

5
П-781

**Проблема
развития**

**в современном
естествознании**





ПРОБЛЕМА
РАЗВИТИЯ

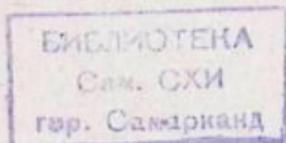
5
П-781

В СОВРЕМЕННОМ
ЕСТЕСТВОЗНАНИИ

СБОРНИК СТАТЕЙ

под редакцией проф. Д. И. Горде-
ева, доц. Р. С. Карпинской, доц.
Е. А. Куражковской, канд. филос.
наук Л. Н. Самойлова

176588



ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
1968

к

*Печатается по постановлению
Редакционно-издательского совета
Московского университета*

Светлой памяти нашего товарища
Константина Андреевича
НОВОСЕЛЬЦЕВА

От редакции

Современное естествознание переживает период крутой ломки, связанной с величайшими открытиями в самых различных его областях. Проникновение в мир атома, в космос, в глубинные недра Земли, исследование структуры живых организмов, их наследственности и изменчивости, моделирование функций и органов человеческого тела, включая его мозг, — эти и многие другие направления научного прогресса приводят к переоценке старых и созданию новых теоретических концепций. Все чаще рождаются совершенно новые области знаний, раскрывающие связи между различными сферами природы, формируется более глубокое понимание связи между природой и обществом.

В новых своих тенденциях естествознание подводит к выра-

ботке общей картины развития природы. Диалектико-материалистическая методология в этих условиях становится рабочим принципом, с помощью которого раскрываются новые стороны и закономерности объективного мира, формируется понимание его материального единства и многокачественности.

В настоящее время принцип развития широко применяется при анализе целого ряда материальных систем как макро-, так и микроуровней. Особое значение он приобретает при рассмотрении естественноисторических систем как этапов развития объективной реальности. По-новому здесь встают проблемы части и целого, структуры и функции, относительного равновесия и изменчивости, круговоротов вещества и энергии, и развития материальных систем, их саморегуляции, информации, направленности изменений и др. Теперь эти проблемы решаются уже не в общем плане, а применительно к конкретному материалу, с учетом специфики различных областей знания.

Данная книга ставит своей задачей сосредоточить внимание на новых проблемах такого рода. При этом учитывается и различие мнений по ряду вопросов (например, о правомерности применения принципов кибернетики к анализу неживой природы, соотношение движения и развития в мире физических явлений, характеристика круговоротов, циклов и относительного равновесия систем и др.).

В книгу вошли работы, посвященные ряду областей знания, которые не получили еще достаточного отражения в философской литературе. К ним прежде всего относятся проблемы космогонии, геологии, химии, биологии, географии и др. В этом смысле сборник не дублирует других изданий. Поскольку книга является результатом труда не только философов, но и естествоиспытателей, не во всех статьях в равной мере выдержан философский аспект проблемы. Но и эти статьи дают большой естественнонаучный материал для философского осмысления проблемы развития.

Структура сборника подчинена идее развития естественноисторических систем в их генетической последовательности. Однако авторский коллектив сборника счел целесообразным нарушить традиционную последовательность расположения материала по темам: начиная от микроструктур физических уровней и кончая биологическими. Это объясняется следующими соображениями. Материальные системы не однопорядковы. Одни из них могут рассматриваться как относительно простые (структуры микро-

уровней), другие как сложные, комплексные. В общем ряду естественноисторических систем, выступающих этапами развития объективной реальности, следует прежде всего выделить системы космического масштаба, например звездные, планетные. К сложным же системам принадлежат геологические, биологические и социальные системы, являющиеся более высокими сравнительно с названными как в генетическом, так и структурном аспектах. Все перечисленные системы представляют собой непрерывный генетический ряд.

Все эти системы имеют сложный характер по составляющим их компонентам и характеру процессов, в них происходящих. Выступая носителями сложных форм движения материи, соответствующих этим системам как целому, они включают в свой фундамент формы движения, соответствующие их компонентам (различные формы физического движения, включая механическое и субатомное, а также химическую форму движения). Комплексные формы движения представляют собой поэтому тот или иной тип взаимодействия фундаментальных форм, которые, в свою очередь, оказываются детерминированными во всех своих изменениях целостностью процесса, происходящего в сложной макросистеме. В сложных формах «простые» оказываются «снятыми». Точно так же, как в более высших сложных формах оказываются «снятыми» предшествующие формы низшего порядка. Последние продолжают сохранять за собой роль условий и среды, в которой осуществляется развитие высших форм.

Авторский коллектив в целом исходит из того, что каждая естественноисторическая материальная система состоит из подсистем различного уровня. В структурном отношении микросистемы образуют фундамент макросистем. С их движением связано развитие последних. Им же принадлежит решающая роль в механизме перехода от одной сложной материальной системы к другой в общем генетическом ряду.

Согласно этим исходным принципам, сборник построен таким образом, что исходными оказываются макроструктуры космического и геологического уровней и соответствующие им формы движения. Далее исследуются микросистемы физического и химического уровней и соответствующие этим системам формы движения материи. Через химические структуры прослеживается переход к живым системам, особенностям их развития. Завершающими выступают макросистемы географического уровня, включающие

в себя все многообразие связей предшествующих этапов развития природы и испытывающих огромное влияние преобразующей деятельности человека.

Данный сборник рассчитан на широкие круги читателей, начиная от тех, кто интересуется философскими проблемами естествознания, и кончая теми, кто разрабатывает его методологию. Он может служить также учебным пособием, дополняющим курсы диалектического и исторического материализма в высших учебных заведениях.

Авторский коллектив с благодарностью примет все замечания и пожелания читателей.

А. Е. ФУРМАН

О СООТНОШЕНИИ ПРОГРЕССА И КРУГОВОРОТОВ В ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ

ВСЕОБЩНОСТЬ ПРОЦЕССА РАЗВИТИЯ. САМОРАЗВИВАЮЩИЕСЯ МАТЕРИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

«Развитие» — одна из основных категорий диалектического материализма. «...Диалектика,— писал Ф. Энгельс,— и есть не более как наука о всеобщих законах движения и развития природы, человеческого общества и мышления»¹. В. И. Ленин писал о диалектике как о самом всестороннем и глубоком учении о развитии². Во всех определениях диалектики основатели марксистско-ленинской философии исходят из того, что развитие является объективным и всеобщим процессом. Именно объективность и всеобщность процесса развития служит основой всеобщности диалектики как метода познания.

В различных трудах классики марксизма-ленинизма давали различные, но взаимодополняющие определения процесса развития. Они его определяли как переход количественных изменений в качественные, как борьбу противоположностей и чаще всего как изменение от простого к сложному, от низшего к высшему.

Эти теоретические положения долгое время принимались философами-марксистами за аксиому и только в последние 10—15 лет стали появляться статьи и монографии, в которых в той или иной форме подвергаются сомнению как всеобщность развития, так и его определения. К этому привела дальнейшая разработка общепhilosophических категорий. Еще не так давно понятия «движение», «изменение» и «развитие» употреблялись как синонимы. Но как только от общего представления о развитии стали переходить к раскрытию его сторон, входящих в него процессов, форм проявления и т. д., пришлось уточнять и сами понятия движения, изменения, развития, прогресса, регресса, круговоротов и т. п. И, как всегда бывает в подобных случаях, за деревьями перестают видеть

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 145.

