

Ленинградское областное правление Научно-технического
горного общества

Геологическая секция

Я. А. Виньковецкий

**ГЕОЛОГИЯ И ОБЩАЯ ТЕОРИЯ
ЭВОЛЮЦИИ ПРИРОДЫ**

Ленинградское областное правление Научно-технического
горного общества
Геологическая секция

55:523

Я. А. Виньковецкий

ГЕОЛОГИЯ И ОБЩАЯ ТЕОРИЯ
ЭВОЛЮЦИИ ПРИРОДЫ

Издательство «НЕДРА»
Ленинградское отделение
Ленинград, 1971



УДК 55:523.1:538.758:530.1

Научный редактор В.А.Черепанов

198

ПРЕДИСЛОВИЕ

Практическое значение геологии в жизни человечества общепризнано: она обеспечивает промышленное развитие естественными ресурсами. Но место геологии в системе наук и ее общенаучная значимость представляются спорными. На фоне грандиозных успехов физики и химии, а в последнее время и биологии достижения геологии кажутся весьма скромными. Наличие многочисленных противоречивых гипотез по основным вопросам и отсутствие возможности их достаточно надежного обоснования способствуют выработке у геологов своеобразного "комплекса неполноценности", а неверие специалистов в научные перспективы геологии в свою очередь тормозит приток в науку свежих сил.

Наиболее последовательно этот довольно распространенный пессимистический взгляд на геологию был выражен Д.Берналом¹⁾: "Положение наук о Земле... качественно отличается от положения основных наук — физики и химии. Это объясняется более низкой степенью обобщения в этих науках о Земле, поскольку они имеют дело скорее с частными положениями и периодами, чем с установлением законов, общих для всех мест и времен". Высказывания Д.Бернала были подвергнуты обоснованной критике в геологической литературе²⁾. Тем не менее действительное значение и научные перспективы геологии до сих пор еще не выяснены.

1) Д. Бернал. Наука в истории общества. М., ИЛ, 1956.

2) Н.С. Шатский. Современная геология и некоторые особенности ее развития. Избр.тр., т.4. М., Наука, 1965. См. также В.И. Драгунов. Геология и изучение элементов, структуры и уровней организации вещества. В сб. Мат-лы к совещ. "Общие закономерности геол. явлений", вып. 1, Л., 1965.

Геология останется пассивной потребительницей истин, извлекаемых физикой и химией, только в том случае, если сами законы, "общие для всех мест и времен", останутся совершенно неизменными в течение всей истории Вселенной. На это едва ли стоит рассчитывать. Если же в течение больших промежутков времени происходят какие-либо закономерные изменения в характере физико-химических процессов, то только геология располагает материалом, необходимым для выяснения направленности и скорости этих изменений. Решение подобных проблем является задачей геологической науки и вместе с тем имеет первостепенное научное значение. Оно должно явиться основой для построения общеэволюционной теории. Таким образом, место геологии — на магистральном пути развития современного естествознания.

Наиболее острые проблемы современной физической теории, по-видимому, могут быть решены только в рамках общей теории эволюции. К числу таких проблем относятся следующие: 1) соотношение между вторым законом термодинамики и "биологической" эволюцией от простого к сложному; 2) выбор космологической модели; 3) вопрос о существовании конечных, далее неделимых интервалов — квантов пространства и времени. По каждой из этих проблем есть обширная литература, но до сих пор они рассматриваются изолированно.

Предлагаемая вниманию читателя работа представляет попытку рассмотрения этих проблем во взаимосвязи, с общеэволюционной позиции, попытку выявления на этой основе действительной роли геологии в семье естественных наук. Рассмотрение производится с чисто качественной точки зрения и в сугубо естественнонаучных рамках, без привлечения специфических философских категорий. Цель работы — стимулировать обсуждение поставленных проблем исследователями различных специальностей.

Всем лицам, ознакомившимся с работой в рукописи и оказавшим помощь путем консультаций и критики, автор выражает глубокую благодарность.

§ 1. ДВЕ КОНЦЕПЦИИ ЭВОЛЮЦИИ

О небесах можно создать много отличающихся друг от друга гипотез, которые, однако, достаточно хорошо согласуются с явлениями.

Фр.Бэкон

Господствовавшие долгое время представления о статичности, неизменности мира в течение последних полутора столетий сменились динамическими, эволюционистскими представлениями. Этот процесс, начавшись в XIX в., происходил параллельно с бурным развитием естественных наук, сопровождавшимся их неизбежной дифференциацией. В результате к настоящему времени сформировались две системы взглядов на эволюцию природы, которые можно условно, по их происхождению, назвать термодинамической и биологической концепциями. Взаимоотношения между ними при внимательном рассмотрении оказываются достаточно сложными и противоречивыми.

Термодинамическая концепция развилась на базе второго закона термодинамики как следствие расширения сферы его применения. Было введено понятие замкнутой системы, для которой отсутствует обмен массой — энергией с другими системами; таким образом, все процессы в замкнутой системе вызываются внутренними причинами. Согласно формулировке, данной в начале прошлого века Карно, самопроизвольный переход тепла от холодного тела к более горячему происходить не может. Так, в противовес всеобщей обратимости процессов во времени в рамках ньютоновской классической физики, была впервые выдвинута идея существенной необратимости, однонаправленности реальных процессов.

В середине прошлого века Р.Клаузиус и В.Томсон-Кельвин показали, что существует тенденция к необрати-

мому превращению энергии всех видов в тепловую энергию. В качестве меры способности энергии к превращениям вводится величина энтропии: чем больше энтропия системы, тем меньше работы может произвести заключенная в системе энергия. Второй закон термодинамики формулируется как закон возрастания энтропии в замкнутой системе, как закон, определяющий однонаправленность энергетических превращений.

Ко второму закону термодинамики примыкают все закономерности, говорящие о направленности природных процессов: стремление тел к уменьшению своей потенциальной энергии, уменьшение разности потенциалов в замкнутой электрической цепи, направление химических реакций в соответствии с правилом Ле-Шателье — Брауна и многое другое, что свидетельствует о стремлении систем к "энергетически выгодным" равновесным состояниям. Только что сформулированный второй закон термодинамики сразу же продемонстрировал огромную силу экспансии. Р. Клаузиус и В. Томсон-Кельвин, применив его к Вселенной в целом как замкнутой системе, пришли к выводу о неизбежности "тепловой смерти" Вселенной вследствие достижения ею состояния теплового баланса после перехода всех форм энергии в тепло.

Идея однонаправленности физических процессов получила дальнейшее развитие в статистической механике Д. Гиббса и Л. Больцмана, связывавших понятие энтропии с вероятностью состояния системы. Второй закон термодинамики получил статистическое, вероятностное истолкование: направление процессов в замкнутой системе определяется тенденцией к увеличению вероятности состояния системы. Благодаря этой трансформации в XX в. оказалось возможным обобщить его для самых различных областей науки. В настоящее время связанные с ним понятия широко применяются, например, в теории информации, кибернетике и различных отраслях биологии.

Биологическая концепция трактует эволюцию мира как развитие систем "от простого к сложному". Зародив-

шись на почве биологии, научные эволюционистские представления в течение последнего столетия неуклонно расширялись, в особенности на материале геологии, астрономии и связывающей их космогонии, развитие которых в свою очередь тесно связано с успехами физики и химии.

Господство этой концепции как биологической теории развития является в настоящее время практически общепризнанным. Вот как формулирует ее основные положения И.И.Шмальгаузен¹⁾: "Прогрессивная эволюция организмов строится на некоторых общих принципах: полимеризации, т.е. увеличении числа однородных компонентов, дифференциации, т.е. разнообразной специализации этих компонентов, и интеграции, т.е. согласовании и объединении их функций в целостной организации. Степень дифференциации — общепринятый показатель высоты организации... Мы еще с большим основанием можем считать степень интеграции показателем морфологического прогресса". Поскольку степень интеграции, в понимании И.И.Шмальгаузена, есть признак, главным образом биологического развития, в общем случае показателем эволюции можно считать повышение степени дифференциации системы.

В силу присущей им динамичности эволюционистские взгляды имеют тенденцию распространяться за пределы биологии на все отрасли науки, объекты которых могут быть расположены в иерархическом порядке от простых к сложным. Накапливающийся естественнонаучный материал дает все больше оснований считать эти иерархические лестницы — историческими. Многими естествоиспытателями принято, что элементарные частицы существовали прежде атомов, а образование атомов предшествовало химическим соединениям, что не все элементы периодической системы существовали всегда или возникли одновременно.

¹⁾ И.И. Шмальгаузен. Интеграция биологических систем и их саморегуляция. МОИП, отд. биологии, т. 16 (2), 1961, стр. 106.

менно, и т.д. Появились теории эволюции галактик, звезд, планет. Эволюционистские представления, развиваемые каждой отраслью науки в отдельности, все чаще прилагаются к миру в целом.

Наиболее ярко, обобщенно и полно в свете достижений современной науки линия эволюции мира, приведшая к появлению жизни и человека, рассмотрена П.Т. де Шарденом¹⁾. Вслед за Ле-Руа, Дэна, Вернадским и Личковым Шарден вводит термин "ноосфера" (сфера разума), рассматривая возникновение человека и человеческого общества, как и предшествовавшее возникновение жизни, в качестве явлений космического масштаба, представляющих закономерный и необходимый результат эволюции мира; последняя представляется как необратимое возрастание некоторой структурной характеристики. В качестве основного закона эволюции Шарден выдвигает "закон возрастания сложности" структур эволюционирующих систем, которому придает всеобъемлющее значение.

Если термодинамическая концепция рассматривает развитие систем от сложных неравновесных высокодифференцированных к однородным равновесным недифференцированным состояниям, "от сложного к простому", то "биологическая" концепция утверждает эволюцию "от простого к сложному". Долгое время эти концепции сосуществовали без решающего сопоставления, так как развивались параллельными отраслями науки в противоположных (как оказалось, во встречных) направлениях. Второй закон термодинамики, установленный для "простых" форм движения, впоследствии распространился на более "сложные" формы вплоть до биосферы; в то же время эволюционные представления, родившиеся на материале биосферы, распространились на развитие неживой природы.

¹⁾ П.Т. де Шарден. Феномен человека. М., Прогресс, 1965.

В настоящее время, когда обе группы представлений приобретают всеобъемлющий характер, их встреча стала неизбежной. Встреча превращается в столкновение: возникает противоречие, так как и второй закон термодинамики, и теория эволюции говорят о направлении процессов, трактуя его, казалось бы, резко противоположно.

Если принять истинность обеих концепций в узких пределах их компетенции — термодинамике и биологии соответственно (а для этого есть множество естественнонаучных оснований при отсутствии сколько-нибудь существенных возражений), то в сложившейся ситуации возникает ряд вопросов о пределах их применимости. Прежде всего, приложимо ли к Вселенной в целом понятие замкнутой системы? Если нет, то претензии рассмотренных концепций, как, впрочем, и любых других, на всеобщность неосновательны, и проблема их соотношения, с одной стороны, неизмеримо усложняется, а с другой, — теряет свою остроту.

Если же понятие замкнутой системы приложимо к Вселенной, то этим автоматически постулируется применимость к ней второго закона термодинамики. Нельзя ли в этом случае (как думают многие исследователи) избавиться от противоречия путем ограничения сферы применения теории эволюции?

Наконец, возможно ли построение непротиворечивой естественнонаучной концепции на основе принятия применимости к Вселенной в целом как второго закона термодинамики, так и "закона возрастания сложности"?

§ 2, ВСЕЛЕННАЯ КАК ЗАМКНУТАЯ СИСТЕМА

Вопрос о приложимости к Вселенной понятия замкнутой системы тесно связан с вопросом о ее метрической конечности или бесконечности. Ответы на эти вопросы могут быть даны лишь в постулативной форме. Характер проблемы наиболее детально рассмотрен в работе Э.М.Чудинова¹⁾, где показано, что при попытке доказать пространственно-временную бесконечность или конечность Вселенной неизбежна ситуация, когда принимаются постулативно идеи, которые являются существенным элементом самого вывода: тезис о бесконечности или конечности имеет аксиоматический характер.

В период господства евклидовой геометрии бесконечность пространства отождествлялась с безграничностью, и на этом основывались все естественнонаучные концепции. С изменением представлений в свете общей теории относительности оказались возможными различные космологические модели — как открытые, метрически бесконечные, так и замкнутые, с конечным, но неограниченным пространством (подробнее см. § 8).

Автор вслед за Г.И.Нааном²⁾ применяет термин Вселенная "... для обозначения всеохватывающей системы космических систем, объекта, который существует в единственном экземпляре и вне которого, по определению, ничего нет". Согласно А.Л.Зельманову³⁾, необходимо раз-

1) Э.М.Чудинов. Логические основания проблемы бесконечности в релятивистской космологии. Эйнштейновский сб. М., Наука, 1968, стр.55-91.

2) Г.И.Наан. Типы бесконечного. Эйнштейновский сб. М., Наука, 1967, стр.287-307.

3) А.Л.Зельманов. К постановке космологической проблемы. Тр.2-го съезда ВАГО. М., 1960, стр.82-83.

личать следующие понятия: "Вселенная как целое" — Вселенная, рассматриваемая как связанная совокупность всех своих составных частей; "вся Вселенная" — то же самое, что "все части Вселенной", безотносительно к объединяющей их взаимосвязи; наконец, "Вселенная в целом" рассматривается как целостный объект, безотносительно к своим составным частям.

Итак, принимая приложимость к Вселенной понятия системы, мы тем самым утверждаем, что только Вселенная в целом и может рассматриваться как абсолютно замкнутая система; только к ней в полной мере применимы законы для замкнутых систем. Какие бы то ни было составные части Вселенной, независимо от масштаба, должны считаться открытыми, или относительно замкнутыми системами с различной "степенью замкнутости" по различным параметрам. Рассматривая какую-либо систему как относительно замкнутую, мы тем самым как бы принимаем ее обмен массой-энергией с другими системами не существенным при конкретном анализе тех или иных процессов. Относительно замкнутая система в каждом случае должна включать все элементы, на взаимодействие между которыми следует обращать внимание. При изучении систем в широком смысле, помимо обмена массой-энергией, необходимо учитывать также обмен информацией. "Степень замкнутости" того или иного объекта следует определять по его положению и роли в системе уровней организации вещества Вселенной. При математическом рассмотрении адекватным определением замкнутой системы является равенство суммы вероятностей распределения всех ее элементов единице. Неверное определение замкнутости системы (недоучет существенных элементов) неминуемо приводит к ошибочным выводам.

Можно возразить, что изложенная точка зрения — частная позиция тех или иных исследователей, что, вообще говоря, невозможно доказать применимость к Вселенной понятия системы. Пусть так. Но если принятие пос-

тулата о Вселенной как замкнутой системе открывает перспективу изучения характера ее эволюции на основе применения системных законов, то какие перспективы предлагает противоположная точка зрения? Их нет.

Конкретным возражением против применимости к Вселенной понятия замкнутой системы является кажущаяся неизбежность вывода Клаузиуса и Кельвина о "тепловой смерти". Как будет показано ниже, в рамках развиваемой эволюционной концепции это препятствие автоматически устраняется.

Только принятие постулата о применимости к Вселенной в целом понятия замкнутой системы, в принципе допустимое с математической и физико-космологической точек зрения, открывает возможность построения теории эволюции Вселенной как целого.

§ 3. НАПРАВЛЕННОСТЬ ГЕОЭВОЛЮЦИИ

Что такое эволюция — теория, система гипотеза? Нет, нечто гораздо большее, чем все это: она — основное условие, которому должны отныне подчиняться и удовлетворять все теории, гипотезы, системы, если они хотят быть разумными и истинными. Свет, озаряющий все факты, кривая, в которой должны сомкнуться все линии — вот что такое эволюция.

...До сих пор мир статичный и делимый на части, казалось, покоился на трех осях своей геометрии. Теперь он составляет один поток.

П.Т. де Шарден

Приняв приложимость к Вселенной термодинамической концепции эволюции, мы вплотную столкнулись с вопросом о ее соотношении с биологической концепцией. Обычно утверждается, что последняя имеет силу только в пределах биосферы и определяет коренное отличие жиз-

ни от неживой природы. Данные геологии показывают, что это не так.

Процессы изменения структуры в зависимости от направленности этого изменения могут быть подразделены на два основных типа: а) организационные, приводящие к усложнению структуры — хаотичные, недифференцированные совокупности элементов превращаются в сложно организованные, высокодифференцированные системы; б) энтропические (структурно-энтропические), приводящие к разрушению сложных систем, к превращению их в однородные, бесструктурные образования¹⁾. Под структурой обычно понимается характер распределения и связи элементов в данной системе (ср. подразделение Е.Е.Милановским и В.Е.Хаиным²⁾ процессов преобразования земной коры на конструктивные, ведущие к увеличению мощности и усложнению ее строения, и деструктивные, ведущие к уменьшению мощности и упрощению строения).

Системно-структурный анализ в настоящее время затрудняется из-за отсутствия какой-либо метрики структур. Разработка таких метрик — дело будущего. Пока же необходимо обеспечить возможность судить о направленности процессов на качественном уровне. Направленность геологических процессов для некоторых отрезков времени может определяться по степени организованности элементов (в простейших случаях — степени неоднородности распределения или степени концентрации) данной системы в начальном и конечном состояниях.

Основной процесс планетарной эволюции — это диффе-

1) Я.А.Виньковецкий. Организационные и энтропические геологические процессы. У1 совещ. по проблемам планетологии. Тезисы докл., вып.2. Л., 1968.

2) Е.Е.Милановский, В.Е.Хаин. О характере эволюции земной коры в ходе геологической истории. Тезисы докл.к совещ. по проблемам тектоники. Изд-во АН СССР, М., 1962.

