее — ЦШ), например, для поздней эпохи мелового периода (рис. 4)).

Для построения ЦШ необходимо выбрать основу летоисчисления (шкалу времени) и определить длительность астрономо-климатических циклов. За основу летоисчисления можно принять шкалы Й. Харденбола и соавторов (1998), далее вдоль этой оси времени были расположены циклы Миланковича согласно их рангу. Длительность позднемеловой эпохи составляет 33,9 млн лет. Она соответствует определенному крупному этапу в истории геологического развития Земли, поэтому постулировано, что альб-сеноманская граница (т.е. граница ранней и поздней эпох мелового периода) совпадает с границей всех ЦМ, что и взято за начало отсчета (рис. 4).

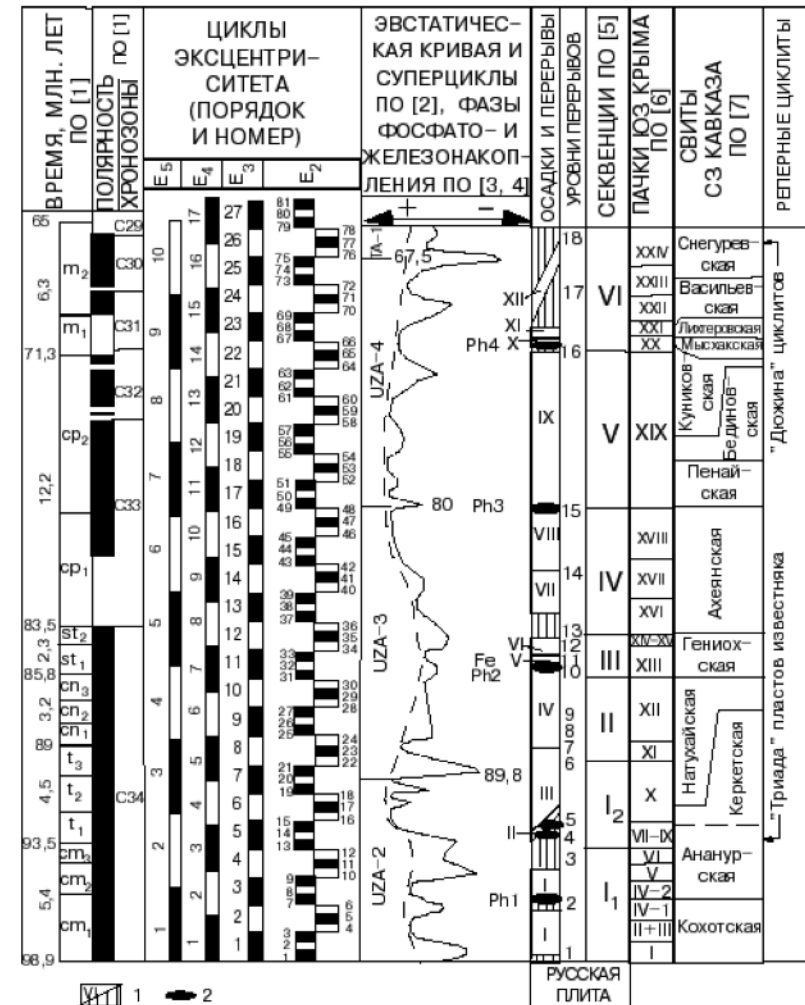


Рис. 4. Циклостратиграфическая шкала верхнего мела Русской плиты и ее южного обрамления, совмещенная с магнитостратиграфической шкалой, кривой эвстатических вариаций уровня океана, этапами седиментации (с выделением пачек, секвенций и свит) и перерывообразования (с выделением уровней перерывов), фазами железо- и фосфатонакопления: 1 — этапы седиментации (показаны белым цветом и пронумерованы римскими цифрами) и перерывообразования (вертикальная штриховка); 2 — фосфоритовые горизонты. Сокращения: см — сеноманский век; t — туронский век; сп — коньякский век; st — сантонский век; ср — кампанский век; m — маастрихтский век; Ph — фаза фосфатонакопления; Fe — фаза железонакопления. Ссылки на литературные источники: 1 — Hardenbol et al., 1998; 2 — Haq et al., 1987; 3 — Первушов и др., 2000а; 4 — Первушов и др., 2000б; 5 — Naidin, Volkov, 1996; 6 — Алексеев, 1989; 7 — Афанасьев, 1993

Справка: Проанализируем в историко-геологическом смысле седиментогенез на Русской плите, в Крыму и на Кавказе при помощи ЦШ с позиции астрономо-климатических циклов Миланковича, чтобы оценить масштаб их влияния на накопление.

Ведущую роль в истории развития бассейнов Русской плиты играли циклы, отражавшие изменение эксцентриситета земной орбиты E_s . Некоторые стратиграфические границы, фазы фосфато- и железнакопления тяготеют к рубежам этих циклов.

Распределение пачек, выделенных А.С. Алексеевым (1989) в разрезах Крыма, не выявило определенной связи с границами долгопериодных ЦМ высокого порядка. Можно отметить, что число пачек, равное 24, близко к количеству циклов эксцентриситета E_s (26 циклов и часть 27-го). Вместе с тем элементарные пластовые циклиты, слагающие пачки, соответствуют циклам прецессии и эксцентриситета (сеноман и маастрихт). В меловых отложениях Крыма выделяются три свиты: белогорская (пачки I–IX), прохладненская (пачки X–XII) и кудринская (пачки XIII–XXIV). Число свит и их границы не находятся в определенной зависимости от ЦМ циклостратиграфической шкалы.

Число свит на Северо-Западном Кавказе, по С.Л. Афанасьеву (1993), равняется 14, а подсвит — 38. Эти значения также не совпадают с числом циклов эксцентриситета E_{s-2} . Как правило, границы свит Северо-Западного Кавказа и пачек Юго-Западного Крыма по возрасту совпадают с границами рубежей веков или их частей, но различны по продолжительности.

Объемы отдельных свит Северо-Западного Кавказа в целом отвечают отрезкам криовой эвстатических флуктуаций уровня океана. Так, кохотская и керкетская свиты отражают относительно высокое стояние уровня моря, ананурская и натухайская свиты соответствуют регрессивному тренду, а ахейская — трансгрессивному.

Секвенции как крупные геологические тела лучше всего сопоставляются с долгопериодическими ЦМ. Позднемеловой истории Русской плиты отвечает только 6 секвенций, что меньше числа таких долгопериодических циклов, как E_s . Пачки, выделяемые внутри секвенции, нередко отвечают системам трактов. Границы секвенций и пачек хорошо коррелируются с границами разнопорядковых ЦМ, а часто отвечают моментам совпадения (граница секвенций VI и V), совмещения (граница секвенций V и VI) ЦМ.

Корреляция цикло- и магнитостратиграфических шкал позднего мела показывает, что смена интервалов прямой полярности на обратную, согласно магнитостратиграфической шкале, приходится на циклы E_2^{36} , E_2^{44} , E_2^{58} , E_2^{59} , E_2^{64} , E_2^{66} , E_2^{69} , E_2^{72} , E_2^{78} . В эти моменты (кроме рубежа магнитохрон 34 и 33) имело место совмещение (а иногда и совпадение границ) трех разнопорядковых четных номеров циклов (E_{2-3}). Например, рубеж между магнитохронами 34 и 33 отвечает совпадению границ конца циклов E_2^{36} , E_3^{12} и середины цикла E_4^8 , а между магнитохронами 33 и 32 — моменту совмещения рубежей начала цикла E_2^{58} , конца цикла E_3^{20} и первой трети цикла E_5^8 и т. д. Границы магнитохрон обычно приурочены к рубежам циклов четвертого или пятого порядков. Таким образом, смены эпох прямой и обратной полярности четко коррелирует с рубежами совпадений циклов эксцентриситета, как правило, трех разных порядков, одновременно маркируются границами циклов эксцентриситета, за исключением рубежа магнитохрон 32 и 31.

Приняты следующие продолжительности (млн лет) циклов изменения эксцентриситета земной орбиты: $E_5=3,4$, $E_4=2,03$, $E_3=1,29$, $E_2=0,4$, $E_1=0,1$.

Вследствие замедления скорости вращения Земли, а следовательно, удлинения ЦМ, введены дополнительные поправки. В итоге, позднемеловой интервал времени (33,9 млн лет) охватывает 9,97 циклов E_s , 16,69 циклов E_4 , 26,27 циклов E_3 , 82,68 цикла E_2 , 339 циклов E_1 , 669,3 цикла наклонения эклиптики O_2 , 867,6 циклов O_1 , 1513,8 циклов прецессии P_2 и 1823,9 циклов P_1 .

Совмещение и совпадение циклов. Совмещением ЦМ можно считать время, когда совпадают четные или нечетные номера циклов разных порядков. Совпадение — частный случай совмещения, когда границы разнопорядковых ЦМ совпадают, т.е. находятся на одном временном уровне. Причина этих совпадений/совмещений заложена в разных порядках ЦМ. Рано или поздно наступит такой момент, когда границы или сами ЦМ в рядах разной длительности совпадут. На уровне элементарных пластовых циклитов это четко фиксируется в обнажении, когда прямо «в поле» можно увидеть цикличность разных порядков. Например, каждый пятый циклит (или один из его элементов) Миланковича будет всегда большей мощности, чем предыдущие. В ряду прецессионных циклитов длительностью около 20 тыс. лет фиксируется циклит эксцентриситета продолжительностью около 100 тыс. лет. На практике «вложенность» циклитов начинается с самых короткопериодических прецессионных и характеризуется весь длинный ряд ЦМ.

В теории по ЦШ установлено 12 эпох совмещения ЦМ — примеров наиболее масштабных *природных событий глобального масштаба* во второй половине мелового периода, когда совпадают четные или нечетные номера циклов четырех порядков (во время циклов E_2^1 , E_2^3 , E_2^{10} , E_2^{16} , E_2^{21} , E_2^{28} , E_2^{33} , E_2^{39} , E_2^{46} , E_2^{49} , E_2^{51} , E_2^{69}). К этим рубежным моментам приурочены фазы фосфатонакопления, границы большинства стратиграфических подразделений верхнего мела, рубежи эвстатических циклов и мегациклов, а также некоторые из 12 пачек сводного разреза верхнемеловых отложений Русской плиты. Многие границы свит или их частей в Крыму и на Кавказе — пачек — отвечают эпохам совпадения/совмещения циклов.

Примером глобальных стратиграфических корреляций общепланетарного масштаба можно считать сопоставление геологических разрезов разных частей света на уровне слоев или пачек, обусловленных климатическими вариациями. Рассмотрим для примера палеогеографическую схему для мел-палеогеновой границы (рис. 6). На ней изображен ряд геологических разрезов континентов и скважин глубоководного бурения, корреляционные профили и хронометрические маркеры — проявления траппового вулканизма на плато (нагорье) Деккан в Индии и метеоритный кратер на п-ове Юкатан в Мексике.