² См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 26, стр. 53.

лес. За отдельными сторонами, моментами развития стало исчезать общее представление о развитии как изменении от простого к сложному, от низшего к высшему. В результате ряд авторов стали писать о том, что развитие не охватывает всех процессов и что его нельзя определять как изменение от простого к сложному, от низшего к высшему.

К отрицанию всеобщности развития обычно приходят от сопоставления таких понятий, как «движение», «изменение» и «развитие». Движение является всеобщим как атрибут материи. Но не все движущееся в то же время изменяется. Например, многие тела могут перемещаться в пространстве без каких-либо качественных изменений. Понятие развития в этом случае считается еще более узким, чем понятие изменения. Ведь изменение может совершаться и от простого к сложному, и от сложного к простому, развитие же мы определяем именно как изменение от простого к сложному, от низшего к высшему. Естественный вывод из такого рассуждения получается следующий: развитие не является всеобщим.

Иногда авторы дают такие определения развития, которые характеризуют лишь его отдельные стороны или моменты, что также ведет к отрицанию всеобщности развития. Так, В. В. Казютинский предлагает определять развитие как необратимое изменение. «Понятие движения материи, — пишет автор, — включает в себя изменение вообще, количественное и качественное, обратимое и необратимое. Понятие же развития космической материи уже, чем понятие движения — его критерием является лишь необратимое качественное изменение»³. Такой же точки зрения придерживается и М. Н. Руткевич⁴. Однако вряд ли с ней можно согласиться. Давно стало азбучной истиной теоретическое положение о том, что развитие включает в себя не только необратимые, но и обратимые изменения как нераздельные стороны, моменты. Поэтому развитие можно рассматривать как необратимое изменение лишь при том условии, когда мы отметим, что необратимость лишь общая тенденция развития, не исключающая, а, наоборот, предполагающая и обратимые изменения.

М. Н. Руткевич в статье «Развитие, прогресс и законы диалектики» критикует всех философов, определяющих развитие как изменение от простого к сложному, от низшего к высшему. Он обвиняет их в отождествлении понятий развития и прогресса⁵. Но такое обвинение лишено всяких оснований. А. Спиркин, В. Афанасьев и другие авторы указывают лишь на то, что прогресс есть общее направление развития, и нигде не говорят о том, что прогресс и развитие одно и то же. Характеризуясь общим прогрессивным направлением, развитие включает в себя и регрессивные

³ В. В. Казютинский. О направленности развития космических объектов. «Философские науки», 1961, № 4, стр. 92.

⁴ См. М. Н. Руткевич. Развитие, прогресс и законы диалектики. «Вопросы философии», 1965, № 8, стр. 26.

⁵ «Вопросы философии», 1965, № 8, стр. 26.

изменения, и круговороты. А это значит, что развитие, как справедливо пишет С. Мелюхин, есть «интегральное, закономерное и самопроизвольное изменение качественного состояния системы как единого целого»⁶. Ошибка М. Н. Руткевича заключается в том, что для выяснения соотношения между категориями «развитие», «прогресс», «регресс», «круговороты» он рассматривает не конкретные саморазвивающиеся материальные системы, а всю совокупность окружающих явлений⁷. При таком подходе действительно трудно уяснить суть дела.

Вопрос о всеобщности развития иногда ставится и в несколько ином плане, а именно: можно ли говорить о развитии Вселенной в целом? В. В. Казютинский насчитывает три различных решения этого вопроса: а) ко Вселенной в целом категория развития неприменима; б) состояние Вселенной в целом «стационарно», в ней нет возникновения и уничтожения, а есть только преобразования; в) развитие в целом сводится к процессу необратимого развития. На наш взгляд, во всех этих решениях содержится доля истины. Категория развития неприменима ко Вселенной в целом только в том смысле, в каком мы применяем ее к отдельным конечным материальным системам. Нельзя сказать, что Вселенная возникает, развивается и исчезает. Но если Вселенная состоит лишь из саморазвивающихся материальных систем, то применимость категории «развитие» к этим системам означает в известном смысле и применимость ее ко всей Вселенной. «Стационарность» Вселенной можно понимать как сохранение материи. Возникновение и развитие материальных систем всегда характеризуется определенным направлением. Движение же материи вообще не имеет направления. Наконец, хотя развитие и не сводится к необратимым изменениям, состояния материальных систем и их взаимоотношения никогда полностью не повторяются.

Понятие «материя» представляет собой единство противоположностей. Материя есть все то, что, действуя на наши органы чувств, вызывает ощущения. Материя есть объективная реальность, данная нам в ощущении. Короче говоря, материя есть все окружающие нас и существующие вне нас материальные системы. Но в то же время материя есть нечто противоположное этим системам. Они конечны, ограничены — она бесконечна, безгранична. Они возникают и исчезают — материя же вечно одна и та же. Противоречивой является и категория «движение». Этой категорией мы обозначаем лишь общее состояние материальных систем. Движение есть изменение вообще, а не определенное изменение. Обычно движение рассматривают исключительно как абсолютное, покой, устойчивость как относительное⁸. В действительности же движе-

⁶ Сб. «Философские вопросы современного учения о движении в природе». Изд-во ЛГУ, 1962, стр. 175.

⁷ «Некоторые категории диалектики». М., Росвузиздат, 1963, стр. 11.

⁸ См. А. П. Шептулин. Основные законы диалектики. М., «Наука», 1966, стр. 3.

ние и абсолютно и относительно. Покой, устойчивость также являются и абсолютным и относительным. Покой является абсолютным в том смысле, что материю нельзя ни создать, ни уничтожить, она вечно одна и та же. Относительным он является в том смысле, что всегда выступает как покой определенных конкретных систем.

Таким образом, понятия материи и движения являются наиболее абстрактными. В этих понятиях мы отвлекаемся от всех конкретных особенностей материальных систем и их движения. Именно поэтому мы и говорим о движении материи, о движении как атрибуте материи. Такие же понятия, как «развитие», «круговороты», «прогресс», «регресс», применимы лишь к материальным системам. Но так как применимы они ко всем без исключения системам, то они также обладают всеобщностью. Не существует таких систем, которые одновременно не участвовали бы в каком-то перемещении, не изменялись бы, не составляли бы момент какого-то развития.

Что же такое материальная система? «Системой, — пишет С. Т. Мелюхин, — является целостная совокупность элементов, в которой все элементы настолько тесно связаны между собой, что она выступает по отношению к окружающим условиям и другим системам как нечто единое. Во всякой системе связь между ее составными элементами должна быть гораздо более прочной и устойчивой, чем связь каждого из элементов с частями других систем. Соблюдение этого условия отличает действительную систему от простого конгломерата элементов»⁹. Первая часть этого определения, на наш взгляд, является бесспорной. Что касается второй части, то она справедлива лишь для самостоятельных систем. Но ведь существуют и подчиненные системы. Какая, например, связь более прочна: между отдельными элементами нервной системы или между элементами нервной системы и элементами организма как системы? Или, может быть, нервную систему мы можем называть системой? На наш взгляд, всякая совокупность элементов, связанных каким-либо движением или функциями, представляет систему. Системами являются и конгломераты.