рэнциация вещества, из которого образовалась первичная Земля. Этот процесс носит организационный характер: из хаотичного, однородно перемешанного субстрата (жидкого, твердого или газообразного) с течением времени возникает высокодифференцированная система геосфер с закономерным распределением вещества от центра к периферии по плотности, атомным весам элементов, ионным радиусам и т.д. При этом основная направленность развития инвариантна по отношению к любой гипотезе образования Земли. По-видимому, структурноорганизационная направленность имеет место и в процессах возникновения и развития любых других планет.

Рассмотрение локальных геологических процессов показывает, что разрушительные, структурно-энтропические процессы всегда неразрывно связаны с организационными. Представляет интерес выявление особенностей локализации организационных процессов.

Обратившись к легко наблюдаемым явлениям, происходящим на земной поверхности, видим, что ярким примером структурно-энтропических процессов являются процессы поверхностной деструкции — выветривания и денудации, — приводящие к разрушению сложных структурных единиц и к хаотичному перемешиванию обломков. В дальнейшем этот обломочный материал в ходе многократных переотложений в речных долинах, наряду с продолжающимся разрушительным физико-химическим воздействием, подвергается сортировке по размеру обломков и удельному весу. Наиболее разносторонне проявляются тенденции сортировки при отложении осадков в прибрежной зоне с образованием дифференцированного слоистого разреза. Осадконакопление является одним из наиболее очевидных организационных процессов.

При рассмотрении сочетания поверхностной деструкции и осадконакопления главными единицами земной поверхности являются континенты и океаны, которые в целом представляют собой вместители энтропических процессов: на континенте происходят выветривание и денудация, в

океане имеет место разрушительная деятельность мутевых потоков. Обращает на себя внимание, что организационный процесс осадконакопления происходит не в срединных частях огромных взаимодействующих систем, а в узкой промежуточной, пограничной между ними прибрежной зоне. По В.В.Белоусову¹⁾, 90% осадочных пород, захороненных в геологических разрезах, образовалось в пределах прибрежной зоны. Этот факт позволяет выдвинуть следующую гипотезу: результаты организационных процессов фиксируются и накапливаются преимущественно в пограничных зонах взаимодействующих систем, в зонах изменения условий.

Одним из обычных организационных процессов, происходящих в верхних частях земной коры, является становление интрузивного массива: магматический расплав, т.е. весьма гомогенная система с однородным распределением компонентов, превращается в сложное, нередко дифференцированное полиминеральное образование с кристаллической структурой. При этом, в частности, может происходить преимущественное накопление какого-либо (ранее однородно распределенного) металла в кристаллических решетках одного из минералов (например, молибдена в калиевом полевом шпате гранитов), который сам по себе в общем случае однородно распределен в пределах массива. Для этого случая можно определить меру организационности процесса как отношение содержания молибдена в калиевом полевом шпате к его среднему содержанию в массиве; то и другое содержание выражается ничтожными долями процента.

Однако образование рудной жилы, залежи и других форм представляет процесс с мерой организационности, большей на несколько порядков. Накопление металла свя-

¹⁾ В.В.Белоусов. Основные вопросы геотектоники. М., Госгеолтехиздат, 1963. .

зано с возникновением агрегатов рудных минералов, в которых его содержание весьма велико (нередко десятки процентов), и является итогом длительного (обычно многостадийного) извлечения данного металла из расплавов или горных пород, в которых он находился в однородно-рассеянном состоянии, транспортировки его к благоприятным рудовмещающим структурам и процессов рудоотложения. Рудообразование приводит к концентрации тех или иных элементов в содержаниях, на много порядков превышающих их средние содержания в земной коре. Даже качественное сопоставление меры организованности различных геологических процессов дает основание рассматривать рудообразование как "сверхорганизационный" процесс. В этом отношении при переходе от "обычных" геологических процессов к рудообразованию совершается качественный скачок, в известной мере подобный тому, который имеет место при переходе от процессов эволюции биосферы к возникновению и развитию человека и человеческого общества.

Поскольку само понятие руды является относительным (в качестве руд постоянно выдвигаются все новые горные породы и минералы) и зависящим от состояния экономики и техники, необходимо подчеркнуть, что в данном рассмотрении под рудами понимаются только такие горные породы, в которых рудные элементы содержатся в самостоятельных минеральных образованиях. Эти образования принимают участие в строении рудных тел и при благоприятных технико-экономических условиях служат первоочередными объектами для промышленного использования.

Некогда, на атомно-полимерном уровне, планетная эволюция вещества испытала фундаментальную дивергенцию — расхождение на две основные линии. Одна из них (на материальной основе органических полимеров) привела к происхождению жизни и человека; другая (на основе неорганических полимеров) — к происхождению геологических формаций земной коры и рудных месторождений. Последние являются наиболее высокоорганизованными объек-

тами неживой природы.

Даже самый беглый обзор геологической литературы за последние годы говорит о лавинообразном росте данных о том, что многие рудные месторождения образовались на значительно меньших глубинах, чем предполагалось ранее. В своей недавней работе Д.В.Рундквист¹⁾ вводит понятие рудосферы как самой верхней части коры, ограниченной снизу изотермой 600-700°C; мощность рудосферы варьирует в течение геологической истории в пределах от 20-30 до 3-5 км в зависимости от теплового режима коры.

371

Процессы рудообразования локализованы в близповерхностной зоне земной коры, представляющей собой зону резких градиентов физико-химических условий в силу сложности своего состава и исключительной неоднородности строения. Рудолокализирующие структуры всегда являются местами, в которых по тем или иным причинам резко изменяются условия продвижения металлоносных растворов: либо химические условия, когда, например, растворы проходят через слой-осадитель данного металла, либо физические, когда растворы встречают на своем пути преграду - "экран", или попадают в зону дробления с резким падением внешнего давления, и т.д.

Всеобъемлющий организационный процесс геоэволюции - формирование Земли как планеты с появлением на определенных этапах ее биосферы и ноосферы. Этот главный процесс реализуется путем взаимодействия многоуровневых процессов обоих направлений. Исключительная роль близповерхностной зоны Земли в геоэволюции заключается в том, что именно в ней преобладают структурообразующие организационные процессы, в то время как погружение сложных геологических формаций на глубину, где господствуют процессы регионального метаморфизма

1) Д.В.Рундквист. Вопросы изучения филогенеза месторождений полезных ископаемых. Зап.Всес.минер.об-ва ч.97, вып.2, 1968, стр.205.



и гранитизации, приводит к их перерождению в относительно однородные образования. С возрастанием глубины уменьшается "удельная неоднородность" условий, в связи с чем ослабевают организационные тенденции формирующих процессов. Разумеется, по отношению к первичному субстрату направленность преобразований остается дифференциационной, структурно-организационной; но по отношению к погружающимся блокам, сформировавшимся в близповерхностных условиях, глубинные преобразования являются структурно-энтропическими.

Близповерхностная часть Земли (включая верхнюю мантию) является планетарной пограничной зоной Земли. Не случайно совпадающими, но глубоко взаимосвязанными представляются те факты, что в этой зоне формируются сложные геологические структуры и рудные месторождения, что именно на земной поверхности, а не в глубинах планеты и не в открытом космосе, развились биосфера и ноосфера.

Структурно-организационная направленность процессов неживой природы проявляется в различных масштабах, вплоть до самых малых. В результате обобщения огромного фактического материала А.Е.Ферсман¹⁾ пришел к ряду выводов, подтверждающих развитие геохимических систем от простого к сложному. По А.Е.Ферсману, ход геохимических процессов характеризуется в числе других следующими результатами: усложнением кристаллических решеток образующихся минералов с заменой простых соединений сложными постройками-связями; постепенной очисткой минералов от изоморфных примесей, большей чистотой и индивидуализацией соединений; постепенной заменой ионов простых комплексными ионами максимальной растворимости и др.

1) А.Е.Ферсман. Геохимия. Избр.тр., т.4, М., Изд-во АН СССР, 1958, стр.384-385.

Указания на разнообразные факты, свидетельствующие об организационной направленности геологических процессов самых различных масштабов, можно найти в работах многих исследователей. Одним из крупнейших геологов-эволюционистов В.И.Вернадским в его "Биогеохимии" было выдвинуто и обосновано представление об огромной роли биосферы в геологическом развитии, все возрастающей в ходе истории Земли. Сравнительно недавно В.В.Белоусов¹⁾ и Р.В. ван Беммелен²⁾ указали на определяющее значение процессов дифференциации мантийного вещества Земли для всех формирующих геологических процессов; это положение теперь разделяется большинством геологов. В работах В.В.Белоусова, А.А.Богданова, П.Н.Кропоткина, М.В.Муратова, Ж.Обуэна, А.В.Пейве, В.М.Синицына, В.Е.Хаина, Н.С.Шатского, Ю.М.Шейнманна, Г.Штилле, С.С.Шульца, А.Л.Яншина и других ведущих тектонистов в деталях освещен процесс постепенного усложнения структуры земной коры за счет образования новых и частичного преобразования ранее возникших структурных форм.

Наибольший интерес в эволюционно-динамическом аспекте представляют не столько многочисленные указания на организационный характер разнообразных геологических процессов, сколько появляющиеся в последнее время данные о направленности изменения характера самих структурно-организационных процессов в ходе геологической истории.

Изучение метаморфических комплексов Юго-Западного Памира и Иртышской зоны смятия привело Б.Я.Хореву³⁾ к выводу, что в процессе геоэволюции монофациаль-

1) В.В. Белоусов. Миграция радиоэлементов и развитие структуры Земли. Изв.АН СССР, сер.геогр. и геофиз., № 6, 1942.

2) Р.В. ван Беммелен. Системы течений в силикатной оболочке. В кн. Вопросы соврем.зарубеж.тектоники. М., ИЛ, 1960.

3) Б.Я. Хорева. Типы регионального метаморфизма и метаморфические комплексы Юго-Западного Памира и Иртышской зоны смятия. Автореф.дисс. Л., ВСЕГЕИ, 1969.

ные, однородные и одноактные процессы регионального метаморфизма, протекающие длительно в относительно стабильных термодинамических условиях на ранних стадиях развития Земли, сменяются полифациальными, полистадийными процессами регионального метаморфизма, протекающими в сравнительно короткие промежутки времени в меняющихся термодинамических условиях с образованием сложных фациальных серий метаморфических пород. Интересна эволюция симметрии кристаллических решеток калиевых полевых шпатов, являющихся характерными породобразующими минералами метаморфических комплексов Памира: от древних комплексов к более молодым (от архея к мезозою) модификации с малой степенью упорядоченности закономерно сменяются все более упорядоченными.

На обширном материале по геологии месторождений полезных ископаемых Д.В.Рундквисту удалось показать, что процессы эндогенного рудообразования во времени испытывают восходящую эволюцию от простого к сложному¹⁾: "В истории развития месторождений отчетливо проявлена та же тенденция, что и в биологической эволюции — появление все более "высоксоорганизованных" рудообразующих систем со все большей специализацией участвующих в их строении элементов — источников, путей перемещения, мест локализации оруденения и т.д.". Основные выводы Д.В.Рундквиста сводятся к следующему²⁾: а) в истории развития наблюдается прогрессивно возрастающее многообразие генетических видов месторождений;

1) Д.В.Рундквист. Вопросы изучения филогенеза месторождений полезных ископаемых. 3-я сесс. Всес. минер. о-ва, ч.97, вып.2, 1968, стр.204.

2) Д.В.Рундквист. Накопление металлов и эволюция генетических видов месторождений в истории развития земной коры. Докл. сов. геологов на XXIII сесс. МГК. М., Наука, 1968.

б) виды месторождений, возникающие во все более поздние периоды развития, становятся сложнее по строению, составу, а также более индивидуальными по своим особенностям; в) в молодых эпохах прогрессивно возрастает роль месторождений редких и рассеянных элементов, требующих все больших кларков концентрации (кларк концентрации, по В.И.Вернадскому, — отношение содержания элемента в руде к его среднему содержанию в земной коре).

Тем самым впервые при помощи анализа непосредственного эмпирического материала теория эволюции преодолела барьер, удерживавший ее в пределах биосферы. Таким образом, мы приходим к пониманию не только материального, но и структурно-динамического единства мира.

Почему структурно-динамическая направленность эволюции неживой природы наиболее ярко проявлена именно в процессах эндогенного рудообразования? Поскольку рудные месторождения являются наиболее высокоорганизованными образованиями литосферы, эволюция процессов их формирования характеризуется относительно высокими скоростями. Для дальнейшего более углубленного анализа эволюции процессов рудообразования в истории Земли, несомненно, должны быть применены методы системно-структурного анализа на основе современных представлений о полимерной структуре рудообразующих растворов и рудных минералов¹⁾.

В рассматриваемом аспекте особое значение имеет обоснование тезиса об однонаправленности развития про-

1) В.С. Кормилицын. Мезозойские рудные формации Забайкалья (систематика и характеристика месторождений, закономерности их размещения и процессы рудообразования). Автореф.дисс. Л., ВСЕГЕИ, 1969.

цессов минералообразования во всех масштабах геоэволюции¹⁾; этому правилу, по аналогии с биогенетическим законом Геккеля-Мюллера "онтогенез есть краткое повторение филогенеза", Д.В.Рундквист дает название геогенетического закона. По нашему мнению, геогенетический закон может быть обобщен для всех формирующих геологических процессов как закон однонаправленности развития во всех масштабах геоэволюции; последние понимаются как интервалы геологического времени различных порядков (соответствующие геологическим "циклам"), внутри каждого из которых процесс эволюции может рассматриваться как одно естественное целое.

В этой связи представляет интерес выяснение характера эволюции магматизма, который исторически зачастую предшествует эндогенному рудообразованию. Главной тенденцией эволюции магматизма, подчеркиваемой многочисленными исследователями и проявляющейся по меньшей мере в пяти масштабах эволюции, является изменение во времени состава изверженных пород от более основного к кислому.

Эта тенденция выражается общеизвестным рядом Боуэна для любой, в том числе сколь угодно малой порции магматического расплава. Геологически ряд Боуэна реализуется, определяя порядок кристаллизации минералов в "одноактных" магматических порциях — однофазных интрузивных телах или вулканических покровах (первый масштаб). Представителями второго масштаба являются сложные по строению тела магматических пород — многофазные интрузии и вулканогенные свиты. Геологическая литература переполнена примерами, показывающими, что в составе многофазных интрузий, как правило, ранние фазы представлены относительно основными, а поздние — все

¹⁾ Д.В.Рундквист. Об одной общей закономерности геологического развития. В сб. Мат-лы к совещ. "Общие закономерности геол. явлений", вып. 1. Л., 1965.

более кислыми разностями¹⁾. Та же закономерность наблюдается повсеместно в изменении состава пород вулканогенных свит, соответствующих элементарным вулканическим циклам Г.М.Власова²⁾. Третий масштаб представлен магматическими (интрузивными и вулканогенными) формациями — генетически взаимосвязанными сериями пород, соответствующими основным этапам тектономагматических циклов. Общеизвестно последовательное изменение от более основного состава пород к кислому интрузивных и вулканогенных формаций в рамках развития магматизма тектономагматических циклов (четвертый масштаб), что неоднократно отмечалось в работах Ю.А.Билибина³⁾ и его последователей. Наконец, пятый масштаб представлен общим развитием магматизма в рамках геоэволюции: в ходе развития континентов в их пределах возрастает мощность сиалической оболочки Земли за счет увеличения абсолютного количества пород кислого состава; общепринято, что в начальные этапы геоэволюции на земной поверхности преобладали породы ультраосновного состава⁴⁾.

В настоящее время известны два типа подвижных поясов с различным характером развития магматизма: если в поясах, заложенных на континентальной коре, магматизм ранних этапов (ультраосновного и основного состава) обычно не проявлен или проявлен очень слабо, а маг-

1) Ю.А. Кузнецов. Условия образования главных типов магматических формаций подвижных зон, Геология и геофизика, № 10, 1962.

2) Г.М. Власов. О цикличности вулканических процессов. В кн. Вулканизм и геохимия его продуктов. М., Наука, 1967.

3) Ю.А. Билибин. Металлогенические провинции и металлогенические эпохи. М., Госгеолтехиздат, 1955.

4) В.Е. Хаин. Главнейшие этапы и общие закономерности развития земной коры. В кн. Деформация пород и тектоника. М., Наука, 1964.

магматические породы среднего и кислого состава образуются из расплавов палингенно-метасоматического происхождения, то в подвижных поясах, заложенных на океанической коре, развитие магматизма начинается с внедрений ультраосновного и основного состава, а породы кислого состава представляют дифференциаты базальтовой магмы¹⁾. Тем не менее направленность изменения состава магматических пород от более основного к кислому характерна для поясов обоих типов, несмотря на серьезные различия в их генезисе. Этим еще раз подчеркивается всеобъемлющий характер рассматриваемой закономерности.

Аналогия между порядком кристаллизации из расплава и изменением состава изверженных пород в различных временных масштабах отмечалась множеством исследователей. Она долгое время была главной причиной, побуждавшей в каждом случае объяснять эволюцию состава пород как результат эволюции единого магматического очага, понимавшегося как некоторая камера больших или меньших размеров, заполненная магматическим расплавом. В настоящее время, однако, такая концепция с достаточной уверенностью может быть принята разве что для магматических образований первого и второго масштабов. Она весьма ~~осмысленна~~ сомнительна для образований третьего масштаба и заведомо неприемлема для образований четвертого и пятого масштабов. Для последних, в частности, речь должна идти о многостороннем изменении тектонических условий, приводящем к вертикальной миграции магматических очагов и зарождению магм на разных глубинах²⁾. На существующей стадии изученности следует го-

1) М.И. Ицксон. Геохимические и металлогенические особенности подвижных поясов Тихоокеанской окраины СССР. Сов. геология, № 11, 1964.

2) Ю.А. Кузнецов. Условия образования главных типов магматических формаций подвижных зон. Геология и геофизика, № 10, 1962.

ворить об эволюции не единого магматического очага, а некоторой магмообразующей системы, без конкретизации механизма эволюции.