На профиле 1 (рис. 7), идущем от Антарктиды через Южную Америку, видно, что ниже маастрихт-датской границы прослеживаются четыре пластовых двухэлементных циклита. В них выделяются элементы, или реперные пласты А–D, отвечающие регрессии и потеплению, что подтверждается находками мелководно-морских, континентальных форм фауны и флоры. При корреляции магнито- и циклостратиграфических шкал с биостратиграфиче-

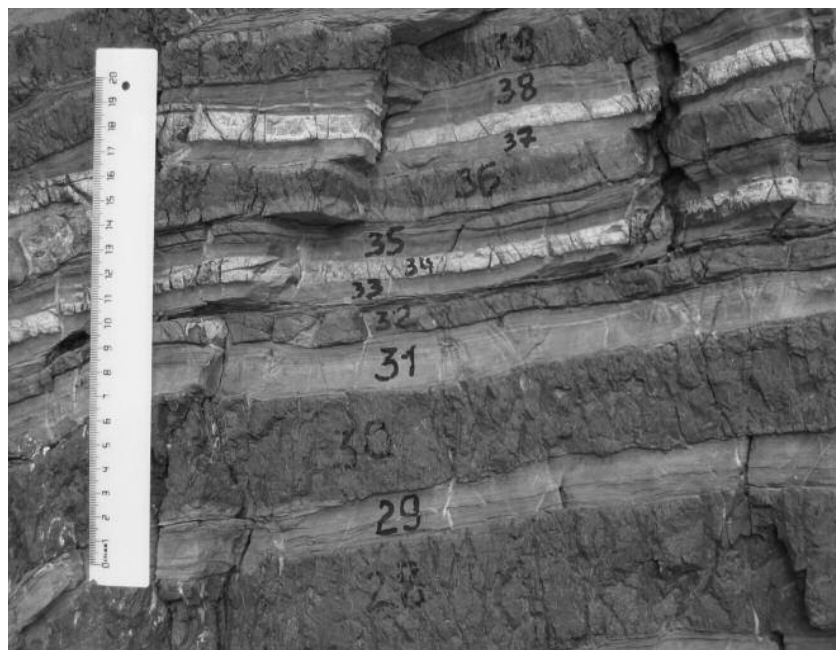


Рис. 5. «Вложенность» циклитов, или цикличность второго порядка: чередование мощных и маломощных пакетов переслаивания яшм и известняков смагинской ассоциации мелового возраста на п-ове Камчатский Мыс (Восточная Камчатка). Фото Савельевой О.Л. (Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН)

ской шкалой виден временной сдвиг, связанный с запаздыванием появления зоны по наннопланктону CF4 в результате трансгрессии на периферию фрагментов бывшей Гондваны из расширяющегося Атлантического океана в конце маастрихта. В Северном полушарии (рис. 8, 9), напротив, пласты А–D отвечают трансгрессии. Это видно на профилях 2 и 3, идущих по периферии современного Средиземного моря и соответствующих Северной и Южной ветвям океана Тетиса и его периферии — Перитетиса. Четкая смена палеогеографических условий фиксируется не только в морских и мелко-водно-морских осадках, но даже и в континентальных впадинах (разрез Вальцебре, впадина Эббро, профиль 2) по вариациям кривых изотопов углерода и кислорода, отношения стронция к кальцию, магнитного склонения и наклона, каротажа скважин (КС, ПС), эвстатических изменений уровня океана, состава и количества форм фауны и флоры и др. Иными словами, принадлежность этих изменений к циклам Миланковича не вызывает сомнений. Ранг циклов, генерирующих эти маркирующие пласты, скорее всего, отвечает вариациям эксцентриситета орбиты Земли. На примере профиля 3 видна диахронность биостратиграфических зон (рис. 9). Западное течение определяло направление и скорость расселения планктонных организмов. На рис. 10 по-

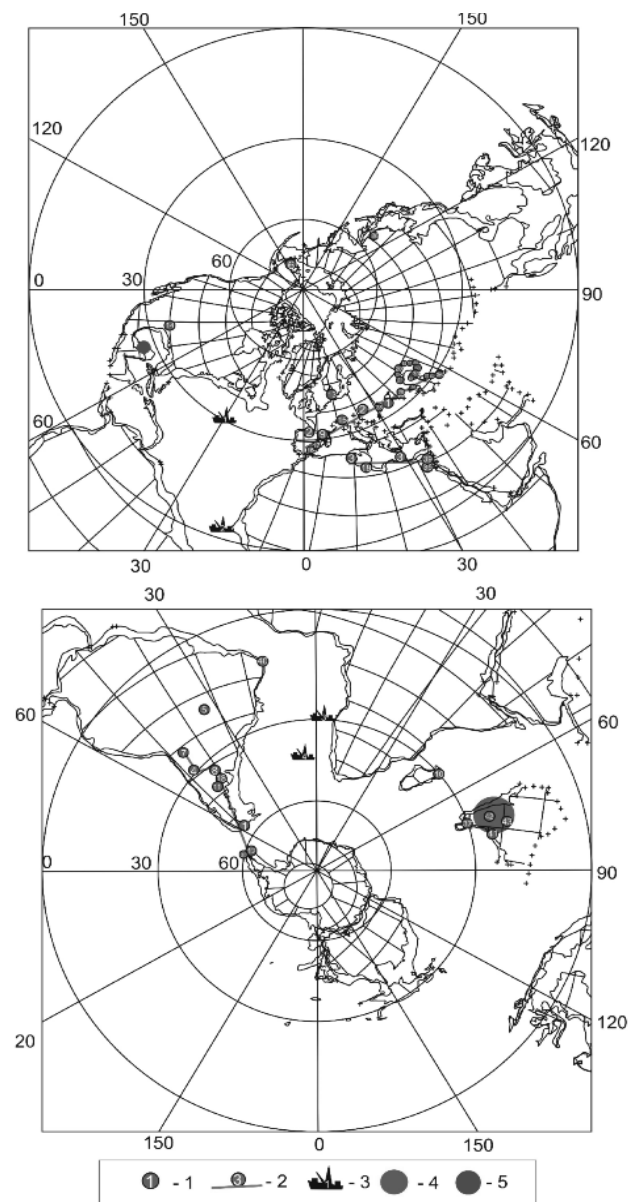


Рис. 6. Палинспастическая схема для конца маастрихта — начала дания по А.Г. Смигу и Дж.К. Бридену. Условные обозначения: 1 — местоположение разреза и его номер, 2 — линии профилей, 3 — скважина глубоководного бурения и ее номер, 4 — декканские траппы, 5 — метеоритный кратер на п-ове Юкатан

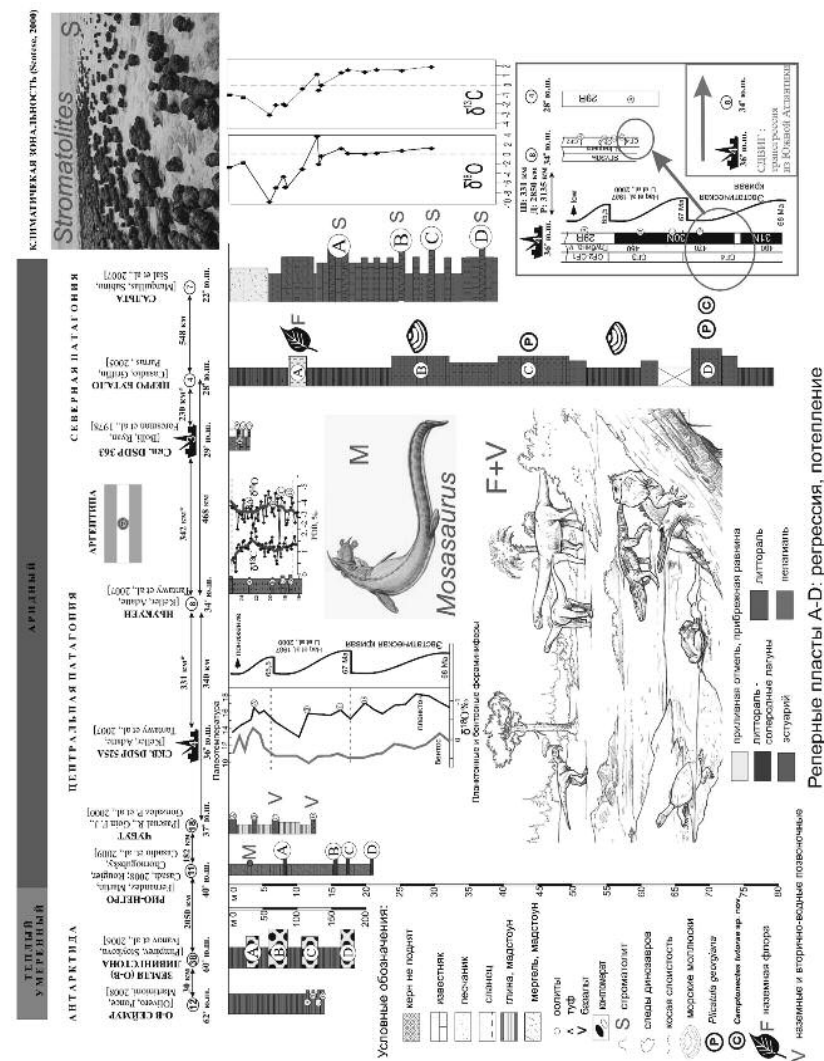


Рис. 7. Схема межконтинентальной корреляции отложений терминального маастрихта от Антарктиды через Южную Америку по профилю 1. Р и м е ч а н и е: звездочкой указаны расстояния между разрезами, снесенными на линию профиля

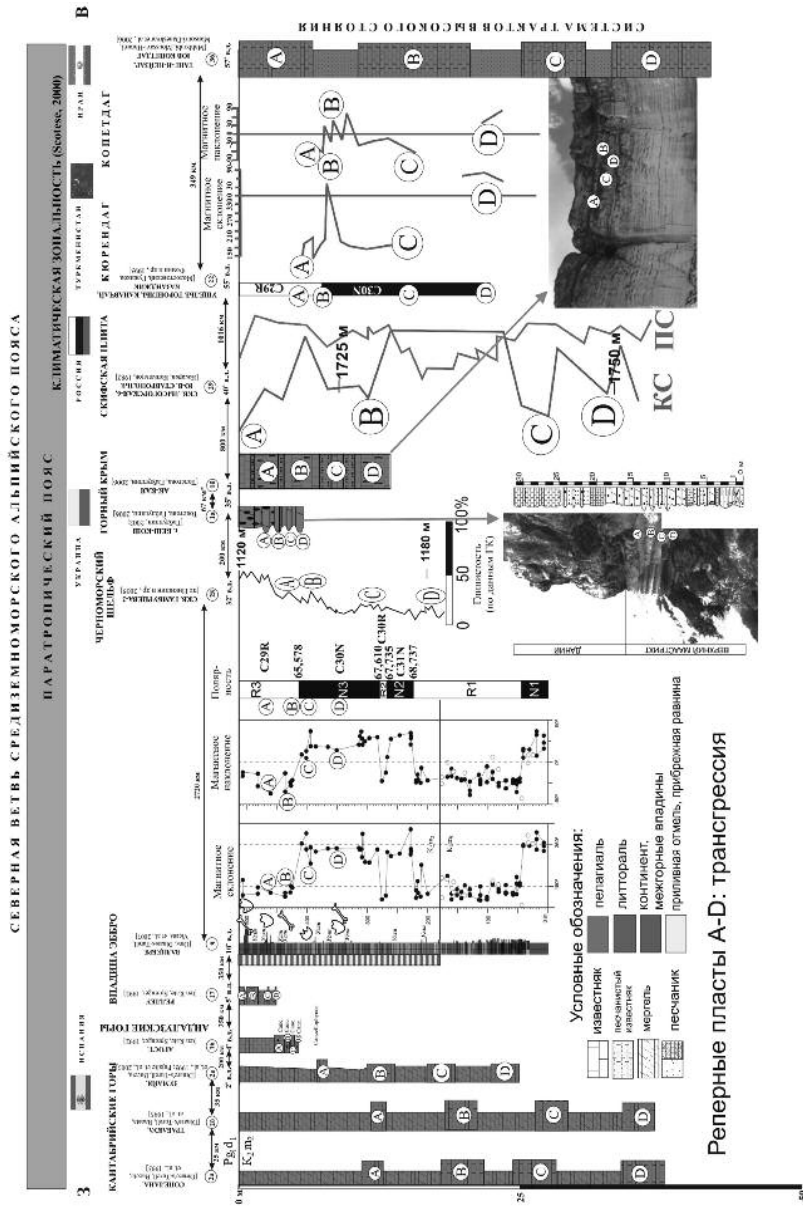
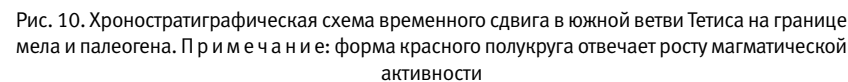