В естественных науках системы обычно подразделяют на изолированные, не осуществляющие никакого обмена с другими системами, закрытые, осуществляющие обмен лишь энергией (например, передающие тепло), открытые, т. е. обменивающиеся с другими системами и веществом и энергией¹⁰. Такое деление систем, несомненно, весьма относительно. Ведь по существу все системы являются открытыми, поскольку все в мире связано. Особо, конечно, ставится вопрос о Вселенной как системе. Она — система бесконечная, и уже по одной этой причине ей нельзя при-

⁹ С. Т. Мелюхин. Взаимоотношение движения и развития в неорганической природе. Сб. «Философские вопросы современного учения о движении в природе», стр. 175.

¹⁰ См. А. Г. Пасынский. Биофизическая химия. М., «Высшая школа», 1963, стр. 79.

писывать те черты, которые свойственны конечным, ограниченным в пространстве и времени системам.

Однако эта классификация систем не может быть прямо и непосредственно перенесена в философию. Для решения философских проблем требуется иной подход к составлению классификации систем. Все конечные материальные системы группируются прежде всего в **саморазвивающиеся** системы. Эти системы, конечно, являются открытыми. Однако их первой особенностью является то, что не внешние силы, а внутреннее взаимодействие элементов определяет качественное изменение системы, ее переход от простого к сложному, от низшего к высшему. Второй особенностью саморазвивающихся материальных систем является то, что они охватывают собой так или иначе все другие системы, определяют их изменения, причем не только прогрессивные, но и регрессивные. А это значит, что все системы так или иначе включены в процесс развития, однако одни из них развиваются самостоятельно, а другие — в зависимости от саморазвивающихся систем. При этом последние могут входить в состав саморазвивающихся систем, а могут и выступать в качестве их продукта, зародыша и т. д. Следовательно, условием научного анализа является требование — всякие системы рассматривать лишь в связи с саморазвивающимися системами. Нельзя решить вопросов о характере всеобщности развития, о соотношении развития и прогресса, прогресса и круговоротов в развитии и т. д., если опираться не на анализ саморазвивающихся материальных систем, а на любые явления и процессы вообще, на всю окружающую природу, как это обычно делают.

Развитие является всеобщим процессом прежде всего потому, что всеобщими являются саморазвивающиеся системы, т. е. они охватывают все явления и процессы в мире. Современный уровень наших знаний свидетельствует о том, что мы в конечном счете имеем дело именно с такого рода системами: человеческое общество, органический мир, земная кора, планеты и звезды, планетные и звездные системы аналогичные солнечной, галактики. Вопрос о том, является ли метagalaktika саморазвивающейся системой или же она представляет совокупность саморазвивающихся систем, а сама таковой не является, пока остается открытым.

Кроме известных нам саморазвивающихся систем различают также межсистемную среду — газопопылевое вещество. Это межсистемное (внутригалактическое или межгалактическое) вещество также не является веществом, лишенным развития. Как часть звездной системы или галактики или даже метagalaktiki оно развивается вместе со всей системой. Оно в то же время является продуктом развития окружающих его систем, т. е. выбрасывается в результате взрывов звезд или рассеивается саморазвивающимися системами вроде солнечной в мировом пространстве постепенно. Это вещество также представляет своеобразную систему и может рассматриваться как исходный пункт формирования саморазви-

вающихся систем. При сгущении его до известного объема, примерно до 0,05 массы Солнца, начинается процесс саморазвития. В недрах этой газовой-пылевой системы в силу огромного давления, вызванного гравитационными, а затем и электромагнитными силами, начинаются внутриатомные, а в дальнейшем и термоядерные реакции. Естественно, в познании этих процессов остается еще много неясного. В общих чертах картина развития от газовой-пылевой системы до белого карлика рисуется примерно следующим образом. «Звезды, — пишет Д. Я. Мартынов, — рождаются из межзвездного газа и пыли, из плотных сгущений в них; пока идет процесс уплотнения, будущая звезда разогревается за счет сил тяготения, затем в ее центре образуются условия, благоприятные для начала термоядерных процессов. Родившаяся звезда разогревается и далее. В зависимости от всей первоначальной массы она испытывает сложный путь развития и превращений из одной формы в другую. Этот путь длится многие миллиарды лет и сопровождается выбросом материи в окружающую среду. В отдельных случаях выброс может быть катастрофическим, во всех других он затрагивает лишь периферические области звезд. Звезда доходит до весьма уплотненного состояния (белого карлика), в котором может пребывать очень долго, так как расходует на свое существование в качестве звезды, т. е. на излучение, ничтожное количество энергии. Из выброшенной звездной материи путем конденсации образуются молодые звезды, но уже с иным химическим составом»¹¹.

Итак, развитие носит всеобщий характер еще и потому, что всеобщими являются его источники. Другими словами, источники всяких наблюдаемых нами изменений являются источниками развития. Самодвижение материи означает по существу не что иное, как саморазвитие материальных систем.

Если мы теперь применительно к саморазвивающимся системам рассмотрим соотношение понятий «развитие», «изменение», «перемещение», т. е. движение в узком смысле слова, то придем к следующему выводу. И развитие, и изменение, и перемещение являются в равной мере всеобщими процессами. Подобный вывод метафизикам, конечно, покажется абсурдным. С их точки зрения нельзя, например, утверждать одновременно, что всеобщий характер носит не только восходящее развитие, но и нисходящее, и хуже того, при всем этом определять развитие именно как восходящее. Но, увы, природа всех категорий, которые мы рассматриваем как всеобщие, именно такова. Например, мы считаем, что категория «качество» носит всеобщий характер, т. е. все обладает качеством. Но ведь кроме качества существует еще количество. И даже такая всеобщая категория, как «материя», в своей всеобщности противоречива. Все существующее есть материя и в то же время не все,

¹¹ Д. Я. Мартынов. Проблема развития в современной астрофизике. «Философские науки», 1963, № 2, стр. 60.

ибо кроме материи есть сознание, пространство, время. Материю никак нельзя отождествлять с ее продуктами, свойствами и т. д. Вся суть дела во взаимосвязи всеобщих категорий, в определении ведущей стороны и т. д. Если же подходить с точки зрения выяснения взаимосвязи между категориями, то окажется, что именно развитие является таким процессом, который включает в себя процессы изменения и перемещения. Последние являются необходимыми сторонами, моментами процесса развития. Никакое развитие невозможно без перемещения, скажем, элементов системы. В то же время и перемещение получает свои источники только в процессе развития. Независимо от процессов саморазвития немислимо и перемещение. В то же время и процессы изменения имеют своим источником источники процесса развития и вне развития немислимы. Они составляют существенный момент всякого развития. Так, развитие солнечной системы немислимо без перемещения планет вокруг Солнца, без перемещения частиц или больших масс на каждом из небесных тел. В то же время и сами процессы перемещения планет вокруг Солнца и всякого рода другие перемещения являются в конечном счете результатом развития солнечной системы. Таким образом, хотя перемещение и не исчерпывает собой понятия развития, но оно и немислимо вне развития, есть его сторона. Точно так же и понятие изменения, хотя оно по своему смысловому значению кажется более широким, чем понятие развития, может мыслиться лишь в каком-то процессе развития, как составной момент этого развития и как его результат.