Но если не единство физико-химического механизма, то что же тогда стоит за этой поразительной однонаправленностью, что делает ее столь всеохватывающей? Оказывается, изменение состава от основного к кислому может быть интерпретировано как организационный процесс, как структурная эволюция от простого к сложному, по важнейшему параметру — микроструктурам порообразующих минералов: простые силикаты с изолированными кремнекислородными тетраэдрами (оливины) сменяются все более сложными цепочечными и каркасными силикатами (пироксенами, амфиболами и полевыми шпатами¹⁾; в дальнейшем, когда в кислых расплавах степень полимеризации кремнезема становится предельной²⁾, образуется кварц.

Таким образом, направленность изменения состава изверженных пород неожиданно предстает как яркое выражение организационной направленности эволюции магмообразующих систем различных порядков, независимо от их пространственно-временных масштабов, т.е. в полном соответствии с геогенетическим законом. Изменение состава от основного к кислому (усложнение микроструктуры) изверженных пород в масштабе развития земной коры в целом, так же как возрастание сложности процессов регионального метаморфизма и прогрессивное усложнение рудообразующих систем, хорошо согласуется с об-

1) Ф.А. Летников. Некоторые вопросы термодинамики магматических процессов. В кн. Вулканизм и глубинное строение Земли. М., Наука, 1966.

2) В.А. Нарсеев. Спонтанная полимеризация и ее роль в вулканическом процессе. Там же, 1966.

щезоэволюционным законом "возрастания сложности" Т. де Шардена и не оставляет сомнений в структурно-динамическом единстве живой и неживой природы. Именно потому, что это явление отвечает инвариантной по своему характеру, доминирующей структурно-организационной направленности геоэволюции, оно и происходит во всех масштабах развития, несмотря на смену конкретных механизмов (изменение характера самих эволюционирующих магмообразующих систем).

§ 4. ЭВОЛЮЦИЯ ЗВЕЗД

Рассмотрение геологических процессов показывает, что структурно-организационная направленность характерна для эволюции не только биосферы, но и неживой природы. Однако сторонниками термодинамической концепции выдвигается предположение, что такая направленность эволюции может быть характерна только для весьма ограниченных участков Вселенной. Н. Винер¹⁾ образно писал о локальных островках уменьшения энтропии в необъятном океане возрастания энтропии. Обратимся к современным астрофизическим данным об эволюции вещества в космических масштабах.

Значительно больше половины всего космического вещества сосредоточено в звездах. Масса звезд варьирует от долей до 100 M_{\odot} (M_{\odot} — масса Солнца). Звездные ассоциации — галактики — содержат от десятков и сотен тысяч до десятков миллиардов звезд каждая, причем подавляющее большинство звезд входит в гигантские и сверхгигантские галактики²⁾.

1) Н. Винер. Кибернетика и общество. М., ИЛ, 1958.

2) В.А. Амбарцумян. Проблемы современной астрономии и физика микромира. В сб. Философск. проблемы физики элемент. частиц. М., Наука, 1964, стр.38-39.

Преобладают эллиптические галактики, имеющие форму уплощенных эллипсоидов вращения — дисков, главными геометрическими элементами которых являются центры и галактические плоскости (плоскости наибольшего сечения). От дисков нередко отходят так называемые спиральные рукава. Кроме того, звезды содержатся в периферических частях галактик — гало.

Исходным материалом, из которого образуются звезды, является главным образом водород. В табл.1 приведены характеристики различных типов звезд в соответствии с классификацией, принятой в 1958 г. на Римской конференции по звездным населением. Судя по данным таблицы, относительное содержание тяжелых элементов возрастает для более молодых звезд. Это означает, что по важнейшему параметру — структуре химических элементов, слагающих звезды, происходит организационный процесс — эволюция структур от простого к сложному.

Я.Б.Зельдович и И.Д.Новиков¹⁾ так описывают ранние стадии эволюции звезды: "Согласно современным представлениям, звезды образуются из первоначально разреженной среды путем гравитационной конденсации диффузной материи, состоящей главным образом из водорода. Звезда эволюционирует (сжимается) по мере высвечивания энергии. Можно сказать, что в фазе сжатия она светит за счет гравитационной энергии. На этот источник энергии указывал еще Кельвин. Температуры еще низки, и выделение ядерной энергии пренебрежимо мало. Звезда находится в гидростатическом равновесии без внутренних источников энергии. Продолжительность этой фазы относительно невелика и составляет

$$\tau = 5 \cdot 10^7 \left(\frac{M_{\odot}}{M} \right)^2 \text{ лет} "$$

(M_{\odot} — масса Солнца; M — масса рассматриваемой звезды. — Я.В.).

¹⁾ Я.Б.Зельдович, И.Д.Новиков. Релятивистская астрофизика. М., Наука, 1967, стр.266-267.

Звездные населения¹⁾

Характеристики	Население II гало	Промежуточное население II	Население диска	Старое население I (спиральные ветви)	Молодое население I (спиральные ветви)
Среднее расстояние объекта от галактической плоскости, парсек	2000	700	450-300	180	120
Средняя скорость в направлении, перпендикулярном к галактической плоскости	75	25	18-15	10	8
Отношение осей эллипсоида вращения, представляющего пространственное распределение объектов	2	5	25	-	100
Концентрация к центру	Сильная			Малая	Пренебрежимая
Распределение в пределах галактик	Плавное			Неравномерное	Очень неравномерное
Доля тяжелых элементов (по М. Шварцшильду), %	0,003	0,01	0,02	0,03	0,04
Возраст, 10^9 лет	6,0	6,0-5,0	5-1,5	1,5-0,1	0,1
Полная масса, $10^9 M_{\odot}$	16	47	-	5	2

¹⁾ Л. Аллер. Распространенность химических элементов. М., ИЛ, 1963, стр.271.



"При излучении звездной энергии и сжатии звезды... увеличивается температура, которая, наконец, повышается в недрах звезды настолько, что начинают идти ядерные реакции превращения водорода в гелий... С началом ядерных реакций звезда находится в состоянии гидродинамического и теплового равновесия. Это самый длительный период активной жизни звезды. Его продолжительность определяется запасами водорода в ядре (только там температура достаточно высока для ядерных реакций) и скоростью переработки водорода в гелий. Очевидно, что этот период пропорционален M/L , где L - светимость звезды. Расчеты дают, что масса ядра, где выгорает водород, порядка $0,1 M$, откуда следует:

$$\tau \approx 10^{10} \frac{L_{\odot}}{L} \cdot \frac{M}{M_{\odot}}$$

Неоднородность химического состава, вызванная выгоранием водорода в центре, ведет к перестройке звезды; ее внешняя оболочка распухает, а ядро сжимается. В достаточно массивных звездах ($M > M_{\odot}$ и $M \sim M_{\odot}$) температура в ядре поднимается настолько, что начинают идти реакции тройного столкновения α -частиц с образованием C^{12} : $3He^4 \rightarrow C^{12} + \gamma$. В значительно меньших количествах образуются и более тяжелые элементы.

Скорость эволюции звезд в наибольшей степени определяется их массами: чем больше масса, тем быстрее происходят изменения. Этот фактор определяет и судьбу звезд, исчерпавших свои источники энергии. Согласно Я.Б.Зельдовичу и И.Д.Новикову, если масса звезды меньше $1,2 M_{\odot}$, она сжимается до состояния белого карлика с плотностью порядка $10^7 - 10^8$ г/см³ и температурой поверхности около 10^4 °К. Электронные оболочки атомов раздавлены, но ядра еще удалены друг от друга. Дальнейшему сжатию препятствует высокое давление "вырожденного" электронного газа. Белые карлики - устойчивые образования. Их остывание может длиться миллиарды лет.

При $1,2 M_{\odot} < M < 2 M_{\odot}$ происходит сжатие до состояния "нейтронной" звезды, в которой плотность вещества порядка 10^{14} г/см³, как в атомных ядрах "обычно-

го" вещества, а первоначальная температура поверхности до 10^7 °К. Радиус такой звезды около 10 км, потенциал силы тяжести очень высок - около $0,2 \text{ с}^2$.

$M = 2 M_{\odot}$ - критическая масса. При $M > 2 M_{\odot}$ равновесных состояний в конце звездной эволюции не может быть. Звезда с большой массой, в которой выгорела большая часть ядерного горючего, под влиянием сил тяготения испытывает гравитационный коллапс - неограниченное сжатие, и может превратиться в самозамкнувшуюся, невидимую для внешнего наблюдателя "застывшую" звезду с плотностью порядка 10^{16} г/см^3 . Но, поскольку звезда к этому моменту еще содержит запас ядерной энергии, ее освобождение может вызвать смену катастрофического сжатия расширением - антиколлапсом. Произойдет грандиозный взрыв сверхновой звезды. Вещество (обогащенное тяжелыми элементами!) вновь будет приведено в диффузное состояние. Обновленный космический субстрат сможет стать исходным материалом для образования звезд следующего поколения. При взрывах сверхновых возникает огромное количество свободных нейтронов и могут образовываться самые тяжелые элементы¹⁾.

В эволюции звезд четко выявляются цикличность и направленность: цикличность отмечается в космогоническом "кругообороте" вещества (Шкловский, 1965); направленность - в том, что в каждом новом цикле участвует все меньшее количество вещества, так как субстрат белых карликов, нейтронных и, возможно, застывших звезд надолго, если не навсегда, выпадает из кругооборота. Но главным фактором, подчеркивающим структурно-организационную направленность эволюции в космологическом масштабе, является неуклонное возрастание доли тяжелых элементов. Установление этого возрастания, ис-

1) И.С. Шкловский. Вселенная, жизнь, разум. М., Наука, 1965, стр.66-67.

ключающего всякую возможность говорить об организационных процессах как "аномалиях", имеет фундаментальное значение и является крупнейшим достижением современной астрофизики.

§ 5. ОБЩИЙ ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ

Рассмотрение геоэволюции со всей очевидностью показывает, что структурно-организационная направленность процессов характерна не только для биосферы, но и для неживой природы. Эволюция звезд, в свою очередь, свидетельствует, что эта направленность ни в коем случае не может быть локализована в пределах Земли, Солнечной системы или нашей Галактики. Существуют веские естественнонаучные основания для ее неограниченной пространственно-временной экстраполяции, и нет данных, которые указывали бы на возможность ее рассмотрения как некоторой аномалии, локализованной в пространстве и времени.

В то же время, если принять представление о Вселенной как замкнутой системе, не возникает никаких сомнений в неограниченной применимости второго закона термодинамики. Таким образом, мы вернулись к проблеме, поставленной в § 1.

Создававшаяся ситуация не является безвыходной. Можно предположить, что противоречие между термодинамической и биологической концепциями эволюции является кажущимся, так как в действительности они имеют различные сферы приложения.

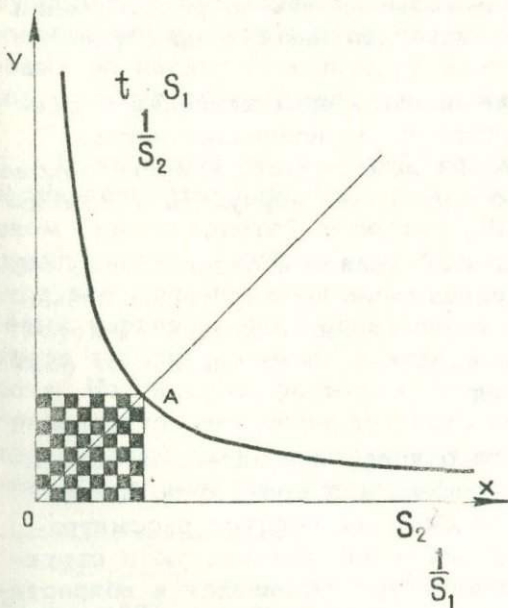
Гипотеза, являющаяся основой предлагаемой концепции, заключается в следующем: для достаточно полной характеристики замкнутой системы следует рассматривать две различные энтропии — энергетическую и структурную. Перераспределение энергии приводит к возрастанию энергетической энтропии S_1 ($\Delta S_1 > 0$ — второй закон термодинамики), но наряду и сопряженно с этим

происходит закономерное усложнение структур — уменьшение структурной энтропии S_2 (в соответствии с законом возрастания сложности $\Delta S_2 < 0$).

При положительном ответе на вопрос о применимости к Вселенной в целом понятия "замкнутая система" такая гипотеза дает выход из создавшейся ситуации. Она равнозначна (в самой общей форме) постулату о сохранении в ходе эволюции Вселенной обратной пропорциональности между величинами энергетической и структурной энтропий $S_1 \cdot S_2 = \text{Const}$ (общий закон сохранения).

Эти соотношения отражены на рисунке. Кривая, графически выражающая соотношения двух величин одного знака, о которых известно, что при увеличении одной из них другая уменьшается, является некоторой парагипер-

болой (поскольку обеим величинам запрещаются нулевые значения, причем функция является непрерывной и монотонной); в грубом приближении мы вправе пренебречь отклонениями ее формы от равнобочной гиперболы. А — точка пересечения равнобочной гиперболы с ее осью симметрии. Приняв координаты этой точки $x = y = 1$, построим квадрат на координатных



отрезках $O1$. Площадь квадрата равна 1; она и является простейшим графическим выражением константы, подверженной общему закону сохранения, уравнение которого теперь имеет вид: $S_1 \cdot S_2 = 1$. Отсюда: $1/S_1 \cdot 1/S_2 = 1$, т.е. равнобочная гиперболола выражает обратно пропорциональное соотношение и между обратными величинами энергетической и структурной энтропий. Обратные величины вводятся потому, что в ряде случаев ими удобнее пользоваться.

Энергетическая антиэнтропия $1/S_1$ выражает величину актуальной энергии, т.е. такой, которая еще может перейти в работу при самопроизвольных процессах; ее уменьшение в эволюции ($\Delta 1/S_1 < 0$) выражает второй закон термодинамики. Эволюционное возрастание структурной антиэнтропии, или структуры $1/S_2$ ($\Delta 1/S_2 > 0$) — выражение закона возрастания сложности. Величины S_1 и S_2 в общем законе сохранения (как и обратные величины) являются взаимно сопряженными, но не аддитивными, т.е. их нельзя сложить или вычесть, чтобы вычислить "общую" энтропию замкнутой системы в какой-либо момент эволюции.

Попытаемся уточнить введенные понятия энергетической и структурной энтропий и их взаимоотношения с понятиями энтропии, широко применяемыми в термодинамике и в теории информации.

Простейшее определение энтропии в термодинамике следующее: если система получает количество тепла Δq , то это соответствует увеличению энтропии системы на $\Delta S = \Delta q/T$, где T — абсолютная температура по Кельвину¹⁾. Тогда второй закон термодинамики записывается как $\Delta S \geq 0$, где знак "=" относится к обратимым процессам, а знак ">" — к необратимым. Посколь-

1) Л. Бриллюэн. Наука и теория информации. М., Физматгиз, 1960.

ку все реальные процессы являются необратимыми, этот закон определяет их направленность, которая обусловлена всеобщей тенденцией к выравниванию энергетических потенциалов. Системы, не получающие дополнительной энергии извне, спонтанно эволюционируют в направлении к энергетически наиболее "благоприятному" состоянию термодинамического равновесия, при котором энтропия достигает максимального значения. Возрастание энтропии приводит к энергетической "деградации" системы — уменьшению количества энергии, способной произвести работу вследствие перехода в другие виды энергии.

В конце XIX в. в результате работ Максвелла, Габбса, Больцмана и Планка понятию энтропии было дано статистическое истолкование, способствовавшее расширению его применения. В статистической термодинамике рассматривается замкнутая система, состоящая из большого количества однородных элементов (атомов, молекул и др.), которая может иметь P различных (равновероятных) микросостояний¹⁾. Энтропия по известной формуле Больцмана-Планка определяется через ее соотношение с числом микросостояний P , которое иначе называют термодинамической вероятностью (Планк), числом элементарных комплексов (Бриллюэн) или статистическим весом (в отечественной литературе): $S = k \cdot \ln P$, где $k = 1,38 \cdot 10^{-16}$ эрг/градус — постоянная Больцмана. Для неравновероятных микросостояний эта формула имеет вид $S = -k \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$, где p_i — вероятности (в замкнутой системе $\sum_{i=1}^n p_i = 1$). В термодинамике рассматривается эволюция распределения энергии между элементами в пределах замкнутой системы. Опыт показывает, что система эволюционирует в направлении возрастания числа P . Отсюда следует, что наиболее вероятным является такое

1) Л. Бриллюэн. Наука и теория информации. М., Физматгиз, 1960.

распределение энергии, при котором число R максимально (и, значит, энтропия также максимальна). В частности, в процессе теплообмена энтропия становится максимальной при выравнивании температур. Аналогично, все энергетические процессы (процессы перераспределения энергии) в замкнутой системе приводят к выравниванию энергетических потенциалов.

Введением гипотезы о двух энтропиях утверждается, что второй закон термодинамики относится только к таким процессам и выражается увеличением энергетической энтропии. Он означает, что в рамках Вселенной как целого направление перераспределения энергии между элементами определяется тенденцией к выравниванию всех энергетических потенциалов, однонаправленностью самопроизвольных энергетических процессов: тепло переходит от горячего тела к холодному; в замкнутой электрической цепи разность потенциалов уменьшается; вода течет не вверх, а вниз, стремясь уменьшить свою потенциальную энергию, и т.д.

Но направление перераспределения энергии — это еще не все. Рассмотрим простой геологический пример — внедрение порции магматического расплава в относительно холодную толщу пород в приповерхностной зоне земной коры. Вследствие теплообмена энергетическая энтропия системы магматическая масса — вмещающие породы увеличится. Но в то же время вследствие кристаллизации, гравитационной дифференциации и других геохимических процессов, энергетически неотделимых от процесса теплообмена, на месте расплава, представлявшего собой истинный раствор, возникает сложная высокодифференцированная кристаллическая структура; воздействие магматогенных растворов приведет к организационным процессам и во вмещающих породах.