Рис. 8. Схема трансконтинентальной корреляции отложений терминального маастрихта Евразии от Испании до Ирана по профилю 2



320



321

4. Иерархия уровней организации материи (по Н.Ф. Реймерсу, 1994)

		Подуровни и ряды иерархии				
		Отдел неживой природы		Отдел живой природы		
Надуровни	Уровни	Геохимический	Геофизико-геохимический	Корпускулярно-геотический	Биосистемный	Экобиосистемный
1	2	3	4	5	6	7
Элементарно-системный (атомарно-молекулярно-молекулярный)	1. Атомарный			Элементарная частица		
	2. Молекулярно-кристаллический			Атом Молекула Агрегат молекул		
	3. Первично-ассоциативный			Кристалл Минерал («вещество» — вода, газы и т.п.)	Органелла	
	4. Вторично-ассоциативный			Геологическая порода Геоформация Геома	Клетка Ткань	
Первично-системный						
Организменно-групповой	5. Организменный				Орган (как система) Система организмов Индивид	

Продолжение прилож. 4

1	2	3	4	5	6	7	7
Ассоциативный	6. Популяционно-групповой				Репродуктивная группа Дем (или микропупуляция) Популяция	Особь «Семья» (и семья) Популяционная парцелла Экологическая популяция	
	7. Ценозный					Трофический уровень Пищевая цепь Трофическая сеть	Биоцены Синузия Популяционная консорция Биогеоэкологическая парцелла Биоценоз Биоценомический тип
	8. Консорсионный					Экологическая пирамида	
Блоково-эко-системный	9. Биогеонотический		Элементарное геофизико-геохимическое образование				Региональная биота Биобiom
	10. Биогеоблоковый		Местный геофизико-геохимический комплекс Индивидуально-ландшафтная геофизико-геохимическая				Биогеоценоз (экосистема) Биокомплекс Биозона Биоорбис Царство Полсфера биосферы (террабиосфера и др) Биосфера
Планетарный	11. Геоблоковый	Материк					
		Материковая плита					

1	2	3	4	5	6	7	7
Космический	12. Фазово-планетарный	Геофера	система Зональная геофизико-геохимическая система Геофизико-геохимическая разнородность Геофизико-геохимическая область Геофизико-геохимический пояс Физико-химическая оболочка				
	13. Планетарно-космический	Космическое тело					
		Космическая система					
		Галактика					
14. Галактический		Вселенная (ее вещество и антивещество)					

5. Основные этапы эволюции человека и его культуры
(составители Ю.Ю. Каргин, А.С. Шешнёв)

Хронологическая шкала, млн. лет	Классификация, тип	Антропологический тип	Социальная организация	Археологическая периодизация	Номинатив	Орудия	Знания	Поселения
3	Пещерный племен	Австралопитековые (Homo Habilis); Австралопитеки, Зиндрантроп, Прейнзидрантроп. Уможа = 550-600 см ³	Ранняя Пракантида (Homo Habilis); Не более 20-30 человек. Состав из взрослых и подростков, приматов, обезьян. Были драки между самцами и самками и в-в. женщин. Возможно, был промискуитет (разбросанные отголоски).	Олдувайская эпоха	Древнейшие обработки камня, дерева, кости	Лесные орудия неустойчивых форм (Стан) Чопер, сформ. отщип	Присваивающая форма хозяйства (архантная) 1) Охота на мелких животных (Паваны, газели); 2) Собирательство.	Население селеноидного происхождения
1,5	Пещерный племен	Австралопитековые (Homo Habilis); Австралопитеки, Зиндрантроп, Прейнзидрантроп. Уможа = 550-600 см ³	Ранняя Пракантида (Homo Habilis); Не более 20-30 человек. Состав из взрослых и подростков, приматов, обезьян. Были драки между самцами и самками и в-в. женщин. Возможно, был промискуитет (разбросанные отголоски).	Олдувайская эпоха	Древнейшие обработки камня, дерева, кости	Лесные орудия неустойчивых форм (Стан) Чопер, сформ. отщип	Присваивающая форма хозяйства (архантная) 1) Охота на мелких животных (Паваны, газели); 2) Собирательство.	Население селеноидного происхождения
1,3	Пещерный племен	Австралопитековые (Homo Habilis); Австралопитеки, Зиндрантроп, Прейнзидрантроп. Уможа = 550-600 см ³	Ранняя Пракантида (Homo Habilis); Не более 20-30 человек. Состав из взрослых и подростков, приматов, обезьян. Были драки между самцами и самками и в-в. женщин. Возможно, был промискуитет (разбросанные отголоски).	Олдувайская эпоха	Древнейшие обработки камня, дерева, кости	Лесные орудия неустойчивых форм (Стан) Чопер, сформ. отщип	Присваивающая форма хозяйства (архантная) 1) Охота на мелких животных (Паваны, газели); 2) Собирательство.	Население селеноидного происхождения
0,59	Пещерный племен	Австралопитековые (Homo Habilis); Австралопитеки, Зиндрантроп, Прейнзидрантроп. Уможа = 550-600 см ³	Ранняя Пракантида (Homo Habilis); Не более 20-30 человек. Состав из взрослых и подростков, приматов, обезьян. Были драки между самцами и самками и в-в. женщин. Возможно, был промискуитет (разбросанные отголоски).	Олдувайская эпоха	Древнейшие обработки камня, дерева, кости	Лесные орудия неустойчивых форм (Стан) Чопер, сформ. отщип	Присваивающая форма хозяйства (архантная) 1) Охота на мелких животных (Паваны, газели); 2) Собирательство.	Население селеноидного происхождения
0,34	Пещерный племен	Австралопитековые (Homo Habilis); Австралопитеки, Зиндрантроп, Прейнзидрантроп. Уможа = 550-600 см ³	Ранняя Пракантида (Homo Habilis); Не более 20-30 человек. Состав из взрослых и подростков, приматов, обезьян. Были драки между самцами и самками и в-в. женщин. Возможно, был промискуитет (разбросанные отголоски).	Олдувайская эпоха	Древнейшие обработки камня, дерева, кости	Лесные орудия неустойчивых форм (Стан) Чопер, сформ. отщип	Присваивающая форма хозяйства (архантная) 1) Охота на мелких животных (Паваны, газели); 2) Собирательство.	Население селеноидного происхождения
0,48	Пещерный племен	Австралопитековые (Homo Habilis); Австралопитеки, Зиндрантроп, Прейнзидрантроп. Уможа = 550-600 см ³	Ранняя Пракантида (Homo Habilis); Не более 20-30 человек. Состав из взрослых и подростков, приматов, обезьян. Были драки между самцами и самками и в-в. женщин. Возможно, был промискуитет (разбросанные отголоски).	Олдувайская эпоха	Древнейшие обработки камня, дерева, кости	Лесные орудия неустойчивых форм (Стан) Чопер, сформ. отщип	Присваивающая форма хозяйства (архантная) 1) Охота на мелких животных (Паваны, газели); 2) Собирательство.	Население селеноидного происхождения
0,43	Пещерный племен	Австралопитековые (Homo Habilis); Австралопитеки, Зиндрантроп, Прейнзидрантроп. Уможа = 550-600 см ³	Ранняя Пракантида (Homo Habilis); Не более 20-30 человек. Состав из взрослых и подростков, приматов, обезьян. Были драки между самцами и самками и в-в. женщин. Возможно, был промискуитет (разбросанные отголоски).	Олдувайская эпоха	Древнейшие обработки камня, дерева, кости	Лесные орудия неустойчивых форм (Стан) Чопер, сформ. отщип	Присваивающая форма хозяйства (архантная) 1) Охота на мелких животных (Паваны, газели); 2) Собирательство.	Население селеноидного происхождения

[illegible]

6. Основные сведения об экологии

Современная экология (Ecology) представляет собой комплекс научных направлений, изучающих взаимодействие систем разных уровней организации между собой и с окружающей средой. Понятие «экология» (греч. «ойкос» — дом, «логос» — учение, наука) предложено в 1866 году Геккелем. Экология была первоначально очерчена как наука о взаимоотношениях живых существ и их сообществ друг с другом и с окружающей их средой. Поэтому экология является главной частью и научной основой учения об окружающей среде, охраны окружающей среды, безопасности жизнедеятельности и природопользования. На основе определения экологии можно сформулировать некоторые ее основные задачи:

- нахождение количеств энергии и веществ, необходимых для получения определенной биомассы;
- изучение устойчивости организмов при изменении физико-химических, биологических и социальных условий среды обитания;
- исследование закономерностей организации жизни особей, популяций и биоценозов;
- разработка научных основ использования биологических ресурсов, а также регулирования качественного и количественного состава той или иной популяции, биоценоза и биогеоценоза.

Современная концепция развития экологии позволяет продолжить ее классификацию на основе таких, например, признаков, как:

- среда обитания; тогда это — экология континента, океана, почвы, космоса и т.д.;
- область науки; тогда это — биоэкология, химическая экология, геоэкология, социальная экология и т.д.;
- объект природной среды: экология растений, микроорганизмов, животных, человека.

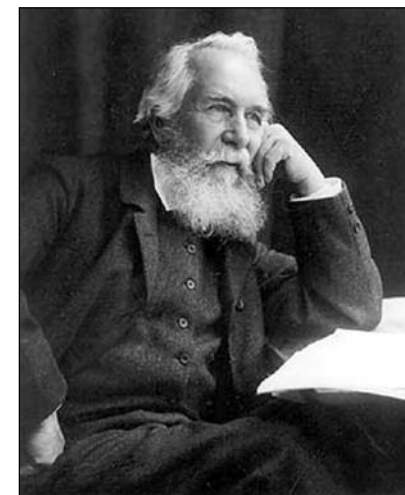
Характерной чертой современной экологии является то, что она из строго биологической науки превратилась в комплексную, представляющую собой целый цикл знаний, вобравший в себя разделы самых различных естественных и гуманитарных научных дисциплин. Классическая экология, основанная Э. Геккелем, фактически является частью современной экологии, которую можно считать биологической экологией (это направление называют также аутоэкологией, геккелевской экологией, экологией организмов).

Под *средой обитания* обычно понимают природные тела и явления, с которыми экосистемы находятся в прямых или косвенных взаимоотношениях. Отдельные элементы среды, на которые экосистемы реагируют приспособительными реакциями (адаптациями), носят название *факторов*.

Наряду с термином «среда обитания» используются также понятия «экологическая среда», «природная среда», «местообитание», «окружающая среда», «окружающая природная среда», «окружающая природа» и др. Четких различий между этими терминами нет. Под термином «окружающая среда» понимается,

как правило, среда, в той или иной (в большинстве случаев в значительной) мере измененная человеком. К ней близки по смыслу «техногенная среда», «антропогенная среда», «промышленная среда».

Э. Геккель (1834–1919) — выдающийся немецкий естествоиспытатель и философ, автор термина «экология», автор биогенетического закона, основоположник биоэкологического направления. Автор фундаментальных трудов по зоологии, а также по проблемам глобалистического характера (книги «Естественная история миротворения», «История развития человека» и др.).



Эрнст Геккель

Природная среда, окружающая среда — это среда, не измененная человеком или измененная в малой степени. С термином «местообитание» обычно связывается та среда жизни организма или вида, где осуществляется весь цикл его развития.

В биологической (классической) экологии речь обычно идет о природной среде, окружающей природе, местообитаниях; в природной (социальной) экологии — об окружающей среде. Этот термин часто считают неудачным переводом с английского, поскольку отсутствует указание на объект, окружаемый средой.