РАЗВИТИЕ И ПРОГРЕСС. ПРОГРЕСС И ВОЗРАСТАНИЕ ЭНТРОПИИ

Несмотря на то что понятия «прогресс» и «развитие» нередко определяются одинаково, как изменение от простого к сложному, от низшего к высшему, они не тождественны. И это ярко обнаруживается именно в саморазвивающихся материальных системах. Прогресс есть направление развития системы как целого. Саморазвивающаяся система в целом изменяется от простого к сложному, от низшего к высшему, и это мы называем ее прогрессом. Следовательно, прогресс — черта развития, а не все развитие. Нигде и никогда прогресс не выступает как в полной мере тождественный процессу развития. Не совпадают они и применительно к обществу, как иногда утверждают¹². Из признания прогрессивного характера развития материальной системы в целом не вытекает, что все ее элементы, кроме участия в этом общем изменении, не могут обладать и своими специфическими направлениями изменений. Именно для осуществления общего прогресса они могут изменяться в самых различных направлениях: прогрессивном,

¹² См. Л. Н. Коган, Е. Ф. Молевич. Прогресс и регресс. Сб. «Некоторые категории диалектики». М., Росвузиздат, 1963, стр. 94.

«нейтрально» к прогрессу и т. д. Значит, для подсистем, выступающих в качестве элементов системы, главным направлением могут быть и регресс и другие направления. Кроме того, если прогресс есть общее направление в развитии всей системы, то ведущим направлением на отдельных ступенях этого развития бывает и регресс, особенно в тех случаях, когда данная система сменяется другой, более прогрессивной. Например, в общем прогрессивном развитии органического мира можно обнаружить и деградацию отдельных форм, и вымирание отдельных видов и т. п. В живой природе сохраняются и такие формы, которые хотя и изменялись, но их изменения нельзя определить ни как более простые, ни как более сложные. Они нередко связаны либо с переходом от одних климатических условий к другим, либо с изменением характера пищи и т. п. Таким образом, прогресс нельзя рассматривать как суммарное общее системы, а лишь как направление ее как целого. Общее прогрессивное изменение неотделимо и от регрессивных изменений. Во всех саморазвивающихся системах можно обнаружить регресс, который неизбежно порождается их общим прогрессивным развитием. Например, в общественной саморазвивающейся системе орудия производства, машины претерпевают регрессивные изменения и выходят из строя не только по причине материального износа и потери способности выполнять свои функции, но и потому, что появляются более совершенные и прогрессивные орудия.

Можно, конечно, рассматривать элементы и сами по себе, абстрагируясь от системы в целом. К этому нередко принуждает сложившаяся в науке дифференциация отраслей. В частности, науки о неживой природе вместо целостных систем изучают их отдельные стороны, этапы и т. д., не существующие сами по себе. В результате получается ряд прогрессивно изменяющихся элементов, ряд — изменяющихся регрессивно, ряд — изменяющихся «нейтрально» по отношению к прогрессу и регрессу и т. д. Но при всем этом важно не забывать, что система, например солнечная, изменяется в прогрессивном направлении. Забвение о целом представляет собой существенную ошибку в процессе познания. Такого рода ошибки, к сожалению, еще встречаются в некоторых работах. Так, в ряде работ, посвященных прогрессу в развитии органического мира, обычно упускают общий прогрессивный характер этого развития и все дело сводят к сумме отдельных магистралей¹³. Одна магистраль представляет прогресс, другая — регресс, третья — среднее между прогрессом и регрессом направление и т. д. Об общем же прогрессивном развитии органического мира — ни слова. При такой трактовке анализ намного упрощается, однако истина не выясняется.

¹³ См. К. М. Завадский. К пониманию прогресса в органической природе. Сб. «Проблемы развития в природе и обществе». М.—Л., Изд-во АН СССР, 1958.

Каждое изменение можно и необходимо рассматривать по крайней мере с трех сторон: а) по отношению к своему предшествующему состоянию; б) по отношению к другим параллельно изменяющимся формам; в) по отношению к органическому миру как целому. По отношению к предшествующему состоянию то или иное изменение может оказаться регрессом и в то же время по отношению к органическому миру как целому оно будет прогрессом, а по отношению к другим аналогично изменяющимся формам нейтральным. Например, появление паразитических форм в живой природе обычно определяется как регресс. Но такая их характеристика правильна лишь по отношению к исходным формам. Если же взять органический мир как целое, то появление этих форм будет выражением общего прогресса: органических форм стало больше, усложнились отношения между организмами, освоены новые микроусловия. По отношению к другим возникающим регрессивным формам эти изменения будут нейтральными. Иногда, между прочим, высказывается предположение, что те или иные изменения нужно приравнять и к изменениям, возникшим в более позднее время. Например, некоторые авторы считают, что прогрессивным в живой природе нужно считать такое изменение, которое приближает организмы к высшей форме движения материи, к социальной. Однако при такой постановке вопроса напрашивается мысль о внутренней цели в развитии органического мира и научный подход заменяется телеологическим. Между тем никакой внутренней цели в развитии живой природы не существует.

Понять всю сложность каждого конкретного изменения можно лишь в рамках саморазвивающихся материальных систем. Поэтому науки, которые изучают лишь какие-то стороны этих систем, например механическое движение, не могут принять и идею прогресса и даже идею развития. Вычленив механическое или квантовомеханическое движение из саморазвивающихся материальных систем, они тем самым вычленили его и из процесса развития. Поэтому не случайно, что для отдельных наук о неживой природе более близким и понятным оказывается возрастание энтропии, чем прогресс, и они приходят к выводам о неизбежности смерти Вселенной и т. п. После предсказания неизбежности гибели жизни на Земле Н. Винер призывает человечество мужественно встретить свой конец и следующим образом отзывается об идее прогресса. «Мы найдем в себе, — пишет он, — мужество, не дрогнув, встретить гибель нашей цивилизации, как мы находим мужество без страха смотреть в лицо несомненному факту нашей личной гибели. Простая вера в прогресс является убеждением не силы, а покорности и, следовательно, слабости»¹⁴.

Вывод о неизбежности тепловой смерти Вселенной делают, опираясь на следующие теоретические соображения. В изолированных системах энтропия возрастает, пока не наступит термо-

¹⁴ Н. Винер. Кибнетика и общество. М., ИЛ, 1958, стр. 58.