Этот пример показывает, что в природе в относительно замкнутой системе увеличение энергетической энтропии сопровождается возрастанием сложности структуры, которое мы обозначаем как уменьшение структурной эн-

тропии. Учитывая, что все структурные связи сами по себе имеют энергетическую природу, фактически мы искусственно выделяем в едином процессе две динамически взаимосвязанные составляющие; это выделение производится для того, чтобы полнее видеть сущность процесса.

Понятие энтропии в термодинамике является одним из наиболее абстрактных. Поэтому, к сожалению, во многих книгах и учебниках для объяснения сущности энтропии вместо энергетических процессов в замкнутой системе приводятся примеры структурно-энтропических процессов. Приведем один из таких примеров из популярной книги Р.Фейнмана¹⁾: "Пусть у нас есть вода, подсиненная чернилами, и обычная вода, без чернил, и пусть они налиты в банку из двух половин, разделенных очень тонкой перегородкой. Осторожно вытащим перегородку. В самом начале вода разделена, синяя справа, чистая слева... Мало-помалу синяя вода начинает перемешиваться с обычной и через некоторое время вся вода оказывается голубой, причем интенсивность синего цвета уменьшится наполовину. Это значит, что чернила равномерно распределились по всему объему. Теперь сколько бы мы ни ждали, наблюдая воду, мы не дождемся, чтобы она разделилась на синюю и обычную". Пример призван иллюстрировать необратимое возрастание энтропии в замкнутой системе.

Если бы в этом опыте речь шла только о перераспределении энергии (например, если бы в исходной ситуации в правой половине банки была теплая вода, а в левой — холодная), приведенный пример не вызывал бы, возражений, так как с энергетической точки зрения сис-

¹⁾ Р. Фейнман. Характер физических законов. М., Мир, 1968, стр.117.

тема может считаться относительно замкнутой. Однако речь идет лишь о перемещении различно окрашенных частиц. В действительности пример иллюстрирует возрастание структурной энтропии: система из дифференцированной стала недифференцированной.

Направленность эволюции указывает, что в природе процессы с возрастанием структурной энтропии не происходят изолированно. Они всегда сопряжены с организационными процессами, приводящими в итоге к ее уменьшению. Так, диффузия — один из наиболее распространенных процессов в биосфере. Но в жизнедеятельности организмов она сопряжена с процессами, приводящими к структурно-организационным результатам (например, с процессом осмоса и др.).

Из затронутых нами понятий наибольшие трудности для общего определения представляет понятие структуры. Его разнообразные аспекты разрабатываются в рамках интенсивно развивающейся в последние годы общей теории систем¹⁾. Как правило, определения структуры имеют чисто функциональный характер и приспособлены для решения тех или иных конкретных вопросов. По-видимому, понятие структуры (в общем смысле) относится к числу основных, "первичных" понятий, ускользающих от адекватного и вместе с тем общего определения.

Внешними, количественными аспектами структуры в применении к технике связи в течение последних 20 лет успешно занимается теория информации. Центральную роль в качестве меры количества информации, возможности выбора и неопределенности играет величина

1) Исследования по общей теории систем. Сб. переводов. М., Прогресс, 1969. См. также Системные исследования. Ежегодник, 1969, М., Наука, 1969.

$H = -K \sum_{i=1}^n p_i \log p_i$, где p_i — вероятности осуществления отдельных событий из некоторого множества P возможных событий ($\sum_{i=1}^n p_i = 1$; $1/p_1 + 1/p_2 + \dots + 1/p_n = P$) а K — положительная константа, от выбора которой зависит единица измерения¹⁾. Знак минус вводится потому, что удобнее оперировать с положительной величиной H (логарифмы всех p_i , как чисел, меньших 1, являются величинами отрицательными).

Соответственно в случае, когда рассматривается множество из P равновероятных событий, $H = -K \cdot \log 1/P$ или $H = K \cdot \log P$. Ввиду того, что формула величины H оказывается такой же, как и энтропии, определяемой в статистической механике формулой Больдмана-Планка, К.Шеннон¹⁾ предложил называть ее "энтропией множества вероятностей $p_1 \dots p_n$ ". Во избежание путаницы ее целесообразно называть шенноновской энтропией. Наиболее распространенная единица измерения шенноновской энтропии — бит (двоичная единица информации); при этом в формулах Шеннона используется двоичный логарифм.

Величина H очень широко применяется в теории информации и в ее многообразных приложениях. В литературе по этому вопросу имеются терминологические расхождения: Н.Винер²⁾ и Л.Бриллюэн³⁾ величину H называют "количеством информации", просто "информацией", или (в термодинамических единицах) "негэнтропией" (Л.Бриллюэн), а собственно энтропией называют ту же

1) К. Шеннон. Работы по теории информации и кибернетике. М., ИЛ, 1963.

2) Н. Винер. Кибернетика или управление и связь в животном и машине. М., Советское радио, 1958, стр.87.

3) Б. Бриллюэн. Наука и теория информации. М., Физматгиз, 1960.

величину с обратным знаком. Хотя сам К. Шеннон, насколько известно, в рамках своей теории не придавал математическому изоморфизму понятий энтропии в термодинамике и в теории информации какого-либо дополнительного содержания, в дальнейшем возникла продолжающаяся до сих пор дискуссия по проблеме взаимоотношения между этими понятиями. Крайние точки зрения, каждая из которых имеет много сторонников, были высказаны Л. Бриллюэном и Д. Пирсом¹⁾: первый считает, что обе величины означают, по существу, одно и то же ("негэнтропийный принцип информации"); второй настойчиво подчеркивает, что оба понятия представляют совершенно различные вещи, а тождественность их математических выражений случайна и ей не следует придавать существенного значения.

С точки зрения автора, они действительно представляют различные вещи; однако нельзя вслед за Д. Пирсом третировать их математический изоморфизм как случайное совпадение; вспомним, что изоморфизм закона тяготения Ньютона и закона Кулона до сих пор служит мощным стимулом для попыток создания единой теории поля. Если в термодинамике речь идет о перераспределении энергии, то энтропия (в понимании К. Шеннона), с которой имеет дело теория информации — это структурная энтропия. Нельзя не согласиться с Н. Винером, который отмечает, что "... процессы, ведущие к потере информации, весьма сходны с процессами, ведущими к увеличению энтропии (энергетической — Я.В.). Они состоят в слиянии областей вероятностей, которые были первоначально различными" (Винер, 1958, стр. 87). Но вероятности, рассматриваемые в термодинамике и в теории информации, относятся к "обытиям" разных классов — "энергетическим" и

¹⁾ Д. Пирс. Сигналы, символы, шумы. М., Мир, 1967.

"структурным" соответственно. Такое разделение может показаться искусственным, так как в действительности любая структурная связь имеет энергетическую природу, однако оно необходимо для построения непротиворечивой эволюционной картины.

Тождественность формул энтропии в термодинамике и теории информации — факт фундаментального общенаучного значения. Считать ее доказательством тождественности самих этих величин (как это делает Л.Бриллюэн и склонен делать Н.Винер) — значит совершать произвольную недооценку значения этого факта, представляющего одно из наиболее ярких свидетельств структурно-динамического единства мира.

Справедливость этих утверждений можно проиллюстрировать на примере, рассмотрение которого представляет и самостоятельный интерес (пример разработан автором совместно с В.Г.Навроцким). Представим развертывание натурального ряда чисел как самопроизвольный процесс, в котором все события априори равновероятны; под событием имеется в виду появление любого натурального числа при выборе одного из чисел от 1 до N . Перед нами пример чисто "структурного" процесса, не имеющего ничего общего с термодинамикой.

Исходя из определений, энтропия любого отрезка натурального ряда от 1 до N

$$S = K \cdot \ln N$$

Поскольку от выбора постоянной K зависит только единица измерения, мы вправе выбрать $K = 1$ и получить

$$S = \ln N \quad (1)$$

Отрезок ряда от 1 до N представляет множество натуральных чисел, состоящее, в частности, из двух подмножеств — простых и составных чисел. В теории чисел со времен Гаусса известен следующий закон¹⁾:

1) Г.Хассе. Лекции по теории чисел. М., ИЛ, 1953, стр.220.

$$\pi(N) \sim N / \ln N, \quad (2)$$

т.е. количество простых чисел $p = \pi(N)$, $p \leq N$ асимптотически равно элементарной функции $N / \ln N$ (выполняется соотношение $\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{\pi(N)}{N / \ln N} = 1$). Отсюда

$$N / \pi(N) \sim \ln N. \quad (3)$$

Из равенств (1) и (3) следует, что

$$S \sim N / \pi(N),$$

т.е. энтропия отрезка натурального ряда от 1 до N определяется как отношение количества всех натуральных чисел к количеству простых чисел. Отсюда можно получить обратную энтропии величину меры структурности:

$$1/S \sim \pi(N) / N,$$

которая определяется как относительное количество простых чисел в пределах отрезка.

В приведенной интерпретации разворачивание натурального ряда чисел представляет идеальную (структурную) модель энергетического эволюционного процесса в замкнутой системе. Реальные процессы спонтанной эволюции относительно замкнутых систем обычно имеют три основные характеристики: некоторую периодичность, направленность и флуктуации. При разворачивании натурального ряда чисел периодичность, в частности, выражается в смене простых чисел составными. Направленность проявляется в том, что в общем случае при возрастании N простые числа встречаются все реже. Тем не менее, как угодно далеко от начала натурального ряда, можно встретить "сгустки" — два, три простых числа или больше, расположенных близко одно от другого (Хассе, 1953). При этом чем больше величина флуктуации (размеры и плотность "сгустка"), тем реже она встречается. Наличием флуктуаций обусловлен асимптотический характер равенств (2) и (3). Вспомним, что как второй закон термодинамики, так и соответствующий закон в теории информации имеют не абсолютный, а вероятностный характер: чем больше величина флуктуации, тем реже она встречается. Вероятностный характер этих законов, та-

ким образом, в точности соответствует асимптотическому характеру равенств (2) и (3).

В предлагаемой общеэволюционной концепции мы в основном оперируем двумя математическими понятиями: энтропией, неразрывно связанной с понятием логарифма, и изменением энтропии во времени, которое описывается равнобочной гиперболой. Интересно, что эти два понятия, которые вводятся в нашу концепцию независимо друг от друга, характеризуются теснейшей взаимосвязью: величина натурального логарифма числа N определяется как площадь фигуры, ограниченной равнобочной гиперболой, осью X и двумя вертикальными прямыми $X = 1$ и $X = N$ ¹⁾.

Во всех применениях статистических методов представления о вероятностях тех или иных событий извлекаются из опыта: более вероятными являются те события, которые происходят чаще (при достаточно большом количестве испытаний).

Научный опыт в целом, помимо наблюдений над энергетическими процессами, содержит также картину структурной эволюции, удельный вес которой в его пределах все возрастает. Если, как это до сих пор часто делается, распространять второй закон термодинамики на структурные преобразования, то каждое возрастание сложности в отдельности представляется в его рамках вполне объяснимым как некоторое возможное, хотя и маловероятное событие. Однако картина эволюции указывает на прерывистое, но неуклонное возрастание сложности структур в планетарных и космических масштабах.

В то же время с "вероятностно-термодинамической" точки зрения в этой цепи структурных усложнений веро-

1) Р. Курант, Г. Роббинс. Что такое математика? М., "Просвещение", 1967, стр. 53-54.

ятность каждого последующего события меньше вероятности предыдущего (с какого бы момента мы ни начали отсчет). Это значит, что такая позиция противоречит структурно-эволюционному опыту и, следовательно, неприменима к нему. Согласно эволюционному опыту, вероятным исходом структурообразующего самопроизвольного процесса является именно усложнение структуры.

Поскольку картина эволюции обладает несомненным суверенитетом, второй закон термодинамики должен рассматриваться как механизм (или один из механизмов) эволюции. Это становится возможным, если принять в рамках Вселенной в целом действие сопряженного с ним закона возрастания сложности. Формулой их неразрывного единства является выдвинутый в § 5. общий закон сохранения.

§ 6. ЭРЫ И СТРУКТУРНЫЕ УРОВНИ ЭВОЛЮЦИИ

... Человек может бесконечно совершенствовать свою жизнь и природу, не выходя из пределов человеческой формы... С появлением такой формы дальнейший прогресс может состоять только в новых степенях ее собственного развития, а не в смене ее какими-нибудь созданиями другого рода, другими небывалыми формами бытия.

В.С.Соловьев

Равнобочная гиперболa на рисунке (см.стр.32) - графическое выражение общего закона сохранения. В соответствии со вторым законом термодинамики и законом возрастания сложности ось ОУ является также и осью времени. Центр системы координат представляет начальный, "сингулярный" момент в космологическом понимании (см.ниже).

Гипербола состоит из трех участков — двух асимптотических и переходного между ними. Эти участки, хотя и не имеют четких ограничений, разнородны по своим характеристикам. В нашем рассмотрении им соответствуют ранняя, средняя и поздняя эры эволюции.

В раннюю эру эволюции, свойства которой выражаются нижним асимптотическим участком гиперболы, огромным затратам актуальной энергии соответствует сравнительно небольшой прирост структуры. В позднюю эру эволюции (см. верхний асимптотический участок), наоборот, небольшому уменьшению актуальной энергии соответствует колоссальный прирост структуры. В среднюю эру эволюции затраты актуальной энергии как бы компенсируются соизмеримым приростом структуры. Естественно предположить, что столь различным соотношениям отвечают различные способы, или механизмы, при помощи которых осуществляется возрастание сложности структуры Вселенной в различные эры эволюции.

Схема эволюции должна представлять сложное "родословное древо"; на предлагаемой простейшей схеме (табл. 2) дана максимально обобщенная характеристика основной ветви эволюции, приведшей к возникновению жизни и человека. Опишем вкратце способ построения таблицы.

При рассмотрении эволюции первоочередной интерес представляют структурные уровни переходных периодов между эрами. Определяем (произвольно), что 1 переходному периоду соответствуют элементарные частицы с массой покоя, сочетающие волновые и корпускулярные свойства. Они становятся краеугольными камнями фундамента, на котором строится мир средней эры. Возникают и формируются вширь уровни материальных структур: атомы — молекулы — клетки — многоклеточные организмы.

Выделение структурных уровней в пределах данной эры производится по принципу "что из чего состоит": каждый единичный представитель любого из уровней есть относительно замкнутая система, элементами которой яв-

Таблица 2

Схема эволюции

Эры эволюции	Периоды	Структурные уровни	Космологические единицы
Поздняя	----- II переходный	Человек и человеческое общество	Ноосфера Биосфера Планеты Звезды Поля
	Средняя		
Клетки			
Молекулы			
Атомы			
Ранняя	I переходный	Элементарные частицы с массой покоя	
		Энергетические поля	
		Родоначальное поле	

ляются представители предшествующих уровней (главным образом, непосредственно предшествующего). Многоклеточные организмы состоят главным образом из клеток; клетки — из молекул и т.д.

Определение структурного уровня II переходного периода делается также произвольно: ему соответствует возникновение человеческого общества, единичный представитель которого — человек — является основной единицей новой эры эволюции, главным элементом ноосферы. Выделение этого структурного уровня не определяется вышеизложенным правилом, так как человек не состоит из многоклеточных организмов, а является одним из них, отличаясь от всех остальных членов данной совокупности основным свойством, присущим наступающей новой эре эволюции. Не выходя за пределы поставленной цели, мы можем (весьма грубо и приближенно) сформулировать это свойство человека как возможность формирования социальных структур, способных к неограниченному накоплению информации и сознательному использованию индивидуального и коллективного опыта.

Предположим, что и выделение структурного уровня I переходного этапа подчиняется аналогичной закономерности, и экстраполируем на него наш вывод. Тогда элементарные частицы с массой покоя должны быть рассмотрены как составная часть некоторой более широкой совокупности, от всех прочих членов которой их отличает свойство, присущее лишь средней эре. Это масса покоя, следовательно, таким элементарным частицам в ходе эволюции предшествуют "частицы" без массы покоя (фотоны и др.), представляющие собой кванты энергетических полей. Последние же, исходя из развития структур от однородных к неоднородным, следует рассматривать как производные единого родоначального поля.

Теперь, построив нашу таблицу, мы получаем возможность судить о тех различных механизмах, при помощи которых осуществляется прирост структуры в разные эры эволюции. Фактически мы построили таблицу для интер-

претации особенностей гиперболы на рисунке.

В раннюю эру эволюции (см. нижний асимптотический участок гиперболы) невообразимо огромные количества актуальной энергии полей "связываются" при образовании частиц с массой покоя в соответствии с эйнштейновским соотношением $E = mc^2$. В среднюю эру эволюции на базе элементарных частиц происходит совершенствование материальных структур путем развертывания все более сложных структурных уровней, вплоть до возникновения человека. В позднюю эру эволюции прирост структуры осуществляется совершенствованием социальных структур ноосферы путем накопления информации. Этим и обеспечивается основное свойство поздней эры — колоссальный прирост структуры при сравнительно ничтожных энергетических затратах. Человек — "элементарная частица" ноосферы. Нет эволюционной необходимости в более высокоорганизованных единицах, так как свойства человека гарантируют дальнейший ход эволюции.

Теория "тепловой смерти" Вселенной создавалась без учета ноосферы как космического фактора. По сути дела, человечество всегда высвобождало для своих нужд энергию, связанную в тех или иных материальных структурах в прошедшие стадии эволюции, будь то "молодая" энергия угля или более "древняя" энергия внутриатомных связей.

Табл. 2 представляет собой предложение хотя и весьма примитивной, но все же применимой в известных масштабах иерархической метрики для сравнения структур. При помощи этой метрики мы не можем сказать, что сложнее — мышь или муравей, так как они попадают в одну графу "многоклеточных организмов"; зато мы можем сказать, что муравей сложнее клетки, ибо он состоит из клеток, т.е. принадлежит более высокому структурному уровню.

Представим, что мы не имеем термометров; мы тем не менее могли бы, хотя и грубо, судить о температуре среды, например, по состоянию воды при данном давле-

нии — твердому, жидкому или газообразному. Именно такого рода "инструментом" для сравнения структур является предлагаемая таблица. Другим примером является шкала Мооса для определения твердости минералов. Разработка метрики структур на материале всеотраслевого знания является самым необходимым условием для развития общей теории эволюции.