Влияние среды на организмы обычно оценивают через отдельные факторы (от лат. — делающий, производящий). Под *экологическими факторами* понимается любой элемент или условие среды, на которые организмы реагируют приспособительными реакциями, или адаптациями. За пределами приспособительных реакций лежат летальные (гибельные для организмов) значения факторов.

Чаще всего факторы делятся на три группы:

1. Факторы неживой природы (*абиотические*, или физико-химические). К ним относятся климатические, атмосферные, почвенные (эдафические), геоморфологические (орографические), гидрологические и другие.

2. Факторы живой природы (*биотические*) — влияние одних организмов или их сообществ на другие. Эти влияния могут быть со стороны растений (фитогенные), животных (зоогенные), микроорганизмов, грибов и т.п.

3. Факторы человеческой деятельности (*антропогенные*). В их числе различают прямое влияние на экосистемы (например, промысел) и косвенное — на местообитание (например, загрязнение среды, уничтожение растительного покрова, строительство плотин на реках и т.п.).

Современные глобальные экологические проблемы и возрастающий интерес к экологии связан с действием антропогенных факторов. К этим факторам организмы часто не имеют приспособительных реакций в силу специфичности их действия, либо по той причине, что ранее с ними не встречались, либо в результате того, что их действие превосходит приспособительные возможности организмов. Многие из этих факторов, кроме того, выступают как вредные. Их относят к группе *ксенобиотиков* (греч. ксенос — чужой). К последним относятся практически все загрязняющие вещества. В числе быстроизменяющихся факторов большое беспокойство в настоящее время вызывают изменение климата, обуславливаемое так называемым «тепличным, или парниковым эффектом», изменение водных экосистем в результате преобразования рек, мелиораций и т.п.

Разработана также классификация факторов по направленности их действия. В этом отношении выделяют факторы, *действующие строго периодически* (смены времени суток, сезонов года, приливно-отливные явления и т.п.), *действующие без строгой периодичности, но повторяющиеся время от времени*. Сюда относятся погодные явления, наводнения, ураганы, землетрясения и т.п. Следующая группа — *действующие без строгой периодичности и, кроме того, неопределенно*. С факторами такого типа организмы в процессе своей эволюции могли и не встречаться. Сюда относятся антропогенные факторы, наиболее опасные для организмов и их сообществ. И последняя группа — *факторы направленного действия*, они обычно изменяются в одном направлении (потепление или похолодание климата, зарастание водоемов, заболачивание территорий и т.п.).

Из перечисленных групп факторов организмы легче всего адаптируются или адаптированы к тем, которые четко изменяются (строго периодические, направленные). Адаптационность к ним такова, что часто становится наследственно обусловленной. И если фактор меняет периодичность, то организм продолжает ее в течение некоторого времени сохранять, т.е. действовать в ритме так называемых «биологических часов». Такое явление, в частности, имеет место при смене часовых поясов.

Некоторые трудности характерны для адаптаций к нерегулярно-периодическим факторам, но организмы нередко имеют механизмы предчувствия их возможности (землетрясения, ураганы, наводнения и т.п.) и в какой-то мере могут смягчать их отрицательные последствия. Наибольшие трудности для адаптаций представляют факторы, природа которых неопределенна, к ним организм, как правило, не готов, вид не встречался с такими явлениями и в процессе эволюции. Сюда относится группа антропогенных факторов. В этом их основная специфика и антиэкологичность. Только в отдельных случаях по отношению к таким факторам организмы могут использовать механизмы так называемых преадаптаций, т.е. адаптаций, которые выработались по отношению к другим факторам. Так, например, устойчивости растений к загрязнениям воздуха в какой-то мере способствуют структуры, благоприятные для повышения засухоустойчивости: усиленные покровные ткани листьев, наличие на

них воскового налета, опушенности, меньшего количества устьиц и других структур, замедляющих процессы обмена веществ (метаболизм), а следовательно, и отравление организма. Это необходимо учитывать, в частности, при подборе ассортимента видов для выращивания в районах с высокой промышленной нагрузкой, для озеленения городов, промплощадок.

В комплексе действия факторов можно выделить некоторые закономерности, которые являются в значительной мере универсальными (общими) по отношению к организмам. К таким закономерностям относится правило оптимума, правило взаимодействия факторов, правило лимитирующих факторов и другие.

Правило оптимума. В соответствии с этим правилом для экосистемы или определенной стадии ее развития имеется диапазон наиболее благоприятного (оптимального) значения. За пределами зоны оптимума лежат зоны угнетения, переходящие в критические точки, за которыми существование организма невозможно. К зоне оптимума обычно приурочена максимальная плотность популяции. Зоны оптимума для различных организмов не одинаковы. Для одних они имеют значительный диапазон. Такие организмы относятся к группе эврибионтов (греч. эури — широкий; биос — жизнь). Организмы с узким диапазоном адаптаций к факторам называются стенобионтами (греч. стenos — узкий). Важно подчеркнуть, что зоны оптимума по отношению к различным факторам различаются, поэтому организмы полностью проявляют свои потенциальные возможности в том случае, если существуют в условиях всего спектра факторов с оптимальными значениями.

Организмы-эврибионты относят к группе с широкой экологической валентностью, понимая под последней диапазон значений факторов между критическими точками. Синонимом термина «валентность» является толерантность (лат. толеранция — терпение), или пластичность (изменчивость). Эти характеристики зависят в значительной мере от среды, в которой обитают организмы. Если она относительно стабильна по своим свойствам (малы амплитуды колебаний отдельных факторов), в ней больше стенобионтов (например, в водной среде), если динамична, как например, наземно-воздушная, — в ней больше шансов на выживание имеют эврибионты. Зона оптимума (экологическая валентность) обычно шире у теплокровных организмов, чем у холоднокровных. Надо также иметь в виду, что экологическая валентность для одного и того же вида не остается одинаковой в различных условиях (например, на севере и юге) и, кроме того, в различные периоды жизни. Молодые и старческие организмы, как правило, требуют более кондиционированных (однородных) условий. Иногда эти требования весьма неоднозначны. Например, по отношению к температуре личинки насекомых обычно стенобионтны (стенотермны), в то время как куколки и взрослые особи могут относиться к эврибионтам (эвритермным).

Правило взаимодействия факторов говорит о том, что факторы могут ослаблять или усиливать действия других факторов на экосистему (при этом не заменяя друг друга). Например, восприятие растениями фактора освещен-

ности связано с фактором концентрации углекислоты в окружающей среде, а восприятие фактора температуры воздуха для многих животных организмов связано с фактором влажности и динамики среды (силой ветра).

Правило лимитирующих факторов. Сущность этого правила заключается в том, что фактор, находящийся в недостатке или избытке (вблизи критических точек), отрицательно влияет на экосистемы и, кроме того, ограничивает возможность проявления силы действия других факторов, в том числе и находящихся в оптимуме. Лимитирующие факторы обычно обуславливают границы распространения видов (популяций), их ареалы. От них зависит продуктивность организмов и сообществ. Поэтому крайне важно своевременно выявлять факторы минимального и избыточного значения, исключать возможности их проявления (например, для растений — сбалансированным внесением удобрений).

Человек своей деятельностью часто нарушает практически все из перечисленных закономерностей действия факторов. Особенно это относится к лимитирующим факторам (разрушение местообитаний, нарушение режима водного и минерального питания и т.п.).

Особо следует сказать о *фотопериодизме*, под которым понимают реакцию организма на длину дня (светлого времени суток). При этом длина светового дня выступает и как условие роста и развития, и как фактор-сигнал для наступления каких-то фаз развития или поведения организмов. Применительно к растениям обычно выделяют организмы короткого и длинного дня. Растения короткого дня существуют в низких (южных) широтах, где при длинном периоде вегетации день остается относительно коротким. Растения длинного дня характерны для высоких (северных) широт, где при коротком вегетационном периоде день длиннее. Перемещение растений из одних широт в другие без учета данного явления обычно затруднительно: растения нормально не развиваются, их плоды не вызревают.

Сигнальное свойство фотопериодизма выражается в том, что растительные и животные организмы обычно реагируют на длину дня своим поведением, физиологическими процессами. Например, сокращение продолжительности дня является сигналом для подготовки организмов к зиме. Для растений это повышение концентрации клеточного сока, листопад или подготовка к нему, запасание питательных веществ и т.п., для животных — накопление жиров, смена накожных покровов, подготовка птиц к перелетам и т.п.

Другие факторы обычно в меньшей мере используются как сигналы (например, температура), поскольку они изменяются не с такой строгой закономерностью, как фотопериод, и могут провоцировать наступление каких-то фаз или явлений преждевременно или с запозданием. Хотя определенную корректировку в действие фотопериодизма они вносят (по Воронкову, 1999; Гольдфейну и др., 2006).

Наряду с длиной дня организмы эволюционного адаптировались к *другим видам периодических явлений* в природе. Прежде всего это относится к суточной и сезонной ритмике, приливно-отливным явлениям, ритмам, обусловливаемым солнечной активностью, лунными фазами и другими явлениями, по-

вторяющимися со строгой периодичностью. Человек может нарушать эту ритмику через изменение среды, перемещением организмов в новые условия и другими действиями.

Ритмичность действия факторов среды, подверженная строгой периодичности, стала физиологически и наследственно обусловленной для многих организмов. В частности, к суточной ритмике адаптирована активность многих животных организмов (интенсивность дыхания, частота сердцебиений, деятельность желез внутренней секреции и т.п.). Одни организмы очень стойко сохраняют эту ритмику, другие более пластичны. Отмечается, что черные крысы более стойки к суточной (или околосуточной) ритмике и поэтому меньше склонны к расселению, держатся определенных местообитаний; серые крысы более лабильны по ритмике, легче осваивают новые условия и поэтому являются практически космополитами. Многие ритмы становятся наследственно обусловленными. Например, при перемещении некоторых животных в более северные районы они (животные) продолжают сохранять свою ритмику. В таких случаях нарушается правило приуроченности наиболее ответственных периодов в жизни (размножения) к более благоприятному времени.

Элементы биоценологии и биогеоценологии. Ключевыми системами, составляющими *биоценологический уровень* организации материи, являются биоценозы и биоты. Биота — исторически сложившаяся совокупность организмов на конкретной территории (и в определенный интервал времени — при изучении палеобиоты). Биоценоз представляет собой многовидовое сообщество экологически сопряженных организмов, занимающее определенный участок биосферы (биотоп) и участвующее в общем геохимическом круговороте планеты. Термин «биоценоз» введен Карлом Мебиусом в 1877 году при изучении устричных банок.

Видовая структура биоценоза предполагает выделение трех групп видов: доминантные — наиболее массовые виды биоценоза, средообразующие — сильно влияющие на условия существования других видов в биоценозе, малочисленные — занимающие подчиненное положение и представленные малым относительно других числом особей.

Каждый вид в биогеоценозе занимает определенную экологическую нишу. Этим термином обозначают часть пространства биоценоза, определяющую: а) границы выносливости вида по отношению к факторам среды; б) характер взаимодействий с другими видами; в) образ жизни особей данного вида. В процессе развития биоценоза экологические ниши могут частично или полностью перекрываться. В этом случае работает принцип конкурентного исключения Г.Ф. Гаузе: при перекрытии экологических ниш близкородственных видов (одного рода) остается один вид, остальные вымирают, либо происходит разделение экологической ниши, либо виды вынужденно меняют экологические предпочтения.

Функционирование и развитие биоценозов как сложных систем подчиняется действию ряда закономерностей (по Н.Ф. Реймерсу, 1994). Основными из них являются следующие.

Принцип экологической компрессии: увеличение числа видов в биоценозе ведет к снижению численности особей каждого вида.