динамическое равновесие. Вселенную рассматривают как изолированную систему, поскольку она не взаимодействует с другими системами. Она — единственная система, никаких других систем не существует. Поэтому во Вселенной рано или поздно должно наступить термодинамическое равновесие, т. е. тепловая смерть. Чтобы опровергнуть этот неправильный вывод, некоторые авторы прибегают к попытке доказать, что Вселенная является не изолированной, а открытой совокупностью систем. На наш взгляд, ошибка заключается не в этом. Вселенную нельзя называть ни изолированной, ни открытой системой. Ведь и то и другое определение предполагает существование других систем, от которых она изолирована или с которыми взаимодействует. Но таковых систем не существует, поскольку Вселенная бесконечна. Ошибка, следовательно, заключается в том, что выводы, в той или иной степени справедливые для конечных, ограниченных систем, не могут быть просто перенесены на бесконечную Вселенную.

Вопрос о взаимосвязи возрастания энтропии и прогресса опять-таки может быть правильно понят только в связи с саморазвивающимися материальными системами. Возрастание энтропии, оказывается, везде и всегда тесно связано с прогрессивным развитием саморазвивающихся материальных систем.

Отметим прежде всего, что прогресс и возрастание энтропии не противоречат закону сохранения энергии. Они означают не создание или уничтожение энергии, а ее концентрацию и рассеивание. Они не противоречат и процессу развития, а являются, как уже было отмечено, его взаимодополняющими и взаимопредполагающими друг друга сторонами. Если бы не было рассеивания энергии, превращения ее из сложных форм в простые, то невозможен был бы и обратный процесс. Возрастание энтропии является таким же всеобщим процессом, как и ее концентрация и прогрессивные изменения. И все дело во взаимоотношении этих процессов. Если общим направлением саморазвивающихся материальных систем является прогресс, накопление энергии не только в количественном, но и в качественном отношении, т. е. переход к более высоким и сложным ее формам, то общим направлением ряда зависимых и подчиненных систем является возрастание энтропии, установление равновесия. В частности, для рассматривавшихся уже нами систем газово-пылевого вещества до тех пор, пока они не превращаются в саморазвивающиеся системы, общим направлением изменения является возрастание энтропии. Правда, считать эти системы абсолютно изолированными у нас нет никаких оснований. Их зависимость от других систем выражается не только в увеличении массы за счет этих систем, но и в том, что они постоянно подвергаются воздействию мощных излучений, создающих неравновесное состояние внутри системы.

Односторонним, на наш взгляд, является и вывод о том, что в целом (в саморазвивающихся системах) ведущим процессом является возрастание энтропии, а не концентрация и накопление

энергии, т. е. прогресс. «В мире, — писал Н. Винер, — где энтропия в целом стремится к возрастанию, существуют местные и временные островки уменьшающейся энтропии, а наличие этих островков дает возможность некоторым из нас доказывать наличие прогресса»¹⁵.

Если звезды, планеты, звездные и планетные системы, галактики и т. д. островки, то что тогда не островки? Межгалактическое вещество? Но ведь сама эта межгалактическая среда как система является продуктом, порождением и последующей основой прогрессивного развития космических тел.

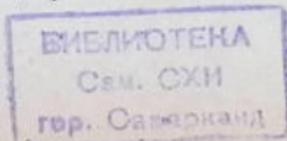
Беда, видимо, заключается в том, что философское учение о саморазвитии многим узким специалистам-физикам кажется слишком общим и абстрактным, чтобы исходить из него в своих конкретных исследованиях. Между тем теоретическое положение о неизбежном постоянном возрастании энтропии во Вселенной является само по себе куда более абстрактным и общим, чем учение о прогрессивном характере процессов развития. Абстрактность его связана с тем, что свойства относительно изолированных систем абсолютизируют и изображают в виде единственного направления совершающихся изменений. Физика, в частности, имеет дело не с саморазвивающимися, а с зависимыми системами, всегда включенными в саморазвивающиеся системы. Если же их брать сами по себе, то направляющей тенденцией в их развитии является возрастание энтропии, а не прогрессивная концентрация и преобразование энергии. Эту особенность зависимых систем отмечал еще Ф. Энгельс, характеризуя взаимоотношение движения и покоя. «На Земле движение, — писал Энгельс, — дифференцировалось в виде смены движения и равновесия: отдельное движение стремится к равновесию, а совокупное движение снова уничтожает отдельное равновесие. Скала пришла в состояние покоя, но процесс выветривания, работа морского прибоя, действие рек, глетчеров непрерывно уничтожают равновесие. Испарение и дождь, ветер, теплота, электрические и магнитные явления дают нам ту же самую картину»¹⁶.

Лишь строго определенная совокупность взаимодействующих элементов дает нам саморазвивающуюся систему, в которой только и возможно прогрессивное саморазвитие. Любой же из взаимодействующих элементов сам по себе не может создавать условия саморазвития и вне саморазвивающейся системы рассеивает запасы своей энергии. Отдельные органы могут развиваться лишь в организме или при сохранении всех тех условий, которые в организме направляют его развитие. Отдельный организм может развиваться лишь в органическом мире как системе. Вне этой системы он погибает, теряя запасы накопленной им энергии.

Возрастание энтропии и общее прогрессивное развитие взаимосвязаны не только в каждом отдельном элементе, но и во всей

¹⁵ Н. Винер. Кибернетика и общество, стр. 49.

¹⁶ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 561—562.



саморазвивающейся системе. Например, в солнечной системе одновременно с концентрацией и усложнением видов энергии идет ее рассеивание в мировое пространство.

Таким образом, процесс развития материальных систем порождает постоянный круговорот вещества и энергии, причем этот круговорот не может происходить сам по себе, а лишь благодаря развитию, в силу его внутренних источников.

МЕСТО КРУГОВОРОТОВ В ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ

При решении этого вопроса некоторые авторы избегают самого термина «круговорот», будто бы само название круговоротом какого-то процесса уже означает уступку метафизике. Вместо понятия «круговорот» нередко вводят другое понятие — «цикличность». На наш взгляд, не существенно, каким именно словом мы будем пользоваться. Важно, как мы понимаем сам процесс, обозначаемый понятием «круговорот». Как увидим дальше, Энгельс неоднократно применял термин «круговорот», чтобы обозначить именно диалектический характер процессов, совершающихся в природе. Ошибкой теории круговоротов, развиваемой, в частности, Вико и другими социологами, является не признание наличия круговоротов в обществе, а отрыв круговоротов от процессов развития, выдвигание их на первый план. Самое главное, чем отличается диалектическое понимание круговоротов от метафизического, заключается в признании того, что никакие круговороты не существуют вне процесса развития и никогда не бывают абсолютным возвратом к исходному пункту. Но что же такое круговорот?

Если прогресс есть изменение от простого к сложному, от низшего к высшему, то круговорот — это связанное в единую цепь движение и от простого к сложному, и от сложного к простому. Единство возникновения и уничтожения одной и той же материальной системы и будет круговоротом. Возникновение и уничтожение — две стороны, два момента круговорота. Любая конечная система возникает и исчезает, следовательно, во-первых, она обязательно включена в какой-то круговорот и, во-вторых, она обязательно включает в себя круговороты подсистем, элементов. Круговороты, таким образом, так же всеобщы, как и процессы возникновения и уничтожения.