§ 7. ЭВОЛЮЦИЯ СКОРОСТЕЙ ПРОЦЕССОВ

Для того чтобы в рамках принятых допущений полнее видеть сущность процесса эволюции Вселенной, мы оказались вынуждены расчленить этот единый процесс (как и любой процесс меньшего масштаба) на энергетические (процессы перераспределения энергии, эволюция которых подчиняется второму закону термодинамики) и структурные процессы (их эволюция определяется законом возрастания сложности).

Из анализа эр эволюции следует, что во времени уменьшаются скорости энергетических и возрастают скорости структурных процессов. Вернемся к рассмотрению гиперболы на рисунке, являющейся графическим выражением общего закона сохранения. По оси OX откладывают значения актуальной энергии $1/S_1$, по оси OY — структуры $1/S_2$. Поскольку ось OY является также и осью времени, мы не можем по данному графику проследить зависимость между временем и приростом структуры, т.е. эволюцию скоростей структурных процессов. Зато можем рассмотреть гиперболу как график уменьшения скорости убывания актуальной энергии; отсюда следует закон эволюционного уменьшения скоростей энергетических процессов.

Подобно скоростям других энергетических процессов, величина скорости света в вакууме "с" в ходе эволюции уменьшается. Тем самым во времени она те-

ряет свое значение "универсальной постоянной".

Следует подчеркнуть, что изменяющаяся величина "с" все же сохраняет свой универсальный характер. Он проявляется в том, что скорость света в вакууме в любой момент остается конечной, "абсолютной", максимально возможной скоростью перемещения в пространстве тождественных объектов. (Отметим, что принцип предельности (а не постоянства!) скорости света выдвигался в работах В.А.Фока¹⁾ и Г.Рейхенбаха²⁾).

В связи с этим общая теория относительности приобретает значение частного случая по отношению к теории эволюции: она является обобщенным описанием картины мира во временной "статике", в любой фиксированный момент эволюции, или, в ее собственных терминах, в любом пространственном трехмерном "сечении" четырехмерного пространственно-временного континуума. В каждом таком сечении абсолютная величина скорости света в вакууме остается постоянной независимо от местонахождения системы отсчета, в соответствии с однородностью и изотропностью пространства.

Увеличение скоростей энергетических процессов при мысленном эксперименте с перемещением во времени в прошлое эквивалентно замедлению хода часов (при постоянных скоростях), что отвечает релятивистскому эффекту замедления хода часов в интенсивных энергетических полях (см., например, гравитационное красное смещение).

Особое внимание к величине "с", объясняется ее из ряда вон выходящим значением в современной физиче-

1) В.А.Фок. Современная теория пространства и времени. Природа, № 12, 1953.

2) Г.Рейхенбах. Направление времени. М., ИЛ, 1962, стр.62.

ской картине мира. Из эволюционного изменения величины "с" могут быть однозначно выведены изменения и других универсальных "констант" (см., например, § 9 и 10).

Из предложенной схемы эволюции следует, что чем древнее тот или иной реальный процесс, тем относительно большую роль в нем играет "энергетическая" составляющая. Величина скорости света в вакууме является характеристикой самых древних процессов. В ее изменении во времени мы сможем проследивать эволюцию "чисто энергетического" процесса, в котором роль структурной составляющей пренебрежимо мала.

По существу, все дальнейшее изложение представляет попытку исследовать возможности реализации эволюционной концепции, в рамках которой с течением времени физические законы остаются неизменными, но меняются величины входящих в них универсальных "констант". Мысль о реальности такой эволюции высказывалась в начале века А. Пуанкаре¹⁾.

§ 8. ВЫБОР КОСМОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

В одном из недавних обзоров В.Л. Гинзбург¹⁾ отмечает: "Основной вопрос космологии — выбор модели и

1) К.П. Станюкович, В.П. Гурович. Эволюция материи и гравитационное поле (в Метагалактике). В сб. Философ. проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивист. космологии. Киев, Наукова думка, 1965, стр. 129.

2) В.Л. Гинзбург. Космические исследования и теория относительности. Эйнштейновский сб. М., Наука, 1967.

хотя бы качественное понимание характера эволюции Вселенной в любой момент времени — остается открытым”.

По определению А.Л.Зельманова¹⁾, космология — физическое учение о Вселенной как целом, включающее в себя теорию всей охваченной астрономическими наблюдениями области как части Вселенной.

Большинством исследователей принимается так называемый космологический постулат — условие изотропности и однородности пространства. По В.Л.Гинзбургу, “под изотропностью понимается независимость средних свойств Вселенной от направления; однородность же приводит к тому, что из любого места Вселенной ее свойства “в большом” одинаковы” (1967). На основании данных астрофизических наблюдений в настоящее время признается, что в пределах достигнутой точности Вселенная в среднем изотропна и однородна (Гинзбург, 1967).

Релятивистская (основанная на общей теории относительности) космология возникла в 1917 г., когда Эйнштейн предложил свою модель Вселенной. Это конечная стационарная модель, основанная на космологическом постулате. Пространство имеет постоянную положительную кривизну, временная координата — прямая, время однородно и изотропно. Прямые (“геодезические”) линии во Вселенной Эйнштейна в конечном счете замыкаются на себя. Для обеспечения стационарности (постоянного конечного объема и постоянной средней плотности) Эйнштейн видоизменил уравнения тяготения общей теории относительности путем введения в них так называемого лямбда-члена — космологической постоянной, обозначающей силу, удерживающую галактики на расстоянии друг от друга и предотвращающую стягивание Вселенной гра-

¹⁾ Г.И. Наан. Типы бесконечного. Эйнштейновский сб. М., Наука, стр.304.

витационными силами.

Вначале Эйнштейн считал, что только такая модель согласуется с общей теорией относительности. Вселенная Эйнштейна — четырехмерный пространственно-временной континуум, трехмерное пространственное сечение которого представляет собой гиперсферу. Последняя характеризуется конечностью объема и в то же время пространственной неограниченностью. Аналогичными свойствами в трехмерном континууме обладает обычная двухмерная сферическая поверхность, имеющая конечную площадь, но ничем не ограниченная.

В 1922 г. А.А.Фридман рассчитал ряд однородных изотропных моделей с нулевой космологической постоянной и показал, что в рамках общей теории относительности возможно существование разнообразных моделей — конечных и бесконечных, с положительной, нулевой и отрицательной кривизной пространства. Общей чертой фридмановских моделей является их нестационарность — они находятся в состоянии либо сжатия, либо расширения.

Расширяющейся моделью Фридмана было как бы предсказано открытие в 1928 г. астрономом Хабблом "красного смещения" спектров удаленных галактик, которое было истолковано как проявление эффекта Доплера вследствие разбегания галактик — расширения Вселенной. В дальнейшем на основе расширения, а также совместимости общей теории относительности с различными свойствами пространства было создано множество релятивистских нестационарных космологических моделей. Под влиянием работ Фридмана и открытия Хаббла Эйнштейн отказался от модели с космологической постоянной.

В расширяющихся моделях, основанных на космологическом постулате, особый интерес (и особые трудности) представляет нулевой или сингулярный (особенный) момент "начала отсчета", когда объем Вселенной обращается в нуль, а значения плотности и давления стано-

вятся бесконечно большими. Для того чтобы гарантировать онтологическую идею вечности Вселенной, многие астрофизики (В.Л.Гинзбург, Я.Б.Зельдович и др.) предлагают осциллирующие (пульсирующие) модели, в которых периоды расширения сменяются периодами сжатия; предполагается, что при сжатии объем Вселенной достигает не нулевого, а лишь некоторого конечного критического значения, после чего вновь начинается расширение, и т.д.; ни при каких условиях мы не сможем ничего узнать о предшествовавшем (?) периоде сжатия.

Обобщение данных многочисленных измерений позволило сформулировать "закон Хаббла": скорости удаляющихся галактик пропорциональны расстояниям, отделяющим их от наблюдателя, т.е. $v = H\gamma$, где γ — расстояние от галактики, скорость которой v ; H — постоянная Хаббла. Ее введение означает, что расширение принимается равномерным. По современным определениям $H = 75 - 120 \approx 100$ км/сек · мегапарсек¹⁾. Исходя из этой величины, рассчитан возраст Вселенной $T \approx 10$ миллиардов лет — интервал от начала расширения ("сингулярного" момента) до настоящего времени.

Условие изотропности означает, что в любой момент мирового времени (т.е. в любом пространственном сечении четырехмерного пространственно-временного континуума) средняя плотность космологического субстрата повсеместно одинакова. Условие однородности означает, что в любой системе отсчета, независимо от ее местоположения во Вселенной, наблюдается одинаковое расширение; так что ни одна система не является привилегированной; ни одна точка не может быть названа центром расширения. Оно происходит как возрастание рас-

¹⁾ В.Л.Гинзбург. Космические исследования и теория относительности. Эйнштейновский сб. М., Наука, 1967, стр.100.

стояний между галактиками (или даже ассоциациями галактик) при сохранении изотропности.

В модели Фридмана расширение происходит с постепенным замедлением, которое, будучи весьма существенным на самых ранних стадиях расширения, становится затем практически неощутимым, и в течение последних миллиардов лет расширение может приниматься равномерным. Когда после открытий Хаббла Леметр показал, что как удаление галактик, так и пропорциональность их скоростей расстояниям содержались в теории Фридмана, это было воспринято многими учеными как доказательство истинности расширяющейся фридмановской модели. Однако вскоре появились и другие космологические модели, согласующиеся как с общей теорией относительности, так и с законом Хаббла.

На элементарном геометрическом эксперименте легко убедиться, что при условии изотропности и однородности закон Хаббла будет соблюдаться в любом расширении, будь оно ускоренным, равномерным или замедленным.

Когда астрофизики обнаруживают в космосе новую далекую галактику и выясняют ее расстояние от нас, скорость удаления и спектральный состав, они фактически говорят ей одновременно "здравствуй" и "прощай". Если расстояние до нее — миллиард световых лет, то наши данные — миллиардолетней давности. Мы не знаем и не узнаем никогда, что было с ней, скажем, полмиллиарда лет назад, что с ней теперь. Время прошедшей жизни человечества и тем более "научной жизни" — лишь краткий миг на оси мирового времени. Если бы мы могли наблюдать известные нам теперь галактики через космологически ощутимый промежуток времени, тогда можно было бы сделать выводы о действительной величине ускорения расширения. Но та совокупность данных, которой мы располагаем, указывает однозначно только на сам факт расширения при условии: а) интерпретации красного смещения как следствия эффекта Доплера; б) однородности и изотропности времени и

в) однородности и изотропности пространства.

Поскольку из трех перечисленных условий два первых являются в настоящее время практически общепринятыми, можно сказать, что в их рамках данные, указывающие на соблюдение закона Хаббла, являются лишь доказательством космологического постулата однородности и изотропности пространства; этим, по существу, и ограничивается их эвристическое значение.

Согласно работам Планка (1901) и Эйнштейна (1905), любое излучение с частотой ν испускается и поглощается не непрерывно, а лишь некоторыми минимальными (далее неделимыми) дискретными порциями — квантами с энергией $E = h\nu$, где $h = 6,63 \cdot 10^{-27}$ эрг·сек — фундаментальная постоянная, которой Планк дал название кванта действия.

По существу, в этом выводе уже содержалось утверждение об универсальной дискретности строения мира в микромасштабах, в частности, о дискретности пространства и времени, поскольку их свойства неразрывно связаны с особенностями физических процессов.

В рамках общей теории эволюции величина кванта действия является единой для всей Вселенной в любой момент времени (подчеркивая однородность Вселенной), но изменяется в ходе ее истории. По аналогии со скоростью света в вакууме универсальность постоянной Планка заключается не в постоянстве ее величины, а в том, что изменяющийся квант действия в любой момент эволюции является минимальной возможной порцией энергии.

В каком направлении меняется величина кванта действия в эволюции? Для фотонов $\nu = \frac{c}{\lambda}$, где λ — длина волны. Поскольку энергия испущенного светового кванта зависит только от внутриатомной структуры излучающего элемента (или при других механизмах излучения от подобных, не зависящих от времени, факторов), она остается постоянной. Из $E = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$ в связи с эволюционным уменьшением "с" величина h (при $E =$

$\text{Const}, \lambda = \text{Const}$) возрастает: $\Delta h > 0$ при $0 < h < \infty$.

Одним из основных физических условий существования Вселенной в целом в рамках космологической модели Эйнштейна является конечная величина массы-энергии. В этих условиях неограниченное возрастание величины минимальной, неделимой далее порции энергии связано с уменьшением количества таких порций и означает деструктуризацию энергии. По физическому смыслу это утверждение адекватно второму закону термодинамики. Эволюционное возрастание энергетической энтропии в масштабе Вселенной означает, что энергия в целом как бы испытывает тенденцию превратиться в единый квант, лишившись каких бы то ни было признаков неоднородности.

Таким образом, исходя из конечности массы-энергии Вселенной и вытекающего из нашего основного постулата (общего закона сохранения) положения об эволюционном уменьшении скорости света, мы независимым путем пришли к выводу, соответствующему второму закону термодинамики в применении к Вселенной в целом.

С точки зрения развиваемой эволюционной концепции красное смещение спектральных линий удаленных галактик объясняется тем, что мы получаем свет из отдаленных эпох, когда величина скорости света в вакууме была больше. (Аналогичное с математической точки зрения объяснение дано голландским астрономом В. де Ситтером в предложенной им космологической модели с "искривленным" временем¹⁾).

Величины энергии квантов светового излучения (фотонов), соответствующие спектральным линиям какого-либо элемента, зависят только от его внутриатомной структу-

¹⁾ А.С. Эддингтон. Теория относительности. Л.-М., ГТТИ, 1934, стр.290-293.

ры. Если не учитывать эффект рассеяния фотонов на межгалактических электронах, можно считать, что величина энергии любого однажды испущенного фотона остается неизменной. Тогда, согласно формуле Планка $E = h\nu$, из эволюционного возрастания постоянной Планка однозначно следует уменьшение частоты — происходит космологическое красное смещение, в точности имитирующее эффект Доплера.

Не зная в точности закона изменения величины скорости света во времени, в расширяющейся Вселенной мы не сможем установить, какая именно часть красного смещения обязана своим происхождением удалению галактик. В сжимающейся Вселенной красное смещение из-за резкого уменьшения скорости света во времени может превысить фиолетовое смещение, которое происходило бы вследствие сжатия.

Вселенная может расширяться, сжиматься или быть стационарной, и мы не можем это установить никакими астрофизическими наблюдениями. Как невозможно отличить действие инерции от действия силы тяжести (согласно общему принципу относительности), так невозможно отличить и эффект разбегания галактик от эффекта эволюционного уменьшения скорости света. Тем самым в теории эволюции принцип относительности приобретает огромную степень общности, распространяясь на состояние Вселенной.

В силу изложенного мы вправе вернуться к стационарной модели Эйнштейна с космологической постоянной; новым элементом является введение гипотезы об эволюционном уменьшении скорости света, объясняющей красное смещение, открытие которого послужило в свое время причиной отказа Эйнштейна от своей концепции. Модель Эйнштейна является наилучшей основой, на которой при помощи введения гипотезы об эволюционном уменьшении скоростей энергетических процессов и с учетом квантовой структуры пространства и времени можно по-

строить эволюционную структурно-динамическую картину мира.

Однако, как будет показано ниже, при введении дополнительных условий содержание понятия стационарности Вселенной радикально ограничивается. Неизменными остаются лишь объем и усредненная плотность космологического субстрата; в структурном отношении "модернизированная" модель Эйнштейна становится существенно нестационарной.

§ 9. КВАНТЫ ВРЕМЕНИ И ПРОСТРАНСТВА

Движенья нет, — сказал мудрец
брадатый.

Другой смолчал и стал пред ним
ходить.

Сильнее он не мог бы возразить...

А.С.Пушкин

Около 450 г. до н.э. Зенон Элейский выдвинул ряд апорий — парадоксов, в которых доказывал невозможность движения. Например: летящая стрела проходит за некоторое время расстояние r , за половину этого времени — $\frac{r}{2}$, за четверть — $\frac{r}{4}$ и т.д. до бесконечности; за любой промежуток времени она проходит какое-то, хотя бы и весьма малое, расстояние. Но, с другой стороны, стрела в каждый момент где-то находится! Иначе она просто не существует. Следовательно, если утверждает-ся, что стрела движется, то она в любой момент нигде не находится, т.е. ее нет. Если же она все-таки есть, а это очевидно, то движение невозможно. (Другие апории Зенона имеют в принципе аналогичный характер).

За два с половиной тысячелетия предприняты более чем многочисленные попытки опровергнуть Зенона. Тем

не менее и ныне его доказательства в рамках принятых допущений остаются безупречными. Таким образом Зенон показал несовместимость движения с бесконечной делимостью "вглубь" пространства и времени, поскольку именно такая делимость лежит в основе его доказательств. По существу, это обстоятельство вызывает к жизни представления о дискретной, квантовой структуре пространства и времени.

Необходимость создания представлений о квантовой структуре пространства и времени (о дискретности мировых линий теории относительности) диктуется настоятельной потребностью современной физики. Стремление объединить общую теорию относительности (теорию "бесконечно большого") с квантовой механикой (теорией "бесконечно малого") включает и распространение релятивистского представления о непрерывных мировых линиях Минковского-Эйнштейна на ультрамикроскопические процессы взаимодействия элементарных частиц с вакуумом. При этом возникает парадоксальное положение: энергия, масса и заряд частицы приобретают физически бессмысленные бесконечные значения. Для "избавления" от этих значений при решении конкретных задач используются рецептурные приемы, которые приводят к вполне удовлетворительным результатам, но сами по себе имеют более чем искусственный характер.