Принцип замены экологически высвобожденных вакансий: при удалении из биоценоза части популяции одного вида другой, близкий к нему вид увеличивает численность особей.

Правило взаимоприспособленности видов К. Мебиуса — Г.Ф. Морозова: виды в биоценозе приспособлены друг к другу настолько, что, несмотря на внутренние противоречия, сообщество представляет собой единое системное структурно-функциональное целое.

Правило экотона (краевого, маргинального эффекта): на стыках биоценозов скачкообразно увеличивается число видов и особей в них.

Основными системами, развивающимися на *биогеоценологическом уровне* организации, являются биогеоценозы. Биогеоценоз — совокупность биоценозов, взаимосвязанных экологически друг с другом и с геолого-геоморфологическим субстратом. Принципы функционирования и развития биогеоценозов следующие.

Принцип взаимной дополнителности: все виды в биогеоценозе дополняют друг друга в использовании ресурсов среды.

Принцип взаимозаменяемости видов: любой вид в биогеоценозе потенциально теоретически может быть заменен другим со сходными экологическими требованиями и функциями.

Принцип саморегуляции: биогеоценоз обладает способностью к саморегуляции, которая является одним из основных условий его существования как системы.

Принцип надежности обеспечения функций: главные функции биогеоценоза (создание органического вещества, разрушение органического вещества, регуляция численности видов) обеспечиваются биоразнообразием, то есть множественностью видов, как бы страхующих друг друга.

Влияние человека на биогеоценологическом уровне достигло столь высокой степени, что позволило создать и интенсивно развивать систему сильно преобразованных экосистем, получивших название агроценозов. *Агроценозы* — сознательно спланированные биогеоценозы, в которых сбалансировано получение сельскохозяйственной продукции и возврат ее составляющих. Принципиальные отличия агроценоза от биогеоценоза заключаются в следующем: 1 — большая часть энергии вводится в систему человеком; 2 — биоразнообразие поддерживается за счет планирования (пролески, посадки, водоемы и др.); 3 — основная цель функционирования агроценоза — обеспечение доминантности одного вида.

Следует отметить, что биоценозы и биогеоценозы подчиняются принципу автоэволюции (саморазвития): в природе происходит автоэволюция экосистем от неустойчивого состояния к устойчивому с постепенным снижением темпов развития.

Важнейшей закономерностью является возможность формирования так

называемых сукцессий. Сукцессия — последовательная закономерная смена биоценозов (биогеоценозов) во времени и(или) в пространстве. Согласно этой закономерности, в частности, непосредственно на геологическом субстрате не может сразу сформироваться сложная экосистема (например, биогеоценоз широколиственного леса) — необходимо последовательное, в определенном порядке прохождение нескольких этапов развития, каждый из которых будет характеризоваться развитием «своей» экосистемы.

7. Глобально-экологические проблемы геосфер

Понятие «проблема» широко используется в науке и на практике и предполагает возникновение какой-то задачи, требующей изучения и решения. Эколого-географическая проблема означает появление негативных ситуаций во взаимоотношениях между организмом (человеком) и окружающей средой, имеющих пространственное выражение. Б.И. Кочуров связывает экологические проблемы с нарушениями структуры и функционирования природных систем, приводящим к социальным и экологическим последствиям (табл. 1).

Таблица 1

Основные экологические проблемы при различных видах антропогенных воздействий (Рудский, Стурман, 2007)

Вид антропогенного воздействия	Экологические проблемы
Охотничье промысловое хозяйство	Б
Выпас скота	Б, П
Рубки леса	Б, П, В
Богарное земледелие	П, Б, В
Осушение	П, В, Б, Н
Орошение	П, В, Н
Гидротехническое строительство	Н, В, П, Б
Урбанизация, обрабатывающая промышленность	А, Н, В, Б, П
Транспорт	А, Н, П, Б, В
Поиск и добыча полезных ископаемых	Н, В, Б, П, А
Тепловая энергетика	А, В, Б, П

Примечание: Условные обозначения: А — загрязнение атмосферы; В — загрязнение и истощение вод, нарушение водного режима; П — деградация и загрязнение почв; Б — деградация и истощение биоты; Н — комплексное нарушение земель и разрушение локальных геосистем.

Наиболее полный список экологических проблем приводит Н.Ф. Реймерс (1994). Основные экологические проблемы ныне хорошо известны и широко обсуждаются — к ним можно отнести следующие (цит. по Рудский, Стурман, 2007):

- изменение климата (геофизики) Земли на основе усиления тепличного эффекта, выбросов метана и других низкоконцентрированных газов (малых газовых примесей), аэрозолей, легких радиоактивных газов, изменения концентрации озона в тропосфере и стратосфере;
- замусоривание и иное загрязнение ближайшего космического пространства;
- общее ослабление стратосферного озонового экрана, образование большой «озоновой дыры» над Антарктидой, малых «дыр» над другими регионами планеты;
- загрязнение атмосферы с образованием кислотных осадков, сильноядовитых и пагубно действующих веществ в результате вторичных химических реакций, в том числе фотохимических (в этом состоит одна из основных причин разрушения озонового слоя, на который воздействуют фреоны, водяные пары, вещества типа NO_x , малые газовые примеси);
- загрязнение океана, захоронения в нем ядовитых и радиоактивных веществ, насыщение его вод углекислым газом из атмосферы, поступления в него антропогенных нефтепродуктов, других загрязняющих веществ, особенно тяжелых металлов и сложноорганических соединений, подкисление мелководий за счет загрязненной SO_2 и NO_x атмосферы, нарушение естественных экологических связей между океаном и водами суши в связи со строительством плотин на реках;
- истощение и загрязнение поверхностных вод суши, континентальных водоемов и водотоков, подземных вод, нарушение баланса между поверхностными и подземными водами;
- радиоактивное загрязнение локальных участков и некоторых регионов, особенно в связи с эксплуатацией атомных устройств, чернобыльской аварией и испытаниями атомного оружия;
- изменение геохимии отдельных регионов планеты в результате, например, перемещения тяжелых металлов и концентрации их на поверхности Земли при нормальной дисперсности в литосфере;
- продолжающееся накопление на поверхности суши ядовитых и радиоактивных веществ, бытового мусора и промышленных отходов, особенно почти неразложимых и очень стойких, типа полиэтиленовых изделий, других пластмасс и т.п.; возникновение вторичных химических реакций во всех средах с образованием токсичных веществ;
- нарушение глобального и регионального экологического равновесия, соотношения экологических компонентов, в том числе сдвиг экологического баланса между Океаном, его прибрежными водами и впадающими в него водотоками;
- опустынивание планеты в новых регионах, расширение уже существующих пустынь, углубление процесса опустынивания;

- сокращение площади тропических и северных лесов, ведущее к дисбалансу кислорода и усилению процесса исчезновения видов животных и растений;
- освобождение и образование в ходе названного процесса новых экологических ниш и заполнение их нежелательными организмами — вредителями, паразитами, возбудителями новых заболеваний растений и животных, включая человека;
- абсолютное перенаселение Земли и относительное демографическое переуплотнение в некоторых ее регионах;
- ухудшение среды жизни в городах и сельской местности, увеличение шумового воздействия, стрессов присутствия, загрязнения воздуха промышленностью, транспортными средствами, зрительного подавления человека высокими зданиями, возникновения «грусти новых городов», дискомфорта обезличенного строительства, напряженного темпа городской жизни и потери социальных связей между людьми; возникновение «психологической усталости».

Таблица 2

Экологически значимые характеристики отдельных стран
(в % к мировому уровню) (Рудский, Стурман, 2007)

Характеристика	Россия	Германия	Франция	Великобритания	США
1	2	3	4	5	6
Территория	12	0,26	0,42	0,18	7
Лесопокрытая площадь	21	0,25	0,35	0,05	7
Площадь вне тропических лесов	46	0,62	0,88	0,13	17
Площадь «диких» земель	15	0	0	0	0,7
Длина морского побережья	8	0,4	0,57	2,1	3,3
Площадь охраняемых территорий	4	0,94	0,57	0,53	13,5
Возобновимые ресурсы речных вод	9,2	0,23	0,42	0,29	6,1
Население	2,6	1,42	1,0	1,0	4,6
Городское население	4,3	2,73	1,63	2,0	7,8
Плотность населения (мир=100%)	20	536	242	552	63
Площадь пашни	9,2	0,82	1,32	0,45	12,9
Площадь пастбищ	2,3	0,15	0,32	0,32	7,1
ВВП	1,2	7,91	5,38	4,36	26,6
Производство электроэнергии	6,7	4,75	4,35	2,95	32,4

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
Производство электроэнергии на АЭС	5,5	7,0	17,0	4,1	28,1
Потребление энергии	9,2	4,2	2,8	2,9	25,1
Выбросы в атмосферу					
CO ₂	8,0	3,6	1,5	2,4	24,1
SO ₂	6,29	2,3	0,4	0,7	12,4
NO ₂	6,0	4,2	2,2	3,4	30,9
CO	7,5	5,2	5,5	3,2	44,6
Твердые вещества	5,2	2,3	0,4	0,7	12,4
Крупные водохранилища:					
количество	4	0,5	1,0	0,5	28
суммарный полный объем	15	0,03	0,1	0,04	14
Использование водных ресурсов	2,78	1,42	1,16	1,07	14,42
Вложение техногенной энергии на единицу территории (мир=100%)	72	1900	—	1613	336

Глобально-геоэкологические проблемы литосферы (Рудский, Стурман, 2007). Рельеф вместе с верхней частью земной коры испытывает воздействия человека, связанные с разработкой разнообразных полезных ископаемых, прокладкой дорог, со строительными работами (например, сооружением ГЭС) и с другими видами воздействий. С эколого-географических позиций важна сама физическая поверхность Земли как интегрирующий фактор, с которым связано ключевое понятие «местоположение», рассматриваемое как ячейка географической оболочки и биосферы. Роль рельефа сводится к возникновению направленного потока вещества, обусловленного гравитационной энергией. Усиленный человеческой деятельностью, этот поток приводит к существенным изменениям природной среды и возникновению экологических проблем. Степень антропогенного воздействия с каждым годом возрастает все быстрее и становится сравнимой с природными процессами, прокладывая принципиально новые пути перемещения вещества и энергии.

Горные выработки изменяют не только ландшафты, но и протекание геохимических процессов. Хорошая проницаемость отвалов приводит к миграции химических элементов и дополнительному загрязнению, вплоть до образования геохимических аномалий. В состав сопутствующих элементов большинства месторождений входят химические элементы, вредные для человека (свинец, ртуть, кобальт, цинк, кадмий). Кроме изменения геохимических характеристик, к эколого-географическим проблемам литосферы можно отнести усиление трещиноватости и оседания горных пород, образование провалов. Проблемы литосферы влекут за собой возникновение

проблемных ситуаций в других компонентах природной среды, прежде всего в гидросфере.

Проблемы гидросферы. Возросшее антропогенное воздействие ведет к изменению как водных запасов и гидрологического режима, так и качества вод. Выявлены связи ускорения таяния ледников с загрязненностью их поверхности, а изменения гидрологического режима — например, с сельскохозяйственной деятельностью. Все это ведет к ухудшению качества воды и здоровья человека. Наиболее серьезным фактором ухудшения качества воды является химическое загрязнение, способное привести к кризисному состоянию водных объектов, а в конечном итоге и к экологическому бедствию. Но кроме химического загрязнения на качество воды влияют и такие факторы, как мутность и плотность воды, концентрация микроорганизмов, расход воды, обусловленные естественными причинами. В результате вовлечения технофильных элементов в круговорот вещества (особенно активизировался этот процесс во второй половине двадцатого столетия в связи с созданием предприятий горно-химической промышленности) изменился ход естественных геохимических процессов. Одним из негативных последствий этого стала аккумуляция токсичных металлов в ледниках.