Энгельс следующим образом характеризовал всеобщность процессов возникновения и уничтожения: «Для диалектической философии нет ничего раз навсегда установленного, безусловного, святого. На всем и во всем видит она печать неизбежного падения, и ничто не может устоять перед ней, кроме непрерывного процесса возникновения и уничтожения, бесконечного восхождения от низшего к высшему. Она сама является лишь простым отражением этого процесса в мыслящем мозгу»¹⁷. В другом произведении Энгельс эту мысль формулирует следующим образом:

¹⁷ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 21, стр. 276.

«...вся природа, начиная от мельчайших частиц ее до величайших тел, начиная от песчинок и кончая солнцами, начиная от протистов и кончая человеком, находится в вечном возникновении и исчезновении, в непрерывном течении, в неустанном движении и изменении»¹⁸.

Диалектика заключается не в том, как думают Л. Н. Коган и Е. Ф. Молевич¹⁹, чтобы показать, какие изменения прогрессивны, какие регрессивны, какие «нейтральны» или, говоря иначе, представляют собой круговороты, а в том, во-первых, чтобы понять эти категории как всеобщие, и, во-вторых, в том, чтобы понять их действительное соотношение в конкретных процессах развития, т. е. показать их закономерные связи. Иначе говоря, с этими категориями нужно поступить так же, как и со всеми остальными. Например, мы не ограничиваемся тем, что одни изменения рассматриваем как случайные, другие — как необходимые, а идем дальше, показываем, что и случайность и необходимость являются всеобщими и неразрывно связанными категориями, и выясняем их соотношение применительно к конкретным системам.

Саморазвитие материальных систем немислимо без постоянных круговоротов так же, как и без общего прогресса. Вообще саморазвитие начинается там, где устанавливается круговорот элементов. Очень хорошо это показано К. Марксом в «Капитале» на примере развития капиталистического производства. Общественное развитие немислимо без постоянного производства условий своего развития, причем не только внутренних условий: людей, орудий труда, но и внешних: предметов труда. Всякая саморазвивающаяся система ограничена. Вначале саморазвитие совершается за счет тех условий, которые ей остались от предшествующей системы, в данном случае предметов природы. Однако процесс развития идет ускоренно и он рано или поздно не ограничивается использованием существующих условий. Возникает необходимость в воспроизведении этих условий. Следовательно, исходные условия по мере формирования системы должны превращаться в элементы круговорота. Человеческое общество чем дальше, тем больше стоит перед необходимостью воспроизводить и природные условия своего развития. Следовательно, круговорот условий — существенная сторона процесса развития.

В природных системах мы имеем дело с постоянными круговоротами веществ и энергии. Выше уже шла речь о рассеивании и концентрации энергии и веществ, без которых немислимо развитие космических объектов.

Развитие земной поверхности, называемое геологической формой движения, также немислимо без круговоротов. Оно включает в себя прежде всего круговорот химических соединений. Если бы осуществлялся только синтез химических веществ, то развитие на

¹⁸ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 354.

¹⁹ См. Л. Н. Коган и Е. Ф. Молевич. Прогресс и регресс. Сб. «Некоторые категории диалектики», стр. 93.

земной поверхности давно бы исчерпалось и прекратилось. Но вместе с синтезом происходит и их распад, разрушение. Больше того, синтез одних веществ, как правило, происходит одновременно с распадом, разрушением других соединений. И в целом на земной поверхности также происходит воспроизведение условий развития.

Важную роль в развитии земной поверхности играет и круговорот воды: испарение, перенос водяных паров воздушными потоками, образование облаков и выпадение осадков, поверхностный и подземный сток вод суши в океан. Без этого круговорота невозможны не только многие геологические процессы, но и существование жизни.

Итак, круговороты в природе и обществе не отдельные случаи, а постоянное и необходимое явление. Они всегда имели и будут иметь место. В науках о живой природе более или менее хорошо изучены большой геологический и малый биологический круговороты.

Большой геологический круговорот заключается в следующем. Вода, выпадающая в виде осадков на поверхность суши, пропитывает кору выветривания, растворяет все, что растворяется, и уносит в реки, моря и океаны. Какая-то часть из унесенных минеральных и органических элементов пищи усваивается водными растениями и животными. Различными путями некоторая незначительная часть вещества возвращается в сушу. Однако преобладающее количество элементов пищи растений остается в океане в виде отмерших организмов и их отбросов. Из них образуются осадочные горные породы. Проходят геологические эпохи, и эти породы становятся сушей, которая затем опять разрушается.

Малый биологический круговорот — это синтез и разрушение органического вещества. Он представляет собой лишь одно из звеньев большого геологического круговорота.

Всякий круговорот, в том числе и биологический, имеет и восходящую и нисходящую линии. Восходящая линия биологического круговорота — это накопление химической энергии органических соединений. Последнее может совершаться только за счет фотосинтеза. В подавляющем большинстве накопление энергии органических соединений совершается за счет улавливания и накопления растениями излучения Солнца. Дальнейшее же преобразование органических соединений, которое может осуществляться в теле организмов, идет за счет химической энергии образовавшихся высокомолекулярных веществ.

Нисходящая линия биологического круговорота — разрушение органического вещества. Последнее отчасти разлагается в отдельном организме, отчасти в целой цепи организмов, связанных характером питания. Высвобождающаяся в результате разложения органических веществ энергия идет на осуществление жизненных процессов: дыхания, воспроизведения, размножения, отражения, движения, роста, регулирования температуры тела и т. п. В ряде

случаев может происходить полная минерализация органических веществ. Они превращаются в углекислоту, молекулярный азот, азотную кислоту, серную кислоту, воду и т. д. Эти вещества уже не годятся как источник энергии, но они могут быть в дальнейшем использованы в качестве строительного материала.

В биологическом круговороте участвует ряд химических элементов: калий, кальций, фосфор, азот, углерод и др. Каждый из них занимает в нем особое место. Рассмотрим один из важнейших для живых организмов элемент — углерод. По Вернадскому, круговорот углерода состоит из жизненного и геохимического циклов. Первичный, т. е. жизненный, цикл сводится к обмену углеродом между организмом и окружающей его средой. Вторичный, т. е. геохимический, цикл включает в себя всю совокупность превращений углерода в биосфере и литосфере. Если первый цикл протекает активно, быстро, то второй требует для своего завершения довольно длительного геологического времени. В тропосфере и гидросфере углерод находится в составе углекислоты, в организмах в составе миллионов разнообразнейших соединений. В литосфере углерод входит в состав углекислого кальция CaCO_3 , который образует толщи известняков, а также входит в состав других горных пород.

Не весь углерод, извлеченный организмами из окружающей среды, участвует в активном жизненном цикле. Основная его масса выходит из первичного цикла и консервируется в известняках и других веществах.