Вот как описывает ситуацию Р.Фейнман¹⁾: "Сейчас у нас нет парадоксов, по крайней мере на первый взгляд. Правда, у нас есть эти бесконечности, которые вылезают наружу при попытке объединить все законы в единое целое, но люди так набили руку на том, как прятать весь мусор под ковер, что порой начинает казаться, будто это не так уж серьезно" (1962, стр.180).

1) Р.Фейнман. Характер физических законов. М., Мир, 1962.

Выход из создавшейся парадоксальной ситуации многие исследователи видят в концепции дискретной, или квантовой, структуры пространства и времени. В 1930 г. В.А.Амбардумян и Д.Д.Иваненко впервые показали, что принятие такой концепции позволяет естественным образом свести бесконечные энергии частиц к конечным. Аналогичная идея высказывалась в 30-е годы В.Гейзенбергом, М.Борном и другими. Попытки разработать физическую теорию на основе этой концепции предпринимались Х.Снайдером (1947), Х.Р.Коишем (1959), И.С.Шапиро (1960, 1964) и В.Г.Кадьшевским (1961). Обзор проблемы и соответствующая библиография дана, в частности, в работах Р.А.Аронова, И.Б.Новика, С.Т.Мелюхина и И.С.Шапиро¹⁾.

В рамках общей теории эволюции конечной модели Вселенной наибольший интерес представляет концепция Х.Р.Коиша—И.С.Шапиро, согласно которой пространство является не только дискретным, но и конечным. В отличие от гипотез дискретного бесконечного пространства при рассмотрении пространства, состоящего из конечного числа "точек" с минимальной длиной l_0 (расстояний, меньших l_0 , не существует), автоматически индуцируются свойства симметрии и законы сохранения физики элементарных частиц. Таким образом, концепция Коиша—Шапиро, помимо общего с другими "дискретными" теориями преимущества — устранения бессмысленных бесконечностей — имеет дополнительное солидное "внешнее оправдание".

Как отмечает С.Т.Мелюхин²⁾, физики обычно ограничиваются постулированием идеи квантования простран-

1) Философские проблемы физики элементарных частиц. М., Наука, 1964.

2) Философские проблемы физики элементарных частиц. М., Наука, 1964.

ства и времени в качестве одного из средств устранения трудностей с бесконечностями. Перспективу развития физической картины мира на основе применения этой идеи открыло предложение Я.И.Френкеля¹⁾ о представлении движения элементарной частицы как последовательности трансмутаций — элементарных сдвигов, при каждом из которых в результате взаимодействия с вакуумом происходит исчезновение (аннигиляция) частицы в данной пространственно-временной клетке и ее возникновение (регенерация) в соседней. Сами клетки — минимальные, неделимые на меньшие пространственно-временные области.

Эти идеи нашли дальнейшее развитие в ряде работ Б.Г.Кузнецова (1961—1968). Ему удалось показать²⁾, что инвариантность величины скорости света в вакууме (постулируемая теорией относительности) может быть логически выведена на основе отказа от представления о непрерывности мировых линий в ультрамикроскопических областях, меньших 10^{-13} см и 10^{-24} сек. В таких областях, по Б.Г.Кузнецову, абсолютная скорость "с" является единственной — это скорость элементарных сдвигов. Для относительно покоящейся частицы вероятности элементарных сдвигов в любом направлении равны; импульс в каком-либо направлении приносит "диссимметрию вероятностей", и для частицы без массы покоя вероятность сдвига в данном направлении равна 1; движение осуществляется со скоростью "с". Для частицы с ненулевой массой покоя вероятность сдвига в одном направлении (вследствие полученного импульса) больше, чем в дру-

1) Я.И.Френкель. Понятие движения в релятивистской квантовой теории. ДАН СССР, т.64, № 4, 1949.

2) Б.Г.Кузнецов. Дополнительность и относительность. Эйнштейновский сб. М., Наука, 1966.

гих, но всегда меньше 1. Движение осуществляется со скоростью v , меньшей "с", причем величина массы покоя играет роль коэффициента, определяющего скорость при данном импульсе.

Анализ аргументации Зенона неизбежно приводит к отрицанию бесконечной делимости пространства и времени по аналогии с "геометрическим атомизмом" демокритовской школы. По словам Д.Я.Стройка, апории Зенона "вызывали такое волнение, что и сейчас можно наблюдать некоторую рябь"¹⁾. В то же время экстраполяция общерелятивистских и квантово-механических закономерностей на область ультрамикроскопических процессов (взаимодействие элементарной частицы с вакуумом) приводит к парадоксальной ситуации, выход из которой многие исследователи видят в отказе от представления о непрерывности мировых линий. По существу, оба требования являются тождественными и приводят к представлению о дискретной, квантовой структуре пространства и времени.

Квант пространства — наименьший мыслимый объем. Никакой объект не может занимать меньшего объема, и всякое движение немисливо в его пределах. Квант времени — наименьший, неделимый далее временной интервал. Никакой процесс не может произойти за меньшее время, и в пределах этого интервала всякое движение (изменение) немисливо.

Можно ли представить объект, покоящийся во времени? На первый взгляд постановка вопроса может показаться нелепой. Но ведь именно таким является, например, фотон (в любой системе отсчета, кроме системы, связанной с ним самим). Из теории относительности следует, что понятие времени (временной длительности) фи-

1) Д.Я.Стройк. Краткий очерк истории математики. М., ИЛ, 1964, стр.53.

зически бессмысленно по отношению к объектам, движущимся со скоростью "с". Вообще бытие объектов с массой покоя радикально отличается от бытия объектов без нее. Для первых возможен широкий диапазон скоростей — от нулевой до "абсолютной" скорости "с" (но не включая "с"). А фотон либо существует, и тогда он движется со скоростью "с", либо его нет.

Применяя представления теории относительности к эволюционной концепции (см. табл. 2), получаем, что до появления частиц с ненулевой массой покоя понятие времени (временной длительности) лишено физического смысла, поскольку кванты энергетических полей — дискретные объекты, с которыми могут быть связаны системы отсчета — движутся с "абсолютной" скоростью "с": во всех мыслимых системах отсчета часы стоят. Таким образом, величина кванта времени как интервала, в пределах которого понятие временной длительности физически бессмысленно, по определению совпадает с величиной временного интервала от сингулярного момента "начала мира" до появления частиц с массой покоя.

Очевидно, что квант расстояния равен пути, который проходит свет в вакууме за квант времени:

$$l_q = c \cdot t_q$$

где l_q — квант расстояния; t_q — квант времени (совершенно аналогичное соотношение постулируют все авторы концепций дискретного пространства и времени). Поскольку в "ранней эре" эволюции единственной скоростью является "с", весь объем Вселенной в момент появления частиц с массой покоя представляет единый квант пространства. До этого момента понятие не только временной, но и пространственной "длительности" лишено физического смысла.

Отсюда вытекает онтологическое следствие: яркое проявление единства мира — эволюционно-генетическое единство понятий времени, пространства и материи с массой покоя. Существенным является последний член триады, так как обычно говорится о единстве времени, пространства и материи вообще, включая энергию.

В каком направлении меняется величина кванта пространства в эволюции? В связи с эволюционным уменьшением "с" величина кванта пространства l_q (при $l_q = \text{Const}$) уменьшается, что означает структуризацию пространства.

Выше был обоснован выбор замкнутой космологической модели Эйнштейна как основы для построения структурно-динамической картины мира. При постоянном конечном объеме пространства (например, эйнштейновской гиперсферы) с уменьшением величины кванта пространства возрастает количество квантов. Возникают и увеличиваются возможности появления локальных неоднородностей и анизотропий, перемещений в пространстве, появления все более разнообразных и структурно сложных объектов. В частности, возможность появления таких сложных объектов, как живые системы, требует достаточно малой величины кванта пространства и тем самым связана с определенной стадией эволюции Вселенной. По физическому смыслу структуризация пространства отвечает "закону возрастания сложности" Т. де Шардена.

Поскольку в эволюции деструктуризация энергии и структуризация пространства Вселенной проявляются совместно, их совокупность представляет квантовое выражение общего закона сохранения.

Второй закон термодинамики: $\Delta S_1 > 0$ ($0 < S_1 < \infty$)

соответствует $\Delta h > 0$ ($0 < h < \infty$)

Закон возрастания сложности: $\Delta S_2 < 0$ ($0 < S_2 < \infty$)

соответствует $\Delta l_q < 0$ ($0 < l_q < \infty$)

Общий закон сохранения: $S_1 \cdot S_2 = \text{Const}$

соответствует $h \cdot l_q = \text{Const}$.

§ 10. РОДОНАЧАЛЬНОЕ ПОЛЕ КАК СОВЕРШЕННЫЙ ВАКУУМ

Как известно, объект, движущийся относительно какой-либо системы отсчета, можно считать покоящимся относительно другой системы, перемещающейся с той же скоростью; на этом основан принцип относительности, говорящий о неразличимости состояний движения и покоя в замкнутой системе. В свете квантовой концепции состояние относительного покоя может быть интерпретировано следующим образом: элементарные трансмутации происходят с той же частотой, но без сдвигов, элементарные частицы исчезают (аннигилируют) и возникают (регенерируют) в одних и тех же пространственно-временных клетках. Тогда общий принцип относительности формулируется как принцип неразличимости самих пространственно-временных клеток. В этой формулировке он оказывается тождественным принципу однородности пространства и времени (в любой момент эволюции), который является составной частью космологического постулата.

Таким образом, и для покоящейся элементарной частицы или любой их совокупности бытие является непрерывным "мерцанием", совершаемым с определенной частотой — один раз за квант времени. Это означает, что из введения квантовой структуры пространства и времени автоматически вытекает существование антимира — "теневого" мира, "мерцающего" в такт с нашим миром. Каждой частице нашего мира соответствует античастица "теневого" мира, и элементарные трансмутации заключаются в их соединении (аннигиляции) и разделении (регенерации).

Г.И.Наан¹⁾ пишет: "... Симметричная Вселенная (мир плюс антимир) может возникнуть из ничего при строгом соблюдении всех законов сохранения. Иными словами, древнее положение о том, что ничто не может породить нечто, здесь вовсе не ревизуется. Ничто действительно не может породить нечто, но оно может породить нечто и антиничто". С этой позиции момент "начала мира" можно представить как разделение абсолютного, или совершенного, вакуума на мир и антимир. Сравнительно ничтожное количество обнаруживаемых античастиц в окружающей нас части Вселенной (и соответствующая ситуация в антимире) — важное условие их устойчивости. Нет, по-видимому, никакого способа экспериментально обнаружить антимир. Возможность его существования вытекает из квантовой концепции пространства-времени. Мир и антимир, неразличимые по своим внутренним свойствам, гарантируют существование друг друга, являясь наиболее крупномасштабной иллюстрацией принципа единства противоположностей²⁾.

В рамках нашей эволюционной концепции элементарные частицы без массы покоя образовались в результате разделения некоторого родоначального поля. При этом продолжительность эволюции от нулевого момента до возникновения частиц с массой покоя равна кванту времени, т.е. минимальному интервалу, за который не может произойти никакой процесс, кроме элементарной трансмутации. Таким образом, само "родоначальное поле" вообще не имеет бытия во времени, хотя бы в пре-

1) Г.И.Наан. Проблемы и тенденции релятивистской космологии. Эйнштейновский сб. М., Наука, 1966, стр.356.

2) Ср. антимир в понимании Дж. Уитроу. Естественная философия времени. Прогресс, М., 1964, стр.385-393.

делах кванта времени. Оно "существует" лишь в момент "начала мира", на границе между бытием и небытием.

Такая характеристика отвечает пониманию родоначального поля как совершенного вакуума. По-видимому, в течение первого кванта времени существуют частицы без массы покоя, которым в антимире соответствуют античастицы с отрицательной массой движения. В результате реакций типа образования пары электрон-позитрон при столкновении двух гамма-квантов образуются частицы с массой покоя.

Главные нерешенные проблемы — возникновение барионов и разделение частиц и античастиц, по-видимому, требуют учета плохо изученных слабых взаимодействий. Возможно, что протоны образовались при столкновении частиц со сверхвысокими энергиями, недостижимыми в современных экспериментальных установках.

§ 11. НЕВОЗМОЖНОСТЬ ДАЛЬНОДЕЙСТВИЯ И ПРОБЛЕМА ОДНОВРЕМЕННОСТИ

Чтобы придать понятию времени физический смысл, нужны какие-то процессы, которые дали бы возможность установить связь между различными точками пространства.

Эйнштейн

Устранив из физики мгновенное дальноедействие, теория относительности вместе с тем устранила понятия абсолютного времени и абсолютной одновременности (тесно взаимосвязанные). Для установления отношения одновременности между двумя событиями необходимо синхронизировать часы в соответствующих точках. Иначе говоря, такое отношение может иметь физический смысл, только будучи связано с некоторой измерительной процедурой. Простейший вид этой процедуры описывается в известной

статье Эйнштейна "К электродинамике движущихся тел": единое для разных точек время можно установить, вводя определение, что "время", требуемое свету, чтобы прийти из А в В, равно "времени", которое свету необходимо, чтобы из В попасть в А. Мгновенные вспышки света в точках А и В считаются одновременными, если они воспринимаются как таковые наблюдателем, находящимся на равных расстояниях от этих точек.

Такого рода определение относительно: события, одновременные в одной системе отсчета, могут не быть таковыми в другой; кроме того, практически невозможно установить одновременность событий, разделенных достаточно большими расстояниями.

Проблема одновременности в действительности гораздо сложнее, чем может показаться при поверхностном рассмотрении аргументации теории относительности. Краткий, но достаточно детальный обзор проблемы дан в работе Ю.Б.Молчанова¹⁾, нас интересуют лишь некоторые ее аспекты.

Совершенно очевидно, что утверждение о сосуществовании объектов реального мира, в том числе и наблюдателей, автоматически предполагает и наличие между ними отношения одновременности. Помимо этого, представление об "абсолютной" одновременности неизбежно присутствует в каждом суждении о Вселенной в целом и в рамках релятивистской космологии (не исключая модели Эйнштейна). Эта необходимость становится совершенно явной в любой гипотезе об эволюции Вселенной. Для описания процесса расширения Вселенной А.А.Фридманом введено понятие единого мирового времени — собственного времени сопутствующего наблюдателя в грандиозном мысленном экспе-

1) Ю.Б.Молчанов. О различных смыслах отношения одновременности (к истории вопроса). Эйнштейновский сб., М., Наука, 1968.

рименте ("сопутствующего" космологическому субстрату) Так изгнанное теорией относительности "абсолютное" (или, точнее, универсальное) время с неизбежностью проникает в круг созданных ею же космологических представлений "через черный ход". Создается очевидное внутреннее противоречие.¹⁾

В рамках развиваемой в настоящей работе эволюционной концепции рассмотренное противоречие представляется кажущимся. Само его возникновение говорит о неправомерности распространения эйнштейновской процедуры установления единого времени для разных систем отсчета на процессы в космологическом времени. Как и другие основные положения теории относительности, эта процедура вполне справедлива для любого момента эволюции или при решении конкретных задач для пренебрежимо малых интервалов космологического времени. Если рассматривать проблему при этих условиях, противоречия не возникает.

При эволюционном рассмотрении главными представляются физические процессуальные связи не "по горизонтали" — в пространстве, а "по вертикали" — во времени. Возможность для двух сколь угодно пространственно удаленных друг от друга событий быть одновременными гарантируется структурно-динамическим единством мира.

В связи с описанным выше характером эволюции пространства любые два события некогда имели общую причину. Они являются членами соответствующих двух причинно-следственных "цепей", образовавшихся в прошлом в результате дивергенции некоторой единой "цепи". При этом характер развития всех причинно-следственных "цепей" определяется общими законами. Таким образом,

1) О существовании космического времени см. также: Дж. Уитроу. Естественная философия времени. М., Прогресс, 1964, стр. 328-334.

выполняется главное требование Эйнштейна о придании понятию времени физического смысла.

Применяя представление об эволюционном уменьшении скорости света к рассматриваемой конечной модели Вселенной, можно говорить о потенциальной одновременности: для любых двух объектов может быть найден такой момент в прошлом, когда скорость света была больше и эйнштейновская процедура установления единого времени принципиально могла быть осуществлена.

§ 12. ВРЕМЕННОЙ РАЗРЕЗ МИРА

Непрекращавшееся усовершенствование наблюдательной техники дало возможность астрономам увидеть множество разнообразных звезд, звездных ассоциаций, скоплений межзвездного газа, пыли и т.п. Тем не менее, еще совсем недавно казалось, что в распределении космических объектов нет никакой закономерности, за исключением возрастания красного смещения спектральных линий удаленных галактик с увеличением расстояния до них.

Интенсивное развитие радиострономии и обнаружение в последние годы радиогалактик и квазаров радикально изменило наши представления о Вселенной. Теперь взгляду земного наблюдателя космос представляется состоящим, по меньшей мере, из трех концентрических зон: звезд, особых радиогалактик и квазаров. Но ведь в действительности, воспринимая излучение объекта, находящегося на расстоянии миллиарда световых лет, мы получаем информацию о событии, происшедшем миллиард лет назад. В рамках принятой нами конечной квазистационарной космологической модели красное смещение объясняется эволюционным уменьшением скорости света. Наблюдаемый "разрез мира" является не пространственным, а временным. Внешний мир развернут перед нами во времени в прошлое.

Мы наблюдаем временные зоны эволюции космоса.

Космическое вещество "внутренней" зоны слагает звезды, планеты, туманности, межзвездные газово-пылевые облака и другие объекты. Главную роль играют звезды — лаборатории, производящие из водорода всю гамму химических элементов.

Благодаря развитию радиоастрономии в последние десятилетия изучено множество космических радиоисточников различной мощности. Для объяснения космического радиоизлучения И.С.Шкловский в 1953 г. предложил так называемый синхротронный механизм; излучение возникает вследствие движения релятивистских электронов в сильных магнитных полях. В настоящее время эта концепция подтверждена наблюдательными данными и является общепризнанной.