Качество воды тесно связано с количественными характеристиками, прежде всего с изменением (чаще в сторону уменьшения) суммарного потока. Снижение речного стока или сокращение запасов воды в озерах происходит под влиянием не только антропогенных факторов. Глобальные климатические изменения также способны вызывать нарушение сложившихся систем тепло- и влагооборота в пределах крупных речных бассейнов и территорий, следствием чего может быть сокращение или увеличение водных ресурсов. Также имеют место усиление водной эрозии, изменение русловых процессов, общее обводнение одних территорий и иссушение других (Рудский, Стурман, 2007).

Проблемы атмосферы. Наиболее серьезные изменения климата следует связывать с четырьмя факторами, имеющими ярко выраженное пространственное распределение: 1) загрязнением атмосферы взвешенными частицами; 2) поступлением в атмосферу углекислого газа; 3) образованием «парникового эффекта»; 4) разрушением озонового слоя. Загрязняют атмосферу в первую очередь различные взвеси, наблюдаемые в виде дымки, тумана или смога. В качестве примера крайне негативных последствий можно привести обстановку в крупных городах, где высок процент легочных заболеваний, обусловленных названным фактором (Рудский, Стурман, 2007).

Более вредное воздействие на здоровье человека оказывают тяжелые металлы. Источником загрязнения воздуха могут быть металлургические комбинаты и другие промышленные предприятия, а также транспорт, использующий в качестве топлива этилированный бензин. Продукты его сгорания вдыхаются человеком, вызывая различные заболевания, или аккумулируются в различных средах: воде (ледниках, озерах), почве, растениях и животных.

Проблемы биосферы (Рудский, Стурман, 2007). Это комплекс наиболее сложных проблем, большая часть которых связана с сокращением биоразно-

Таблица 3

Биологическое разнообразие в «восьмерке экологически доминирующих стран» (Рудский, Стурман, 2007)

Страны	Доля видов растений в стране, % от мира	Число исчезающих видов в стране		Доля исчезающих видов растений, % от числа видов в стране
		животных	растений	
Россия	9	59	127	0,56
США	8	281	1845	9,22
Япония	2	79	704	14,08
Германия	1	11	16	0,64
Китай	12	153	343	1,14
Индия	6	137	1256	8,37
Индонезия	8	242	281	1,41
Бразилия	22	167	483	0,88

образия и видовых ареалов и, следовательно, с истощением биотического потенциала Земли (табл. 3).

Богатым биологическим разнообразием обладают лесные ландшафты, где сосредоточено наибольшее количество видов растений и животных. Однако рубки леса нарушают не только фитоценозы, но и места обитания животных, естественный ход геохимических, гидрологических и микроклиматических и других процессов, создавая проблемные и кризисные ситуации. Они свойственны территориальным ячейкам биосферы — зональным типам и высотным поясам растительности. Если лесной пояс, обладающий большей естественной устойчивостью, страдает в основном от рубок, то остальные пояса подвержены целому комплексу антропогенных воздействий, приводящих к сокращению видов разнообразия. Сюда можно отнести выпас домашних животных, распашку земель и сенокосение, заготовку сырья пищевых и лекарственных растений, охоту и рыбную ловлю, рекреационную деятельность.

С сокращением биоразнообразия тесно связано и сокращение ареалов видов. Каждый вид пространственно размещается в соответствии со своими генетическими, физиологическими и другими биологическими особенностями и по-разному относится к факторам среды и другим видам.

Проблемы педосферы. Почвенная оболочка — наиболее уязвимая оболочка Земли. Эта система находится на стыке двух других глобальных систем — геологической (литосфера) и биологической (биосфера). Почвенный покров отличается наименьшей устойчивостью к любому воздействию, обусловленной ускорением протекания биогеохимических процессов под влиянием естественных (например, гравитационных) и антропогенных сил. Баланс почвообразования формируют три составляющие: биогенная аккумуляция, механическая аккумуляция (вынос) и геохимическая аккумуляция (вынос).

Преобладают механическая денудация и геохимический вынос, а биогенная аккумуляция сопровождается постоянной потерей продуктов биогенеза.

Кроме естественных факторов почвообразовательного процесса исключительно важно учитывать антропогенные факторы, носящие обычно деструктивный характер. Для учета эколого-географических последствий антропогенного воздействия на почву следует оценить потенциальную устойчивость почв. **Развернутая система показателей оценки устойчивости почв и ландшафтов к загрязнению разработана Б.И. Кочуровым (1999, 2003). Она включает следующие показатели.**

1. Степень развитости почвенного профиля. Почвы с развитым профилем наиболее устойчивы к различным воздействиям.

2. Крутизна склонов. Важнейший фактор в горных регионах. С одной стороны, с увеличением крутизны склонов усиливается эрозия, с другой — благоприятствует выносу продуктов загрязнения, которые, однако, затем накапливаются в различных понижениях.

3. Каменистость. Чем она выше, тем почвы более подвержены внешним воздействиям, приводя к образованию каменистых россыпей.

4. Плотность. С уплотнением почв уменьшаются общая пористость и объем пор аэрации, снижаются скорость фильтрации и доступность воды растениям.

5. Структура почв. Оструктуренная почва наиболее устойчива к различным воздействиям.

6. Механический состав. Он определяет водный, воздушный и тепловой режимы и влияет на миграцию химических элементов.

7. Тип водного режима. Промывной тип способствует выносу продуктов загрязнения, а при непромывном типе продукты загрязнения аккумулируются в почвенном профиле.

8. Содержание гумуса. Высокогумусные почвы способны противостоять внешним воздействиям.

9. Реакция среды (рН). Подвижность химических элементов и их соединений в различных средах существенно изменяется.

10. Емкость поглощения. В зависимости от количества и состава обменных ионов почвы обладают различной буферностью, следовательно, различной устойчивостью к внешним воздействиям.

11. Покрываемость растительным покровом. Довольно высокая самоочищающая способность растений — важный фактор борьбы с загрязнением.

12. Интенсивность биологического кругооборота. Об интенсивности разложения органических веществ в ландшафте свидетельствует отношение подстилки к зеленой части опада. Чем выше этот коэффициент, тем интенсивнее протекают в ландшафте процессы разрушения органических веществ, в том числе и антропогенного происхождения.

Б.Н. Кочуров (1997) показал, что данные показатели комплексно характеризуют устойчивость земель к загрязнению, а от состояния почв зависит уровень развития сельского хозяйства и, в конечном итоге, количество и качество производимого продовольствия.

Характеризуя геоэкологические проблемы почвенного покрова в целом, необходимо выделить важнейшие из них:

- потери почвы (прежде всего гумуса) вследствие водной и ветровой эрозии;
- наличие почв с дефицитным балансом главных элементов питания растений (для таких почв необходима оценка их пространственного размещения, расчет скорости потерь гумуса, азота и фосфора);
- измененность кислотности и щелочности почв, особенно в связи с развитым сельским хозяйством, развитием мелиорации, а также в районах, подверженных мощному техногенному воздействию промышленности (например, цветной металлургии);
- изменение солевого режима орошаемых почв;
- локальное загрязнение почв тяжелыми металлами в зоне влияния транспорта, выброса бытовых отходов и т.д.;
- изменение свойств почв при гидротехническом строительстве.

Почва как узел связей биосферы, где наиболее интенсивно развиваются процессы обмена вещества между литосферой, гидросферой, атмосферой и организмами, играет, таким образом, ключевую роль в цепи рассматриваемых экологических проблем, имеющих пространственное распространение (Рудский, Стурман, 2007).

Проблемы урбосферы. С развитием глобального процесса урбанизации, роста городов возникают разнообразные проблемы. Половина из них — взаимоотношения города и окружающего ландшафта, изменение природной среды в пределах городской территории, денатурация обстановки в городе, влияющая на физическое и психическое здоровье его жителей.

Крупные города воздействуют на окружающую местность, превосходящую их по площади в сотни раз. Более того, «... даже небольшая городская экосистема нуждается в громадной прилегающей территории для рассеивания неупорядоченности на выходе, поскольку уровень мощности городских систем примерно в 100 раз выше уровня любой природной системы» (Тетиор, 1995).

Таким образом, современный город-миллионер — это громадный энергетический и трофический паразит биосферы. Он потребляет за сутки в среднем около 62 500 т воды, 2 000 т пищи, 4 000 т угля, 2 800 т нефти, 2 700 т природного газа, 1 000 т топлива для автотранспорта и выбрасывает в атмосферу, реки и водоемы, на свалки около 500 000 т сточных вод, 2 000 т твердых отходов, 950 т твердых частиц и газов (Геоэкологические принципы..., 1987).

Эти сгустки населения (и центры его социальной и экономической активности) используют и потребляют природные ресурсы как вблизи, так и за тысячи километров от себя. Тем самым жизнедеятельность города порождает отходы как в самом городе и его окрестностях, так и вдали от него. Этот процесс вызывает конфликты с природными экосистемами и биосферой в целом разного пространственного масштаба — дома и на рабочем месте, по соседству, в городе, пригородной зоне, регионе и в глобальном масштабе. Города ста-

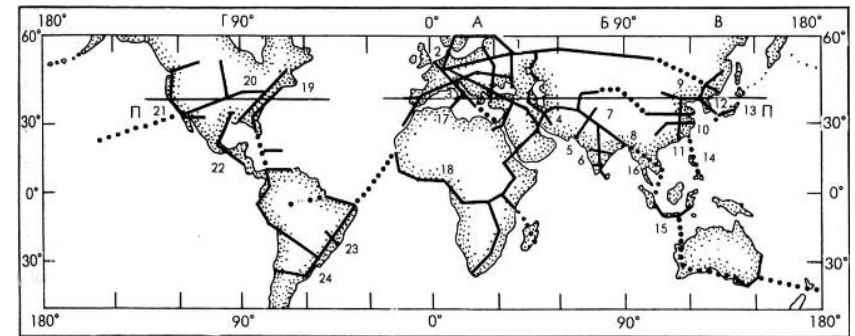


Рис. 1. Глобальный каркас расселения (Латте, 1997; Кудрявцев, 1985). Морфология каркаса: П — главный пояс урбанизации; скопления: А — Европейское, Б — Южно-Азиатское, В — Восточно-Азиатское, Г — Северо-Американское; центры и ядра: 1 — Москва, 2 — Рейн/Рур — Лондон — Париж, 3 — Милан, 4 — Тегеран, 5 — Карачи, 6 — Бомбей, 7 — Дели, 8 — Калькутта, 9 — Пекин — Тяньцзинь, 10 — Шанхай, 11 — Кантон — Гонконг, 12 — Сеул, 13 — Токио — Осака — Кобе, 14 — Манила, 15 — Джакарта, 16 — Бангкок, 17 — Каир, 18 — Лагос, 19 — Нью-Йорк, 20 — Чикаго, 21 — Лос-Анжелес — Сан-Франциско, 22 — Мехико, 23 — Сан-Пауло — Рио-де-Жанейро, 24 — Буэнос-Айрес

новятся своеобразными «воспаленными участками», «нарывами» на «теле» биосферы Земли. Чем быстрее рост городов, тем отчетливее градоэкологические проблемы, конфликт города с природными геосистемами. Крупные города, сосредотачивая сотни людей на сотнях квадратных километров, создают плотность населения в сотни раз большую, чем в среднем в сельской местности. Глобальное распределение городских систем подчиняется закономерностям так называемого каркаса расселения (рис. 1).

Эволюция глобальной системы городов позволяет говорить об урбосфере как особой оболочке планеты, развивающейся как продукт ноосферы (антропосферы) на стыке с литосферой, гидросферой, атмосферой, биосферой и другими геосферами. Причем это развитие носит не строго прогрессивный характер — наблюдаются постоянные в истории человечества (на всех континентах, во всех государствах) участки омертвления городских структур, что позволяет говорить об антиподе урбосферы — антиурбосфере (рис. 2).