Основным источником углеродистого питания является углекислота воздуха и углекислота, растворенная в воде. В малом биологическом круговороте нет полной обратимости углекислоты. При разложении органических веществ в окружающую среду возвращается лишь часть углекислоты. Другая часть переходит от организма к организмам. Третья часть входит в углекислый кальций скелетов, панцирей, раковин и т. д. Требуется большое геологическое время для завершения круговорота этой части углекислоты. Но это завершение все же возможно. Остатки морских животных опускаются на дно, уплотняются и постепенно превращаются в пласты известняков. Если же они опускаются достаточно глубоко и приходят в соприкосновение с расплавленными породами, то состав их изменяется. Освобождается углекислота посредством вулканических извержений и благодаря им обратно оказывается в воздухе атмосферы.

Углекислота может поступать из подземных газовых струй, из вод минеральных источников и т. д. Останки же наземных животных, попадающие в анаэробные условия, могут превращаться в торф, перегной, а затем в каменный уголь, нефть, и также со временем, при сгорании возвращают углекислоту в воздух. При этом большую роль играет деятельность человека, сжигание им огромного количества торфа, каменного угля и нефти. Таков примерно круговорот углерода.

Можно было бы проследить также круговороты азота и других элементов, входящих в состав живого тела. Без них было бы невозможно развитие жизни на Земле. Если бы, например, приостановился возврат углекислоты в воздух, то прекратилась бы жизнь растений, ведь углекислота не поступает на Землю из бесконечной Вселенной. Вообще если бы живое вещество не разрушалось и не превращалось в неживое, то на Земле жизнь давно бы прекратилась.

Жизнь осуществляется за счет круговоротов. Но сами круги, посредством которых осуществляется общий прогресс, становятся все шире и шире, захватывая вещество и энергию окружающих систем. Если в настоящее время круговорот жизни в солнечной системе ограничен земными условиями (вопрос о жизни на Марсе до сих пор не вышел за пределы предположений), то со временем он распространится во всей солнечной системе.

Виды круговоротов бывают разные. «Возникшие в ходе развития формы материи, — пишет С. Т. Мелюхин, — впоследствии распадают на свои составные элементы, которые затем в другом месте и в другое время снова включаются в новые циклы развития»²⁰. Эта форма круговоротов встречается очень часто в развитии материальных систем. Другой формой круговоротов, весьма важной для понимания сущности саморазвивающихся материальных систем, является круговорот в пределах одной и той же системы, когда продукты распада элементов системы после ряда преобразований опять включаются в тот же процесс развития. Например, в живой природе остатки отмерших растений разрушаются микроорганизмами, а затем опять ассимилируются растениями. Существенную роль в этом круговороте играет почва с присущей ей микрофлорой. В случае этой второй формы круговорота развитие приобретает тенденцию протекать безгранично. Органический мир в целом и даже отдельный вид или их совокупность приобретают тенденцию к безграничному развитию именно благодаря гибели и разрушению отдельных индивидов. Если бы все живое сохранилось, то развитие давно бы прекратилось или вообще было бы невозможно. Однако, чтобы распад элементов служил условием развития всей системы, он, видимо, не должен быть одновременным и полным. Развитие есть в то же время сохранение развивающегося.

Взаимосвязь круговорота и прогресса в развитии позволяет нам несколько в ином аспекте рассмотреть и соотношение прогресса и регресса. Ведь всякий круговорот есть единство прогрессивного и регрессивного движения. Но так как круговорот есть лишь обязательный момент, условие развития, то прогресс всегда есть прежде всего прогресс саморазвивающейся системы как целого, а регресс есть регресс частных, отдельных элементов и т. д.

²⁰ С. Т. Мелюхин. О диалектике развития неорганической природы. М., Госполитиздат, 1960, стр. 16.

Например, гибель отдельных организмов или вымирание видов как регресс всегда относится именно к этим индивидам или видам. И даже отмирание данной системы есть сохранение чего-то для более общего прогресса, а отмирание того, что касается именно данной системы.

Все это свидетельствует о том, во-первых, что развитие не сводится к регрессу, а включает в себя и круговороты, и, во-вторых, о том, что взаимоотношение прогресса и круговоротов в развитии носит не случайный, а закономерный характер. Поэтому определение развития через прогресс не исчерпывает его понятия, а отмечает лишь его существенный признак.

Взаимосвязь прогресса и круговоротов в саморазвивающихся материальных системах выражается законом *отрицания отрицания*. Закон отрицания отрицания есть существенное, повторяющееся, необходимое отношение между такими сторонами саморазвивающихся материальных систем, как общий прогресс и круговороты, т. е. процессы возникновения и уничтожения, взятые в их единстве. *Общий прогресс в саморазвивающейся материальной системе может осуществляться лишь посредством постоянных круговоротов*. В то же время и круговороты каждый раз осуществляются на все более высокой основе.

Взаимосвязь общего прогресса и круговоротов в саморазвивающихся материальных системах определяет важные черты процесса развития. Так как круговорот в процессе развития подчиняется общему прогрессивному направлению в изменении всей системы, то естественно, что его завершение не может быть полным возвратом к старому, а является лишь как бы повторением. Другими словами, круговорот, подчиненный общему прогрессу, не может быть чистым круговоротом, а существует лишь в виде спирали: круги завершаются на все более и более высокой степени.

Б. Ю. ЛЕВИН

РАЗВИТИЕ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

Астрономия при изучении развития исследуемых ею объектов находится в наиболее трудном положении по сравнению с другими науками: процессы формирования и развития большинства космических тел и их систем протекают чрезвычайно медленно и занимают миллионы и миллиарды лет. Поэтому обычно не удается проследить изменения какого-либо одного космического объекта. При изучении звезд и гигантских звездных систем — галактик это затруднение смягчается тем, что можно опереться на наблюдения многих сходных объектов, возникших в разное время и находящихся на разных стадиях развития. Но при изучении происхождения и развития солнечной системы приходится опираться на наблюдения различных тел только этой системы.

Другая серьезная трудность космогонических исследований заключается в том, что до недавнего времени астрономы были полностью лишены возможности экспериментировать и должны были наблюдать природные явления, не имея возможности вмешаться в ход процесса и зачастую даже не зная заранее срок, когда наступит интересующее их явление. Более того, эти наблюдения приходилось вести сквозь толщу земной атмосферы, задерживающей многие излучения, проходящие от небесных тел, и искажающей те излучения, которые она пропускает. В потоки заряженных частиц, проходящих к Земле из космоса, огромные искажения вносятся земным магнитным полем. Лишь теперь благодаря успехам в завоевании космоса появилась возможность получать новые фактические данные, выводя приборы за пределы земной атмосферы и земного магнитного поля, приближая их к телам солнечной системы, и даже проводить некоторые космические эксперименты. К таким экспериментам относится, например, создание искусственных небесных тел — спутников и космических ракет, создание советскими учеными искусственной кометы — натриевого облака, светящегося под действием солнечных лучей, и т. д.