Как отмечает Д.С.Хеешен¹⁾, близкие галактики — слабые радиоисточники. Очень сильными источниками являются так называемые особые радиогалактики, расположенные на расстоянии сотен миллионов световых лет, и квазары, расстояния до которых достигают первых миллиардов лет. Возможно, эти расстояния занижены из-за неточного определения "постоянной" Хаббла, так как они в отличие от расстояний до "оптических" объектов вычисляются только по красному смещению.

Если для нормальных галактик мощность радиоизлучения составляет около одной миллионной доли светового излучения, то для особых радиогалактик эти величины соизмеримы. Квазары отличаются от них необычайно малыми размерами. По огромным величинам излучения как в радио- так и в световом диапазонах квазары следует считать наиболее яркими объектами во Вселенной²⁾.

1) Д.С.Хеешен. Радиогалактики. В сб.Астрофизика, М., Наука, 1967, стр.140.

2) Д.Л.Гринштейн. Квазизвездные радиоисточники. Там же, 1967, стр.152.

Расчеты показывают, что для наблюдаемого излучения квазаров выделение энергии должно быть порядка $M \cdot c^2$, что возможно только при переходе всей массы в энергию.

Физические механизмы процессов, приводящих к выделению энергии в особых радиогалактиках и квазарах, неизвестны. Для их объяснения в настоящее время создано множество гипотез — от "цепных реакций" вспышек возникающих близко друг от друга Сверхновых звезд (по Д.Бербиджу) до взрывов в результате столкновений галактик (по Минковскому). По нашему мнению, большинство гипотез не учитывает в должной мере как раз тот факт, из которого надо исходить: близких квазаров и особых радиогалактик нет; они представляют население ранних стадий эволюции Вселенной.

В отличие от большинства зарубежных авторов, В.Л.Гинзбург считает, что интенсивное радиоизлучение может иметь отношение к образованию галактик. По его предположению, релятивистские электроны образуются в результате столкновений космических лучей с атомами водорода в процессе сжатия и распада первоначального газового облака — протогалактики¹⁾.

Как можно интерпретировать новые астрофизические данные в свете эволюционной концепции?

Общепризнанно, что свидетельством о самых ранних стадиях эволюции является открытое в 1965 г. изотропное равновесное излучение ("фон") с $T = 3^{\circ}K$, получившее название реликтового космологического излучения²⁾.

1) Д.С.Хеешен. Радиогалактики. В сб. Астрофизика. М., Наука, 1967, стр.151.

2) Я.Б.Зельдович, И.Д.Новиков. Релятивистская астрофизика. М., Наука, 1967, стр.488.

Возможно, оно в действительности представляет реликт первичных энергетических полей ранней эры эволюции (см. табл.2).

Легкие частицы (электроны и др.) могут образовываться при столкновении гамма-квантов. Но механизм аналогичного возникновения тяжелых частиц (протонов, нейтронов и др.) неизвестен. Не исключено поэтому, что при разделении совершенного вакуума непосредственно образовались не только частицы без массы покоя, но также и частицы с массой покоя (с соответствующими античастицами).

Одной из главных и весьма далеких от разрешения трудностей всех космологических моделей является проблема зарядовой асимметрии наблюдаемой Вселенной, выражающейся в подавляющем преобладании частиц по сравнению с античастицами. При любом процессе они могут возникать только парами и должны аннигилировать. Механизм их "расхождения" совершенно неясен¹⁾.

В любом случае, по-видимому, следует исходить из того, что на самой ранней стадии эволюции зарядовая асимметрия (антисимметрия) уже существует. Вторым важным условием, вытекающим из нашего предположения об эволюционном изменении скорости света, является огромная скорость процессов всех взаимодействий на данной стадии. Благодаря этому в рамках нашей квазистационарной модели все физические процессы ранних стадий происходят точно так же, как это предусматривается космологическими моделями, основанными на представлении о расширении Вселенной из сверхплотного состояния.

Возможно, что в зоне квазаров из частиц без массы покоя образуются частицы с массой покоя. Здесь же, в

¹⁾ Ф. Хойл. Галактики, ядра и квазары. М., Мир, 1968, стр.68-70.

этот период происходят и обратные процессы. В ходе первых поглощается энергия порядка Mc^2 (и мы поэтому не можем их наблюдать); в ходе вторых энергия выделяется в виде излучения (их-то мы и видим как квазары). Наличие квазаров — следствие цикличности процесса; их локальность обусловлена общей направленностью эволюции в сторону образования частиц с массой покоя. Квазары — “котлы” спонтанной аннигиляции “положительного” вещества, возможной в условиях сверхвысоких скоростей взаимодействий.

По-видимому, особые радиогалактики, действительно, представляют начальные этапы развития галактик. Исходным материалом служат частицы с массой покоя, причем тяжелые частицы уже замедлились, в то время как легкие, в том числе электроны, еще остаются релятивистскими. В ядрах первичных неоднородностей сформировались магнитные и гравитационные поля, “заглатывающие” и сжимающие космологический субстрат. Релятивистские электроны, отдавая энергию в результате взаимодействия с сильными магнитными полями (синхротронное излучение), постепенно замедляются. Происходит их захват протонами — образование водорода, сырья для образования будущих галактик. Такая гипотеза хорошо согласуется с данными наблюдения. Источник релятивистских электронов “под рукой”. Захват протонами электронов при замедлении последних объясняет узкий диапазон распределения спектральных индексов особых радиогалактик при высокой интенсивности излучения в отличие от нормальных радиогалактик¹⁾.

Приведенные астрофизические гипотезы не основаны на детальном изучении проблем и не претендуют на сколько-нибудь долговечное объяснение наблюдаемых фактов.

1) Д.С. Хеешен. Радиогалактики. В сб. Астрофизика. М., Наука, 1967, стр.148.

Они представляют лишь пример возможного построения картины структурно-организационной эволюции космоса путем непротиворечивой интерпретации данных наблюдений, причем некоторые из них, возможно, смогут быть проверены в недалеком будущем в связи с интенсивным совершенствованием методики и техники астрономических наблюдений.

Исходя из закономерного эволюционного уменьшения скорости света ($c = K \cdot T^{-1}$, где T — мировое время, K — константа), можно составить пропорцию $c_0 c_1 = k T_0$, где T_0 — условный возраст современной Вселенной (промежуток времени от сингулярного момента, который в настоящее время принимается равным приблизительно 10^{10} лет¹⁾); T_1 — мировое время для какого-либо момента в прошлом; c_0 — современная скорость света; c_1 — скорость света в прошлом. Отсюда

$$c_1 = c_0 T_0 / T_1.$$

Легко рассчитать, что 1 млрд. лет назад скорость света была равна $1,1 c_0$, а 2 млрд. лет назад — $1,25 c_0$ и т.д.

Поскольку скорость света является величиной, от которой зависит множество других физических "констант", существует возможность реконструкции различных особенностей процессов в отдаленном прошлом. Эти реконструкции могут быть проверены на геологическом материале.

1) В.Л. Гинзбург. Космические исследования и теория относительности. Эйнштейновский сб. М., Наука, 1967, стр.100.

§ 13. ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ КАК ИНДИКАТОРЫ ЭВОЛЮЦИИ

Также и времени нет самого по себе, но предметы
Сами ведут к ощущению того, что в веках совершилось,
Что происходит теперь и что впоследствии позже.
И неизбежно признать, что никем ощущаться не может
Время само по себе, вне движения тел и покоя.

Лукреций

В полном соответствии с воззрениями Лукреция в современной физике принято, что "часами" может служить любая система, совершающая некоторый периодический процесс; в рамках нашей концепции это может быть, в частности, эволюционирующая система, поскольку любой геологический процесс характеризуется как направленностью, так и периодичностью (циклическостью). Например, геологическими часами является сама Земля, точнее, доступная непосредственному наблюдению земная кора, развивающаяся в рамках геотектонических циклов. Время, как и пространство, не может мыслиться вне процессов.

Можно сказать, что абсолютное, объемлющее, обратимое время классической физики было континуальным. В отличие от него приближенное к реальности время современной физики является процессуальным: процесс служит мерой времени, а не наоборот. Свойства времени — это свойства процессов во времени. В решении этой проблемы важнейшую роль, несомненно, будет играть изучение геологических процессов.

Представление о действительной длительности геологических процессов пришло в науку совсем недавно, в связи с чем многочисленные важные следствия из этого факта еще далеко не освоены. Хотя это представление было свойственно уже М.В.Ломоносову и Д.Гетто-ну, в геологическую науку, по существу, оно было вве-

дено Ч.Ляйелем в XIX в., в острой борьбе с учением катастрофистов (Л.фон Бух, Э.де Бомон, Ж.Кювье и др.). Тогдашний уровень науки не позволял получить даже приблизительное количественное представление об этой длительности: до начала нашего века возраст Земли оценивался приблизительно в 40 млн.лет на основании термодинамического расчета В.Томсона-Кельвина¹⁾. С открытием явлений радиоактивности и изотопных методов геохронологии стало известно о существовании горных пород с возрастом в сотни миллионов лет; эта цифра затем возросла до 2-2,5 млрд.лет, а в настоящее время возраст Земли и Солнечной системы оценивается в 4,5 млрд.лет.

С другой стороны, в современной астрономии возраст звезд (см.табл.1) определяется величинами от 0,1 до 6 млрд.лет, а "возраст Вселенной" — 10 млрд.лет. Таким образом, произошло радикальное сближение представлений о возрасте Земли и большинства космических объектов. Это приводит к осознанию космологического значения данных геологии.

В течение последнего столетия главное внимание теоретической геологии уделялось изучению геотектонических (тектоно-магматических) циклов, в рамках которых происходит эволюция Земли и, в частности, земной коры. В настоящее время это изучение привело к появлению столь мощного инструмента геологической науки, каким является формационный анализ.

Понятие формации употребляется в геологии давно: еще Ч.Лайель применял этот термин для обозначения "совокупностей горных пород, имеющих какие-либо общие признаки по происхождению, по составу или по времени образования". Но только в последние годы форма-

1) Дж. Уитроу. Естественная философия времени. М., Прогресс, 1964, стр.27.

ционный анализ становится одним из основных исследовательских методов геологии. Наиболее употребительным в настоящее время является выдвинутое Н.С.Шатским¹⁾ определение формаций как "естественных сообществ, комплексов, естественных парагенезисов горных пород", объединенных рядом общих характеристик. К числу последних относятся вещественный состав пород и особенности внутреннего строения (структура формации), которые всецело определяются условиями ее образования.

Помимо "великих обновлений"²⁾, происходивших с интервалами в несколько сотен миллионов лет, выделяются тектоно-магматические циклы, продолжительность которых, по современным данным, около 180-200 млн. лет. Хотя в настоящее время существует множество различных, нередко противоречивых представлений о значении и объеме понятия геологической формации³⁾, общепринятой является основная идея формационного анализа, согласно которой образования каждого тектоно-магматического цикла в целом состоят из последовательного набора определенных формаций (соответственно однотипных для разных циклов), сформировавшихся в течение определенных стадий развития в конкретной геотектонической обстановке. Как считает В.Е.Хаин⁴⁾, циклы низшего порядка вписываются в качестве стадий в циклы более высокого порядка (мегациклы) и в свою очередь распадаются на более мелкие циклы - стадии.

1) Н.С.Шатский. О геологических формациях. Избр.тр., т.Ш. М., Наука, 1965.

2) Г.Штилле. Избр.тр. М., Мир, 1964.

3) Геологические формации. Мат-лы к совещ. (21-24 мая 1968). Л., ВСЕГЕИ, 1968.

4) В.Е.Хаин. Геосинклинальный процесс и эволюция тектоносферы. Изв. АН СССР, сер.геол., № 12, 1964, стр.12.

Наиболее изучены четыре последних (последокембрийских) цикла: каледонский, герцинский, киммерийский и альпийский (незавершенный), в пределах которых имели место преобразования обширных участков земной коры. Все процессы, происходящие с каждой геологической формацией этих циклов, можно подразделить на два существенно различных класса: формирующие процессы, которые приводят к образованию формации в рамках данного цикла, и наложенные процессы, протекающие после консолидации подвижной области. Различие состоит в том, что изменения, вызываемые формирующими процессами, в общем случае (за исключением зон наложенной активизации) неизмеримо значительнее тех, которые вызываются наложенными процессами, так что последними в определенных аспектах можно пренебречь. Участки консолидированных областей, интенсивно преобразованные наложенными процессами, следует исключить из данного рассмотрения.

Земную кору можно рассматривать как практически уникальную систему, содержащую неисчерпаемые запасы информации о процессах, происходивших на протяжении нескольких миллиардов лет. Если допустить, что в течение космологически значительных промежутков времени происходили какие-либо закономерные изменения характера процессов, то сведения об этих изменениях можно получить, изучив разновозрастные геологические формации. Все объекты различных порядков — минералы, горные породы, геологические тела, геосферы и т.п. — можно рассматривать как материализованное время, а саму геологию — как науку о времени, о закономерностях изменения свойств процессов в ходе эволюции.

В предшествующий период изучения эволюции, например, в промежуток времени от начала кембрийской эпохи до ныне, могло производиться лишь путем сопоставления образований четырех тектоно-магматических циклов, представляющих собой сравнимые (гомологичные) объекты первого порядка. При таком сравнении из-за крупности объектов, их сложного внутреннего строения

и в особенности из-за их малого числа отчетливо выявилась не направленность, а цикличность эволюции земной коры, ее периодический характер. Существенная роль формационного анализа заключается в выдвигании на первый план возможности сопоставления гомологичных объектов все меньших рангов, прежде всего, основных составных частей образований тектоно-магматических циклов. Раньше сопоставлялись образования циклов (1, 2, 3, 4); каждый из них состоит из последовательного набора формаций (например, А, В, С, D), и теперь мы имеем возможность сопоставления геологических объектов более мелкого порядка (например, 1-А, 2-А, 3-А, 4-А).

Если бы обыкновенные часы могли мыслить, их бытие представлялось бы им постоянной сменой однородных циклов. Мы же используем эти циклы как единицы для отсчета однонаправленного времени. И в самом общем случае любая цикличность есть лишь механизм, форма проявления направленности.

Так, формационный анализ, родившийся в ходе детального изучения геологической цикличности, приводит к выявлению направленности геоэволюции.

В соответствии с предлагаемой концепцией, в пределах эволюции в целом, как и в рамках отдельных ее периодов различных порядков, должно происходить уменьшение скоростей энергетических процессов (см. § 7). Это положение может быть подтверждено изучением процессов геоэволюции при помощи формационного анализа. Приведем ряд примеров (подбор примеров связан с кругом конкретных интересов автора и ни в коем случае не претендует на универсальность).

Складкообразование. Общеизвестно, что в пределах любого отдельно взятого тектоно-магматического цикла относительно ранние формации, как правило, смяты в складки более интенсивно, чем поздние. До сих пор в книгах по геотектонике эти факты объясняются тем, что более древние осадки претерпели неод-

нократную складчатость. В то же время общепризнанно, что этот процесс приводит к консолидации толщ, после чего они обычно реагируют на динамические воздействия не складчатостью, а движениями по разрывным нарушениям, сводово-глыбовыми поднятиями и т.п. Следовательно, униформистское объяснение, что осадки относительно древних формаций данного цикла подвергались одинаковому процессу несколько раз, несостоятельно. Различия в степени складчатости в таких случаях объясняются тем, что чем древнее формация, тем более интенсивные энергетические воздействия вызывали в ней процесс складкообразования.

Региональный метаморфизм. Согласно представлениям Б.Я.Хоревой¹⁾, в истории развития земной коры процессы регионального динамо-геотермического метаморфизма испытывают эволюцию, заключающуюся в том, что более поздние гомологичные процессы происходят при все меньших температурах и давлениях. Об этом убедительно свидетельствуют приведенные ею данные о минеральном составе пород (включая особенности отдельных породообразующих минералов), структурах и абсолютном возрасте метаморфических комплексов Юго-Западного Памира и Иртышской зоны смятия.

В результате изучения процессов пропилитизации, понимаемой как "региональный дорудный гидротермальные метаморфизм средних и основных пород вулканогенных формаций", М.М.Василевский²⁾ пришел к выводу, что их состав, зональность и площадное развитие "с

1) Б.Я.Хорева. Типы регионального метаморфизма и метаморфические комплексы Юго-Западного Памира и Иртышской зоны смятия. Автореф.дис. Л., ВСЕГЕИ, 1969.

2) М.М.Василевский. О понятии "пропилит" и процессе пропилитизации. Зап.Всес.минер.о-ва, ч.95, вып.6, 1966.

достаточной степенью достоверности объясняются возрастными особенностями проявления процесса". При сравнении образований однотипных разновозрастных формаций было выяснено, что чем более древнему циклу принадлежит данная формация, тем с большей интенсивностью происходил в ней рассматриваемый процесс. Понятие интенсивности процесса здесь включает как давления и температуры ("глубинность") образования минеральных парагенезисов, так и "степень региональности" изменения; эти особенности обусловлены различиями в физических условиях проявления процесса, а именно — "более интенсивными напряжениями в более древних формациях".

Некоторые исследователи объясняют указанные особенности тем, что породы формаций древних циклов могли претерпеть неоднократный метаморфизм. Однако, как подчеркивает М.М.Василевский, объяснение этих особенностей следует искать в закономерной эволюции процесса во времени, так как они установлены в самых различных регионах, независимо от того, имели ли в них место более поздние процессы метаморфизма.

Гидротермальное рудообразование. При сопоставлении рудных месторождений разновозрастных однотипных формаций выявлена следующая особенность: судя по минеральным ассоциациям, структурам и текстурам руд, окolorудным изменениям вмещающих пород и т.д., месторождения более древних формаций характеризуются большими давлениями и температурами образования. Теснейшая взаимосвязь с возрастными особенностями соответствующих процессов в данном случае, казалось бы, бросается в глаза; тем не менее еще и в настоящее время для объяснения этой особенности широко привлекается "гипотеза различного эрозионного среза". Известный факт отсутствия в древних подвижных областях так называемых эпитермальных золото-серебряных и других месторождений нередко объясняют размывом более древних эпитермальных образований.