Российские города превращаются в экологически, психологически и социально опасные места. Чрезвычайная скученность населения и отсутствие достаточных средств на инженерное обустройство городов бывшего СССР породили массу проблем социального, медицинского и экологического характера. К числу основных из них можно отнести следующие.

1. Наличие жилой застройки и дачных участков в санитарно-защитных зонах промышленных предприятий. В результате возникла чересполосица промышленных площадок, часто низкокомфортной и ветхой жилой застройки, городских пустырей, транспортных коридоров с недопустимо высоким уровнем загрязнения природных сред. Это своеобразные промышленные «Колонии» крупных российских промышленных городов.



Рис. 2. «Мертвые» города Казахстана (антиурбосферные структуры) (Яшков и др., 2010)

2. Моральный и физический износ всей системы инженерной инфраструктуры российских городов. Городская инфраструктура (система автомагистралей и городских улиц, энерго- и теплоснабжения, городской транспорт) оказалась не готова ответить на вызов XXI века. Стремительная автомобилизация населения после перехода на рыночные отношения обернулась подлинным коллапсом дорожного движения вследствие постоянных пробок на городских улицах. Дорожный «паралич» обусловлен просчетами проектировщиков новых городских районов в 60–70-е гг. XX в. Автомагистрали ни по качеству дорожного покрытия, ни по ширине проезжей части, ни по организации движения ныне не способны эффективно «переварить» резко увеличившийся поток транспорта. Но самое главное — городских автомагистралей просто не хватает.

3. Архаичность и крайняя изношенность теплоснабжения и системы удаления твердых и жидких отходов. Городские системы водоснабжения, а также обеззараживания и переработки отходов примитивны и недостаточны либо вовсе отсутствуют. Это порождает многочисленные потери энергии, тепла, воды, загрязнение воздуха, почв, водотоков и водоемов, подтопление и заболачивание городских территорий, накопление болезнетворных осадков и илов, размножение опасных переносчиков инфекций и т.д.

4. Неоправданный рост промышленных зон, их планировочная неупорядоченность, «расползание» жилой застройки и удлинение транспортных коммуникаций, что провоцирует захват пригородных сельскохозяйственных

и рекреационных угодий, ведет к удорожанию строительства, ухудшает транспортную доступность наиболее значимых городских центров, снижает целостность городской системы. Российские города развиваются экстенсивно, слабо используется подземное пространство города.

5. Ветхий жилой фонд. Большая доля строений лишена элементарных бытовых удобств, инженерного обустройства, центрального тепло- и водоснабжения, надлежащего озеленения, асфальтирования. Многие крупные города представляют собой странные конгломераты, состоящие из ветхого малоэтажного исторического центра, одноэтажных, «слободских», как правило деревянных или кирпичных усадебных построек, лишенных инженерного обеспечения, и микрорайонов из пяти- и девятиэтажных панельных и кирпичных низко- и среднекомфортных домов, без дворов, надлежащей социальной инфраструктуры, с изношенным теплоснабжением, которые также морально и физически устарели.

6. Таким образом, российские города столкнулись в конце XX столетия с вполне отчетливым «системным» кризисом: кризисом экологическим, кризисом транспортным и кризисом инженерно-коммуникационным. В основе указанного кризиса — кризис экономический, обусловленный медленным, мучительным переходом экономики страны на новые, рыночные отношения.

Экономическая и градоформирующая доминанта промышленного производства в советских городах обусловила закрепление жилого фонда, коммунального и культурно-бытового строительства за промышленными предприятиями, что (в условиях возникшего в первой половине 90-х гг. структурного экономического кризиса) привело к развалу подобной формы владения жилым фондом и инженерной инфраструктурой и породило вышеуказанные проявления системного кризиса российских городов. К сожалению, пока нет оснований для оптимистических прогнозов относительно быстрого преодоления многочисленных проблем, возникших в российских городах. Существует ряд инерционных факторов, переходящих в XXI век, которые будут определять уровень природопользования и качество окружающей среды в Российской Федерации и СНГ, включая, разумеется, и города.

По мнению А.Ю. Ретеюма (1993), **негативные особенности сложившейся системы природопользования в России заключены в следующем:**

- значительная деградация ландшафтов;
- высокая степень истощения и хищническая идеология потребления природных ресурсов;
- ресурсозатратный характер, расточительность экономики;
- общая отсталость, моральная и физическая изношенность оборудования базовых отраслей народного хозяйства: энергетики, топливных отраслей, перерабатывающей промышленности;
- острый дефицит средств, выделяемых на рационализацию природопользования и охрану окружающей среды (причем доля этих средств от ВВП все уменьшается);

- малая мощность и низкий научно-технический уровень предприятий, обеспечивающих природоохранную деятельность;
- слабость системы управления и контроля в сфере охраны окружающей среды.

К названному добавим:

- отсутствие действенных юридических и экономических рычагов давления на злостных разрушителей природной среды в городе;
- низкая правовая и экологическая культура населения и хозяйственных руководителей;
- коррумпированность и некомпетентность немалого числа сотрудников природоохранных и муниципальных служб.

Все сказанное свидетельствует о дальнейшем углублении экологического кризиса в России и, разумеется, в ее городах, особенно крупных и крупнейших.

Конечно, отмеченные процессы с разной степенью остроты затронули многие страны и города. Но, как свидетельствуют факты, наиболее остро и специфично они проявляются в странах СНГ, в России, в развивающемся мире. Специфика российской ситуации в том, что здесь накладываются друг на друга проблемы, типичные для стран «третьего мира», и «недуги» промышленно развитых стран. Нехватка финансовых ресурсов отражается на системе управления и природопользовании, устаревшие промышленные технологии в России сочетаются с мощными производствами, как правило, ресурсопотребляющего и энергонасыщенного; страны Запада в 60–70-е гг. XX века обратились к ресурсосберегающим технологиям (Саратов, 2003; Макаров, 2000).

Параллельно с ростом городов менялась мировая демографическая структура. По данным отдела народонаселения при секретариате ООН, в первой четверти XXI века при росте общей численности населения мира на 32,2 %, города дадут 50,3 % прироста, село — лишь 3,8 %. В России урбанизация достигла средне-европейского уровня. Доля городского населения к 2025 г. достигнет 85,7 % против 75,6 в 1994 г., сельского — уменьшится с 24,4 до 14,4 % (Макаров, 2000).

К концу XX века крупные города стали основной средой обитания современного социума. Однако, создав новую экологическую нишу, человек не сумел адаптироваться ни биологически, ни психологически к ее экстремальной обстановке. Особенно болезненно процесс адаптации протекает в городах России, где, в связи со сменой форм собственности и переходом к рыночным отношениям, население столкнулось с проблемами социального, экономического и экологического содержания. Коммунальная инфраструктура, городской транспорт, энерго- и теплоснабжение, система удаления и складирования бытовых и промышленных отходов не отвечает современным требованиям. Обыденными становятся многочисленные бедственные ситуации, с отключения электро-, тепло- и водоснабжения.

В довершение к общегородской проблематике, у людей возникают многочисленные проблемы личного плана, которые общество не столь остро ощущало до распада социалистической системы. Запредельная стоимость жилья и коммунального обслуживания, лекарств и лечения, проблемы с поисками

работы и получения образования и пр. вводят многие категории населения в перманентно стрессовое состояние, которое становится нормой российской городской жизни, весьма далекой от мировых социальных стандартов.

Известный в градэкологии термин «усталые города» с полным основанием можно распространить и на их обитателей, которые живут под постоянным воздействием негативных природно-техногенных процессов. В крупных городах с непомерно разросшимся промышленным производством, основной экологической проблемой стало недопустимое загрязнение атмосферы, подземных и поверхностных вод и почвенного покрова газовыми и пылевыми выбросами, жидкими промышленными стоками и твердыми отходами производства.

Крупные города в их современном состоянии стали «горячими точками» глобальной экологии. Занимая суммарно не более 1 % территории, они спрессовали более 50 %, а в ряде урбанизированных районов до 80 % населения и стали основными загрязнителями природной среды и опасными потенциальными очагами экологических катастроф. Города, насыщенные производствами с опасными технологиями, находятся в сфере особого внимания МЧС, озабоченного вопросами своевременного прогноза и предотвращения аварийного развития событий. Подобный подход к экологической безопасности городов правомерен, но далеко не исчерпывает существа проблемы. Помимо «катастрофического», существует другой, не менее важный ее аспект, который не привлекает должного внимания в силу своей повседневности.

Наряду с возможными авариями и катастрофами, предотвращение которых во многом зависит от культуры производства, обозначилась реальная угроза необратимого нарушения нормального функционирования всех компонентов природной среды, включая биоту и человечество в целом. Речь идет об опасности, возникающей при постоянном техногенном давлении на окружающую среду не в экстремальном, а в обыденном, «рабочем» режиме. Результаты подобного необратимого воздействия не проявляются мгновенно, они накапливаются годами и десятилетиями, но их плоды могут оказаться не менее грозными, чем последствия крупных катастроф. Наиболее уязвимы в этом отношении крупные промышленные агломерации, которые вносят основную дисбаланс в состояние окружающей среды. Население большинства из них живет в условиях латентного экологического риска, суть которого сформулирована В.И. Даниловым-Данильяном как обстановка «ползучих катастроф».

Сущность природоохранной деятельности на территории крупных городов определяют две составляющие — объективная оценка экологического состояния городской среды и выработка адекватных управленческих решений по ее оптимизации. Практическая реализация подобных решений возможна лишь при условии детального знания морфоструктуры городских земель и всей совокупности свойственных им природных и техногенных процессов, а также экологических последствий этих процессов. В изложенном контексте принципиально важны разработки по классификации экологически опасных

процессов урбанизированных территорий и системный анализ городов как крупных природно-техногенных систем.

Совокупность взаимодействующих природных и техногенных объектов и процессов с системных позиций может трактоваться как открытая природно-техногенная система (ПТС) с составе природного, технического и демопопуляционного блоков. Различные комбинации этих блоков определяют структурные особенности ПТС, а территориальное распространение — их иерархический уровень.

Вопросы соподчиненности природно-техногенных систем обсуждаются в специальной литературе, но публикации такого плана сравнительно редки. В опосредованной форме они проявлены в принятой структуре экологического мониторинга, где предусмотрены четыре уровня наблюдений, соответствующих одноранговым территориальным выделам: локальный, региональный, национальный и глобальный.

С этими градациями коррелирует четырехранговая классификация В.Т. Трофимова с элементарным, локальным, региональным и глобальным уровнями организации природно-технических (литотехнических) систем. Предполагается, что элементарной системе может отвечать, например, заводской цех, а локальной — весь завод. Региональные системы интерпретируются как комплексы локальных ПТС и как составные части планетарной системы. В этой классификации не определена позиция городов, которые на урбанизированных территориях являются важными структурными элементами региональных систем.

В вопросе детального подразделения городской системы намечаются несколько отличные подходы. В.З. Макаровым (2000) принят чисто ландшафтный принцип ранжирования с выделением урболандшафтных районов и урболандшафтных участков (УЛУ), которые характеризуются как «участки, относительно однородные по характеру и возрасту жилой застройки, расположенные в относительно схожих природно-ландшафтных условиях». Характеристика УЛУ основана на трех показателях: качестве жилого фонда и благоустройства, санитарно-гигиенических условиях и здоровье населения.

Э.А. Молостовским и В.А. Кононовым в 2000 г. предложен принцип урболандшафтного зонирования городских земель, где ключевым подразделением выступает урболандшафтная зона (УЛЗ). Последние интерпретируются как достаточно крупные (20–30 км²) участки городской территории со специфическими индивидуальными сочетаниями природных и техногенных характеристик. По рангу УЛЗ соответствуют ландшафтным районам или подрайонам и являются наиболее крупным подразделением в градоэкологической классификации.