Как писал Н.С.Шатский¹⁾, "согласно данной гипотезе, и каледониды, и герциниды, и альпиды построены по одному и тому же образцу, но в дальнейшем при эрозии от каледонид остается только нижний этаж, который мы называем нижним геосинклинальным этажом, от герцинид — нижний и отчасти средний, а в альпийской зоне сохраняется самый верхний геосинклинальный этаж, характеризующийся так называемыми апомагматическими месторождениями. Эта гипотеза, на первый взгляд как будто приемлемая и интересная, при внимательном изучении не выдерживает никакой критики. Она должна быть категорически отброшена, что, по существу, и сделано как у нас, так и за рубежом". На невозможность объяснения наблюдаемых закономерностей при помощи "гипотезы различного эрозионного среза" указывали также А.И.Тугаринов²⁾, М.М.Василевский³⁾, Д.В.Рундквист⁴⁾ и другие исследователи; невозможно объяснить их и предположением о воздействии наложенного метаморфизма, который мог бы уничтожить древние низкотемпературные образования. "Доказательством этому — закономерное изменение кларковых содержаний элементов в однотипных породах различного возраста, обуславливающих различную возможность их мобилизации при рудооб-

1) Н.С.Шатский. Геотектоническая закономерность распределения эндогенных рудных месторождений. Изв.вузов, Геология и разведка, № 11, 1960, стр.10.

2) А.И.Тугаринов. О причинах формирования рудных провинций. В кн.Химия земной коры, т.4. Изд-во АН СССР, 1963.

3) М.М.Василевский. О понятии "пропилит" и процессе пропилитизации. Зап.Всес.минер.о-ва, ч.95, вып.6, 1966.

4) Д.В.Рундквист. Вопросы изучения филогенеза месторождений полезных ископаемых. Зап.Всес.минер.о-ва, ч.97, вып.2, 1968, стр.204.

разовании; закономерное изменение соотношений элементов в разновозрастных рудах; отсутствие в молодых районах прямых переходов по вертикали между оруденением "молодых" и "древних" типов; отсутствие "молодых" типов месторождений в сохранившихся слабо метаморфизованных породах древних областей орогенеза" (Рундквист, 1968, стр.208). Таким образом, анализ эволюции рудообразования с неизбежностью приводит к выводу об эволюционном изменении формирующих условий.

Во всех трех приведенных примерах мы встречаемся со столкновением униформистского и эволюционистского представлений. Согласно первому, процесс происходил во все эпохи одинаково, и все наблюдаемые различия объясняются либо многократным повторением аналогичных воздействий, либо различными эрозийными срезами; согласно второму, характер процесса в ходе эволюции претерпевает закономерные изменения, выражающиеся в общем виде в уменьшении его энергетической интенсивности.

Нельзя упускать из виду, что принятие эволюционистского представления с неизбежностью влечет за собой ряд следствий, многие из которых на первый взгляд могут показаться неожиданными, так как требуют пересмотра ряда устоявшихся положений. Например, такое привычное понятие, как глубинность процесса, становится весьма относительным: применяемые критерии глубинности привязаны к современным условиям, а с позиций теории эволюции следует считать, что в геологическом прошлом на тех же абсолютных глубинах (расстояниях по вертикали от дневной поверхности) происходили гораздо более "глубинные" процессы. Изучение данной проблемы должно иметь особенно большое значение для понимания характера ранних стадий эволюции Земли. Для объяснения метаморфических фаций архейских образований в соответствии с господствующими взглядами требуется допустить огромные глубины формирования порядка нескольких десятков километров. Если бы оп-

равдалось предположение, что в ту эпоху необходимые для объяснения наблюдаемых преобразований температуры и давления имели место на гораздо меньших глубинах, представление о последующей тектонической истории архейской коры должно было бы серьезно измениться: нам не пришлось бы привлекать фантастически огромные эрозионные срезы для объяснения наличия архейских образований на дневной поверхности.

Приведенные факты охватывают лишь некоторые из числа разнообразных формирующих процессов; всестороннее обоснование данной гипотезы требует обобщения громадного материала и дополнительных специальных исследований. Тем не менее рассмотренные процессы, несомненно, относятся к числу основных формирующих процессов. Поэтому показанные закономерности ни в коем случае не могут рассматриваться как случайные совпадения. Они приводят к выводу о допустимости физической концепции, в рамках которой в ходе эволюции происходит изменение величин "универсальных констант" при неизменности физических законов по структуре. Мысль о меняющихся "константах" не нова; она не раз обсуждалась не только среди физиков, но и в геологической литературе¹⁾. Главным новым аспектом рассмотренной концепции является сопряженное изменение величины "универсальных констант" в связи с изменением величины кванты пространства, представляющей единственную независимую переменную.

Одним из первых идея о меняющихся "константах" была выдвинута П. Дираком²⁾; исходя из космологических

1) П.Н. Кропоткин. Возможная роль космических факторов в геотектонике. Геотектоника, № 2, 1970. См. также: Л.С. Смирнов, Ю.Н. Любина. О возможности изучения изменения силы тяжести с геологическим временем. ДАН СССР, т.187, № 4, 1969.

2) P.A.M. Dirac. Nature, v. 139, 323, 1937.

соображений, он считал, что гравитационная "постоянная" изменяется пропорционально T^{-1} (где T — мировое время) т.е. уменьшается по гиперболическому закону. Приведенные выше геологические данные, которые могут быть рассмотрены как свидетельства уменьшения давлений при формирующих процессах, в сочетании с широко известным фактом, что общая направленность эволюции приповерхностной зоны Земли выражается как разуплотнение мантийного субстрата, говорят в пользу уменьшения ускорения силы тяжести на Земле; последнее, помимо возможного увеличения массы и радиуса Земли, может быть связано с уменьшением гравитационной постоянной (по закону Дирака или какому-либо другому). С этой позиции легко объяснимо также общеизвестное возрастание контрастности рельефа земной поверхности в истории Земли: в связи с уменьшением ускорения силы тяжести, с одной стороны, возрастает динамический эффект соизмеримых тектонических воздействий, а с другой — происходит ослабление денудационных процессов, сдерживающих рост горных сооружений.

Приведенные примеры говорят также об эволюционном уменьшении скоростей энергетических процессов. Во избежание недоразумений надо все время помнить, что мы искусственно выделяем в любом едином процессе две составляющие — энергетическую и структурную; что скорости расходования актуальной энергии уменьшаются: в прошлом процессы происходили при больших динамических напряжениях, больших тепловых потоках и т.д. Но в то же время в соответствии с общеэволюционной концепцией происходит ускорение (акселерация) процессов структурообразования.

Акселерация является очевидной для исторических процессов формирования социальных структур. Она давно установлена и в биологии (палеонтологии): эволюция все более высокоорганизованных биологических групп требует все меньших промежутков времени. Формационный анализ позволяет установить и акселерацию геологических процессов.

Изучение цикличности осадконакопления привело Н.Ф.Балуховского¹⁾ к выводу о постепенном снижении продолжительности "макроцикла" с 12 млн.лет в кембрии и венде до 8,6 млн.лет в третичном периоде. Д.В.Рундквист²⁾ отмечает акселерацию процессов рудообразования, проявляющуюся в закономерном сокращении длительности металлогенических эр, эпох; этапов и т.д. от древних периодов к молодым. Подобных примеров можно привести много. Они говорят о том, что структурно аналогичные результаты достигаются эволюцией за все меньшие промежутки времени³⁾. Происходит структурная акселерация — ускорение процессов структурообразования.

Такое соотношение между энергетическими и структурными процессами можно проследить во всех масштабах геоэволюции. В частности, по А.Е.Ферсману (см. также § 3), в ходе геохимических процессов происходит прогрессирующее усложнение эволюционирующих систем; вместе с тем "...увеличение энтропии идет весьма энергично в начальных стадиях (высокотемпературных), постепенно замедляется в конечных, более холодных частях системы"⁴⁾. Взятые в совокупности, эти положения

1) Н.Ф.Балуховский. Геологические циклы. Львов, 1966.

2) Д.В.Рундквист. Вопросы изучения филогенеза месторождений полезных ископаемых. Зап.Всес.минер.о-ва, ч.97, вып.2, 1968.

3) Р.И.Гришкян. К проблеме геотектонических циклов докембрия. У совеш.по пробл.планетологии. Тезисы докл., вып.2, Л., 1968. См.также: А.Л.Гроздилов. О сокращении продолжительности циклов и этапов осадконакопления в ходе геологического развития Земли. Там же.

4) А.Е.Ферсман. Геохимия. Избр.тр., т.4, изд. АН СССР, М., 1958, стр.233.

А.Е.Ферсмана иллюстрируют важнейшую закономерность эволюционной динамики структурообразующих процессов.

В соответствии с развиваемыми нами взглядами, на ранних этапах эволюции значительные затраты энергии приводят к созданию относительно простых структур, а на более поздних этапах (на более высоких структурных уровнях) меньшие энергетические затраты дают больший "прирост структуры". Это положение подтверждается при рассмотрении изменения состава изверженных пород. Общеизвестно, что основные расплавы являются гораздо более высокотемпературными, чем кислые. В то же время очевидно, что при кристаллизации те и другие расплавы охлаждаются до температуры вмещающей среды. Образование основных пород связано с "энтропизацией" значительно больших удельных количеств тепловой энергии, чем образование более сложных в микроструктурном отношении пород кислого состава (см. § 3).

В связи со структурной акселерацией хочется сказать несколько слов о перспективах геологического и космологического применения геогенетического закона. В данном случае под "онтогенезом" мы будем (хотя и весьма условно), понимать эволюцию единичной подвижной области земной коры, а под "филогенезом" — геозволюцию в целом¹⁾. Согласно современным взглядам, в ходе развития подвижных областей образованию гранитоидных расплавов предшествует ультраметаморфизм (полное преобразование горных пород, при котором последние находятся в твердом состоянии). Но если "онтогенез повторяет филогенез", то это, возможно, означает, что в ходе эволюции земной коры "привычному" этапу пангеосинклинального развития, охватывающему последокембрий и, по-види-

Термины "онтогенез" и "филогенез" введены в геологическую литературу применительно к процессам минералообразования Д.П. Григорьевым (Что такое генетическая минералогия. Зап. Всес. минер. о-ва, ч. 84, вып. 3, 1955).

мому, протерозой, предшествовал огромный по длительности архейский этап исключительного или существенно преобладающего проявления ультраметаморфизма, при практическом отсутствии гранитоидных расплавов и других атрибутов "геосинклиналиного образа жизни".

Возникновение расплавов связано с эволюционным возрастанием скоростей структурообразующих процессов, так как однотипные реакции происходят гораздо быстрее в жидком состоянии, чем в твердом (в условиях ультраметаморфизма). Представляется, что такая концепция может объяснить геологические особенности архейских образований.

Если она будет подтверждена геологическими данными, то можно надеяться при помощи дальнейшего последовательного применения геогенетического закона максимально приблизиться к пониманию условий, существовавших на самых ранних стадиях геоэволюции. Тогда мы геологически, "сверху", сможем подойти и к проблеме возникновения Земли, которая до сих пор всегда решалась астрономами "снизу" (во времени), путем подбора наиболее вероятных механизмов.

Изложенные геологические данные можно резюмировать следующим образом: сопоставление разновозрастных геологических объектов (формаций) в принципе позволяет подойти к решению общенаучного вопроса об изменении характера процессов во времени.

Этот вывод мало зависит от степени корректности приведенных примеров: их роль иллюстративна, и сами по себе они могут нуждаться в значительном уточнении. Поскольку, как всегда в естественных науках, мы имеем дело не с доказательствами, а лишь с обоснованиями, главным критерием истинности того или иного обоснования помимо "внешнего оправдания" и "внутреннего совершенства", является его общность, способность к экстраполяции на другие явления, которая проверяется всем ходом научного развития.

Выявляется уникальное положение и большая роль

геологии в семье естественных наук.

Четырехмерный пространственно-временной континуум Эйнштейна-Минковского, в котором "ось времени" является равноправной по отношению к трем пространственным осям, представляет математическую модель, применимую (как и вся теория относительности) при рассмотрении процессов, происходящих в течение малых промежутков времени. В эволюционирующей Вселенной "ось времени" занимает, несомненно, привилегированное положение.

За исключением, быть может, некоторых явлений на уровне элементарных частиц без массы покоя, каждый реальный процесс преобразования какой-либо системы может идти как в "прямом", так и в "обратном" направлении. Для любого процесса можно найти такой уровень рассмотрения, при котором он будет изображаться формулой динамического равновесия $A=B$. Тогда определение "прямого" или "обратного" направления будет зависеть лишь от выбора точки отсчета (на оси времени!). Такие уровни рассмотрения можно назвать "уровнями динамических равновесий"; они определяются некоторыми минимальными временными интервалами, различными для разных процессов (при заданных условиях). Но при рассмотрении процессов в течение временных интервалов, больших, чем соответствующие уровни динамических равновесий, выявляются сдвиги последних, указывающие на необратимость направленность реальных процессов. Любая динамическая закономерность, таким образом, носит статистический характер, описывая направления и скорости сдвигов динамических равновесий.

Важнейшая, принципиальная особенность материала геологии заключается в том, что при образовании геологических формаций фиксируются и накапливаются именно результаты сдвигов динамических равновесий формирующих процессов, происходивших в течение значительных промежутков времени. Время действует как система отбора, сохраняющая лишь тот материал, который свидетельствует о динамической направленности процессов.

Никакая наука, кроме геологии, не располагает материалом, подобным геологическим формациям, представляющим собой само материализованное время далекого прошлого.

Если уподобить историю Вселенной многосерийному фильму с большим числом участников, то можно сказать, что астрофизика с ее данными об удаленных объектах располагает лишь моментальными фотографиями отдельных участников, в то время как геология обладает данными об одном участнике, но зато представленными в виде полной ленты. Такое положение в принципе сохранится и в будущем, независимо от расширения наших знаний о космосе. Несомненно, что только путем сравнительного анализа этих двух групп научных данных можно составить представление о действительном ходе событий.

Принцип актуализма Ломоносова-Ляйеля — "настоящее есть ключ к познанию прошлого" — долгое время являлся методологическим фундаментом геологии и сыграл огромную роль в ее развитии. Однако теперь становится очевидным, что последовательное применение этого принципа, основанного на представлении о неизменности, стационарности мира, вступает в непосредственное противоречие с идеями геоэволюции как однонаправленного, необратимого (хотя и периодического) процесса развития. Об этом подробно писали Н.С.Шатский с соавторами¹⁾ уже 20 лет назад в ходе дискуссии по вопросам осадкообразования. В последнее время методологические проблемы с новой силой привлекают внимание геологов. Сознание того, что геология находится в переломной эпохе на пороге нового этапа своего развития, с особой четкостью выражено в недавней программно-методологиче-

1) Н.С.Шатский и др. К вопросу о периодичности осадкообразования и о методе актуализма в геологии. В кн. К вопросу о состоянии науки об осад. породах. Изд-во АН СССР, М., 1951. См. также в кн. Н.С.Шатский Избранные труды, т.1У, изд.Наука, М., 1965, стр.85-101.

ской статье Е.В.Шандера¹⁾: "Хотя настоящее и есть ключ к познанию прошлого, но в то же время оно не есть ни единственный, ни самый главный из ключей, которыми мы располагаем... Главное состоит не в отождествлении или выяснении сходных черт разновременных явлений, а в осмысливании тех тенденций, которые на ранних стадиях проявляются лишь в неявной, зачаточной форме, или, наоборот, в уяснении исторического значения явлений, которые имели вначале полное развитие, а впоследствии стали играть подчиненную роль или же претерпели существенные преобразования... Подход к изучению Земли как материальной системы высокого структурного уровня... весьма плодотворен не только для геологии, но и для всего естествознания. И нет ничего невозможного, что, следуя ему, удастся обнаружить в строении и развитии Земли новые, неожиданные явления, объяснение которых потребует изменения даже некоторых общих физических представлений".

По-видимому, наступает время "неляйелевой" геологии (по аналогии с неевклидовой геометрией). В то же время, несмотря на отказ от следования принципу актуализма в его буквальной трактовке, общая ляйелевская концепция, по существу, сохраняется и в настоящей работе: во-первых, как признание "космологического постулата" однородности и изотропности пространства (в широком смысле); во-вторых, в утверждении, что несмотря на изменение величин универсальных "констант", форма (структура) физических законов остается неизменной во времени.

Выход в космос превращает геологию в планетологию в собственном смысле слова, но возможно, что она сохранил свое название и на других планетах, как сохрани-

1) Е.В.Шандер. К методологии историко-геологического исследования. Геотектоника, № 2, 1970.

ла его геометрия, превратившись из "землемерия" в универсальный обшематический аппарат. Создание общей эволюционной теории позволит решать и практические задачи поисков и разведки полезных ископаемых. Но геология как наука о времени выдвигается на первый план. Она принимает палочку эстафеты естественных наук в общем стремлении к познанию мира.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
§ 1. Две концепции эволюции	5
§ 2. Вселенная как замкнутая система	10
§ 3. Направленность геоэволюции	12
§ 4. Эволюция звезд	26
§ 5. Общий закон сохранения	31
§ 6. Эры и структурные уровни эволюции	43
§ 7. Эволюция скоростей процессов	48
§ 8. Выбор космологической модели	50
§ 9. Кванты времени и пространства	58
§ 10. Родоначальное поле как совершенный вакуум	65
§ 11. Невозможность дальнего действия и проблема одновременности	67
§ 12. Временной разрез мира	70
§ 13. Геологические формации как индикаторы эволюции	76

Яков Аронович Виньковецкий

Геология и общая теория эволюции природы.

Ведущий редактор Э. М. Бородаевская.

М—26044

Подп. в печать 25/1-71 г.

Изд. № 732.

Формат 60X90 1/32. Печ. л. 5,27 Уд.—изд. 4,0 Тираж 1200 экз.

Цена 38 коп. заказ № 21 *

ПКОП ВСЕГЕИ

371

Цена 38 коп.