Детали городской инфраструктуры регистрируют более мелкие таксоны (элементы системы), подчиненных УЛЗ — подзоны (УЛПЗ) и микрзоны (УЛМЗ). В процессе экологической паспортизации города микрзона, равно как ее синоним, урболандшафтный участок (УЛУ), является основной операционной единицей, характеризующей экологическое состояние селитебных

микрорайонов, промышленных площадей крупных предприятий, локальных рекреационных зон и пр.

В полном объеме система городского урболандшафтного районирования в восходящем порядке представлена следующей последовательностью: урбо-ландшафтная микрзона (УЛМЗ) → подзона (УЛПЗ) → локальная природно-техногенная система (городская ПТС) → региональная ПТС → национальная ПТС → планетарная ПТС.

Исходные методологические установки, положенные в основу градо-экологической иерархии, таковы.

1. Современный город трактуется с системных позиций, как многоуровневая природно-техногенная система со сложной сетью внутренних и внешних связей, которая в значительной мере зависит от синергетики природных и техногенных процессов.

2. Геоэкологическая структура городской среды определяется ее урбо-ландшафтной основой, которая создается характерными соотношениями природных и техногенных процессов на различных участках городской территории. Специфические сочетания ландшафтных и функциональных факторов лежат в основе урболандшафтных таксонов различного ранга.

3. Доминирующий критерий в оценке экологического веса любого процесса — уровень его опасности для жизнедеятельности биоты и здоровья населения.

4. Сложность современной градоэкологической структуры предопределяет с целью ее расшифровки необходимость привлечения методов нелинейной динамики с моделированием неустойчивых пространственно-временных состояний распределенных систем.

8. Концепция устойчивого развития

В литературе встречаются более 60 определений понятия «устойчивое развитие». Наиболее распространено определение, данное в Докладе Брундтланд на Конференции ООН: устойчивое развитие рассматривается как «модель движения вперед, при котором достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения без лишения такой возможности будущих поколений. В широком смысле стратегия устойчивого развития направлена на достижение гармонии (друг с другом) и между Обществом и Природой». Основные положения устойчивого развития представлены в документах, принятых на конференции в Рио-де-Жанейро: «Декларации по окружающей среде и развитию» и «Повестке дня на XXI век» (программа устойчивого развития). На форуме звучали призывы к сообществу сменить парадигмы развития и перейти от экономического к эколого-экономическому развитию. **В рамках Глобального экологического форума в Рио-де-Жанейро (1992 г.) были сформулированы следующие основополагающие принципы деятельности человека, его взаимоотношений с природой.**

1. Люди имеют право на здоровую и полноценную жизнь в гармонии с природой.

2. Экономическое развитие в отрыве от экологии ведет к превращению планеты в пустыню и самоуничтожению.

3. Упор на экологию без экономического развития закрепляет всеобщую нищету и социальную несправедливость.

4. Достижение устойчивого развития невозможно в отрыве от защиты окружающей среды.

5. Государства сотрудничают в целях сохранения, защиты и восстановления экосистем Земли.

6. Экологические вопросы должны решаться с участием всех заинтересованных граждан.

Особо подчеркнуто, что понятие устойчивого развития общества подразумевает обеспечение возможности удовлетворения потребностей людей без угрозы возможностям удовлетворения потребностей будущих поколений. Переориентация технико-экономического развития на экологический стиль требует резкого сокращения загрязнения окружающей среды, бережного отношения к экологическому потенциалу биосферы, замедления темпов истощения запасов невозобновимых природных ресурсов и т.д.

Концепция устойчивого развития вошла в природоохранную терминологию на Конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро (1992 г.), где встретились представители 179 правительств. Решение проблемы перехода к устойчивому развитию было признано важнейшей частью социального направления охраны окружающей среды.

Дело в том, что в XX веке человечество вступило в период неустойчивого развития, суть которого состоит в нарушении устойчивости окружающей среды, в ее деградации и, в конечном счете, в создании ситуации, препятствующей выживанию человека и других живых существ. Отсюда, **пределом роста экосистем оказался «экологический предел» — порог допустимых изменений параметров биосферы и ее частей.** Это означает, что, во-первых, для создания концепции перехода всей планеты, отдельных регионов, в том числе России, к устойчивому развитию необходимо определить — перешел или не перешел человек предел возмущения биосферы, и, во-вторых, понятие «устойчивое развитие» включает в себя эколого-нравственный императив, который можно реализовать, только не превышая экологические пределы.

В настоящее время известно несколько десятков определений устойчивого развития. Одно из них, наиболее объемное, распространенное и включающее такие понятия, как потребности и ограничения, состоит в следующем.

Устойчивое развитие — это такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего населения и не ставит под угрозу удовлетворение потребностей будущих поколений. Английское слово sustainable имеет несколько значений: устойчивый, поддерживающий, длительный, непрерывный и т.п. В русском языке сочетание английских слов sustainable development получило распространение как «устойчивое развитие». Однако дело не в пере-

воде, а в интерпретации. Если проводить более глубокий анализ понятия устойчивого развития, то нужно затронуть разные аспекты (по Гольдфейну и др., 2006).

1) *Политико-правовой аспект* включает:

- развитую демократию;
- разумную законодательную и налоговую систему;
- социальную справедливость;
- равенство всех людей перед законом;
- взаимную ответственность гражданина, общества и государства.

2) *Экономический аспект* включает:

- наличие различных форм собственности и цивилизованной товарно-рыночной экономики;
- демополилизацию;
- производство продукции сельского хозяйства, промышленности и культуры, достаточной для удовлетворения потребностей народонаселения.

3) *Эколого-социальный аспект* включает:

- обеспечение условий коэволюции человека и природы (или формирование ноосферы);
- разработка теории природопользования и практических рекомендаций по оптимизации использования природных ресурсов;
- разработка и внедрение производств, основанных на малоотходных и ресурсосберегающих технологиях;
- переход от традиционной энергетики к альтернативным, более экологически чистым видам энергетики (солнце, вода, ветер, подземное тепло и т.д.);
- сохранение и развитие биологического разнообразия;
- возвращение природе нарушенных территорий путем восстановления на них естественных сообществ организмов и запрещения их дальнейшего использования;
- расширение площадей территорий с естественными природными условиями путем создания новых заповедных территорий, заказников, национальных парков и ужесточения порядка отвода земель под различные производства;
- проведение целенаправленной демографической политики, предусматривающей разумную стратегию стабилизации численности народонаселения;
- развитие сети доступного воспитания и образования, в том числе экологического, на всех уровнях;
- постоянную эффективную заботу о незащищенных слоях населения.

4) *Информационный аспект* предусматривает:

- развитие науки и техники
- информатизацию всех сторон жизнедеятельности человека, в том числе развитие средств массовой информации на основе последних достижений науки и техники;
- пропаганду успешных решений в области перехода к устойчивому развитию.

- 5) *Международный аспект* должен включать:
 - предотвращение региональных и глобальных конфликтов;
 - обеспечение эффективного партнерства всех государств и народов в самых различных сферах жизнедеятельности человека;
 - многостороннее сотрудничество в природоохранной области;
 - создание международной правовой базы по выработке единой концепции перехода на модель устойчивого развития.

Кроме перечисленных общих аспектов можно выделить более конкретные *критерии устойчивого развития*. Одна часть этих критериев связана с классификацией природных ресурсов и динамикой их воспроизводства:

1) количество потенциально возобновимых ресурсов (земля, лес, вода, воздух) не должно в течение определенного времени уменьшаться, то есть должен быть обеспечен режим простого воспроизводства (например, для земельных ресурсов это означает сохранение площади наиболее ценных в сельскохозяйственном отношении земель или сохранение, а лучше — увеличение их продуктивности);

2) максимальное сокращение количества образующихся отходов;

3) минимум загрязнения окружающей среды.

Другая часть критериев устойчивого развития касается некоторых экономических параметров, таких как *природоемкость* и *структурный показатель экономики*. Первый параметр обычно определяют как отношение затрат используемых природных ресурсов к валовому внутреннему продукту, измеряемое в руб./руб. или т/руб.

В качестве частных показателей природоемкости можно рассматривать показатели энергоемкости, металлоемкости, материалоемкости и т.д. В аграрном секторе это может быть количество сельскохозяйственных земель, необходимых для производства (получения) одного рубля сельскохозяйственной продукции. Показатель природоемкости может также определяться затратами природного ресурса в расчете на единицу конечной продукции (например, количество земли для производства 1 т зерна или количество леса для производства 1 т бумаги и т.п.). Таким образом, характерной чертой эколого-экономического типа развития является снижение природоемкости, то есть $ПЕЭ \rightarrow \min$.

Структурный показатель экономики связан с уменьшением удельного веса продукции и инвестиций природоэксплуатирующих отраслей, то есть с решением вопроса, в какую из отраслей вкладывать больше средств. Это означает, что, в конечном счете, должна быть проведена экологически ориентированная структурная перестройка экономики, то есть перераспределение ресурсов из первичных (добывающих) секторов во вторичные (обрабатывающие отрасли, транспорт, связь, строительство), а затем и в третичные — образование, здравоохранение, культуру, услуги.

Введение	5
Глава 1. Глобалистика: теоретико-методологические основы	9
Глава 2. Глобальные процессы в истории Земли	46
2.1. Общая характеристика глобальных процессов	46
2.2. Глобальные климатические процессы	72
2.3. Строение Земли и глобальные системы	98
2.4. Происхождение Земли и глобальных геосистем	101
2.5. Происхождение жизни и основные события в ранней эволюции Земли	119
Глава 3. Глобальные процессы в истории жизни	128
3.1. Эволюция жизни и глобальные биосистемы	128
3.2. Коэволюция глобальных систем	195
Глава 4. Изучение глобальных процессов прошлого	219
Глава 5. Глобальные кризисы	233
5.1. Глобальные природные катастрофы и вымирения	233
5.2. Глобальные биотические кризисы	272
5.3. Глобальные кризисы социосистем	279
Заключение	295
Литература	299
Приложения и дополнения	304
Приложение 1. Глобальное представление времени	304
Приложение 2. Этапы и периоды (стадии) развития ландшафтной оболочки Земли	307
Приложение 3. Циклостратиграфические исследования и глобальные корреляции	309
Приложение 4. Иерархия уровней организации материи	322
Приложение 5. Основные этапы эволюции человека и его культуры	325
Приложение 6. Основные сведения из экологии	328
Приложение 7. Глобально-экологические проблемы геосфер	335
Приложение 8. Концепция устойчивого развития	349

Научное издание

**ГАБДУЛЛИН Р.Р.
ИЛЬИН И.В.
ИВАНОВ А.В.**

ВВЕДЕНИЕ В ПАЛЕОГЛОБАЛИСТИКУ

Художественный редактор *Г.Д. Колоскова*

Переплет *Н.Н. Аникушин*

Технический редактор *З.С. Кондрашова*

Корректор *Н.И. Коновалова*

Компьютерная верстка *К.В. Москалев*

Подписано в печать 10.03.2011.

Формат 60×90 ¹/₁₆. Бумага офсетная № 1.

Гарнитура НьютонС. Офсетная печать.

Усл. печ. л. 17,0. Уч.-изд. л. 16,35.

Тираж 1000 экз. Заказ № 2387. Изд. № 99402.

Ордена «Знак Почета»

Издательство Московского университета.

125009, Москва, ул. Большая Никитская, 5/7.

Тел.: 629-50-91. Факс: 697-66-71.

939-33-23 (отдел реализации).

E-mail: secretary-msu-press@yandex.ru

Сайт Издательства МГУ: www.msu.ru/depts/MSUPubl2005

Интернет-магазин: <http://msupublishing.ru>