На просторах Вселенной — и вдали, и вблизи от нас — происходят не только медленные, но также и быстрые процессы и из-

менения, вплоть до процессов взрывного, катастрофического характера. Однако лишь в редких случаях такие быстрые процессы, которые можно наблюдать, являются проявлением существенных этапов развития. Изучение таких изменений является очень важным, на что указывал еще Ф. А. Бредихин (1893). Однако у большинства астрономических объектов развитие протекает крайне медленно, и потому в космогонии чаще, чем в других науках, приходится иметь дело не с хорошо обоснованными и разработанными теориями, а с научными гипотезами. В одних случаях на протяжении огромных промежутков времени, охватываемых космогоническим процессом, могли меняться главные действующие силы, определявшие ход развития, что затрудняет математическое исследование или даже делает его вообще невозможным. В других случаях неустранимая неточность исходных данных делает результаты математического исследования неопределенными. В то же время в физико-математических науках, к которым относится и космогония, хотя бы ограниченная количественная (математическая) разработка является наряду с подтверждением фактическими данными необходимой предпосылкой для превращения гипотезы в теорию.

Космогонические гипотезы XVIII и XIX вв. относились главным образом к происхождению солнечной системы. В них рассматривалась преимущественно механическая сторона процесса развития. Лишь в XX в. развитие астрофизики и физики позволило начать серьезное изучение происхождения звезд. Еще позднее — всего несколько лет назад — началось изучение происхождения галактик, строение которых было выяснено только в 20-х годах.

Важность космогонических проблем, в частности проблемы происхождения Земли, невозможность понять природу космических тел и систем без понимания их происхождения и развития — все это приводит к тому, что космогонические гипотезы обычно высказываются еще до накопления фактических (наблюдательных) данных, достаточных для хорошего обоснования этих гипотез. Появление новых данных зачастую ведет к смене одних гипотез другими. Использование различных групп фактических данных или различное истолкование одних и тех же данных приводят к появлению нескольких конкурирующих гипотез. Такое положение сохранится и в будущем по отношению к новым объектам космогонических исследований. В то же время будет расширяться круг хорошо изученных объектов, основные процессы развития которых явятся предметом космогонических теорий, и только детали этого развития останутся предметом гипотез.

Космогоническое исследование, как и вообще всякое исследование развития в естествознании, обычно представляет собой тесное сочетание индукции и дедукции. Отобрав фактические сведения, которые представляются «ключом» к решению проблемы, исследователь на основе их анализа, т. е. индуктивно, выдвигает гипотезу об основных чертах происхождения и развития изучае-

мого объекта, о «начальном» состоянии вещества, из которого объект теперь состоит. После этого появляется возможность анализировать это «начальное» состояние и процесс его изменения. Сравнивая результаты этого дедуктивного анализа с другими, еще не рассмотренными, свойствами современного объекта, т. е. вовлекая в рассмотрение все большее количество данных, можно уточнять «начальное» состояние вещества и его последующую эволюцию.

Сочетание индукции и дедукции, применяемое на творческом этапе, обычно трудно сохранить при изложении его результатов, которое легче давать в дедуктивной форме, исходя из найденного в ходе исследования «начального» состояния. Однако наряду с этими дедуктивно изложенными космогоническими гипотезами и теориями имеются и целиком дедуктивные гипотезы и теории (например, исходящие из предвзятой идеи о важной роли турбулентности или электромагнитных сил в изучаемом процессе), которые иногда замаскированы индуктивной формой изложения. Видимость индуктивности зачастую создается определенным толкованием фактических данных, на самом деле допускающих различные толкования.

Космогония галактик. Как уже было сказано, исследования происхождения и развития самых крупных и далеких астрономических объектов — галактик и их скоплений — стали возможными всего несколько лет назад, и потому в этой области пока что делаются лишь первые шаги. Некоторые подходы к исследованиям в этой области вызывают серьезные методологические возражения. Одни авторы в той или иной форме сохраняют идею Джинса о возникновении галактик из некоего «первоначального» хаоса, в котором возникла гравитационная неустойчивость, приведшая к его разделению на огромные сгущения. Они предполагают, что галактики образуются из гигантских газовых масс, сжимающихся и распадающихся на отдельные сгустки. Наблюдениями пока не установлено существование столь больших масс газа — будущих галактик, хотя и имеются объекты, которые как будто бы подтверждают подобные гипотезы. Другие авторы, опираясь на теорию расширения Вселенной (или расширения наблюдаемой области Вселенной), относят образование галактик к начальной эпохе расширения.

Поскольку мы имеем возможность наблюдать множество галактик и их скоплений, важное значение имеет классификация сходных объектов по тем или иным признакам и выявление, с одной стороны, эволюционных последовательностей и, с другой стороны, совокупностей объектов, образовавшихся совместно и отличающихся друг от друга вследствие различия тех или иных начальных параметров. Так, скопления галактик, по-видимому, состоят из галактик, образовавшихся совместно, подобно тому как звездные скопления являются совокупностями совместно образовавшихся звезд. У эволюционных последовательностей надо вы-

яснить направление эволюции, т. е. какие элементы этой последовательности являются более ранними, а у совокупностей, образовавшихся совместно, выяснить, какие именно начальные различия между отдельными объектами обусловили ныне наблюдаемые различия.

Пока что при объединении галактик разных типов — спиральных (подобных нашей Галактике), эллиптических, неправильных и др. — в эволюционную последовательность разные авторы приходят к противоположным выводам. Разнообразие типов галактик объясняют не только различиями их возраста, но и различиями в их массах и скоростях вращения. В последние годы Б. А. Воронцовым-Вельяминовым выявлены галактики с весьма своеобразными структурами, происхождение которых остается неясным.

Спиральная структура многих галактик отображает распределение в них молодых массивных звезд большой светимости, что, вероятно, связано с распределением туманностей, из которых эти звезды образуются. Концентрация туманностей в спиральные рукава может быть обусловлена динамическими свойствами вращающихся звездных систем либо их магнитными полями.

Подобно тому как наличие большого числа двойных и кратных звезд и звездных скоплений указывает на групповое образование звезд, наличие двойных и кратных галактик и скоплений галактик указывает на групповое образование последних. Есть указания на то, что некоторые кратные галактики являются системами с положительной полной энергией (В. А. Амбарцумян).

Большое внимание привлекают сейчас компактные плотные ядра, имеющиеся у ряда галактик. Обнаружены галактики, обладающие исключительно мощным радиоизлучением и в то же время имеющие двойное ядро. Одни исследователи считают их сталкивающимися галактиками, но В. А. Амбарцумян предполагает, что здесь наблюдается процесс деления ядра. Гигантский выброс огромного яркого сгустка вещества, наблюдающийся у другой «радиогалактики», указывает на какие-то не известные нам процессы, протекающие в ядрах галактик (быть может, на особую форму неустойчивости космической плазмы).

В самое последнее время было открыто несколько объектов совершенно нового типа, получивших название «квazarов» или «сверхзвезд» и привлечших к себе большое внимание. Это звездобразные объекты, обладающие мощным радиоизлучением, благодаря которому они и были открыты. Зачастую они имеют по соседству слабые туманности. Судя по красному смещению линий в их спектрах, они удаляются от нас со скоростью, составляющей $1/4$ — $1/2$ скорости света. Это означает с точки зрения теории расширяющейся Вселенной, что они находятся от нас на расстояниях в миллиарды световых лет. В таком случае получается, что излучение одного «квazара» превосходит суммарное излучение галактик, состоящих из 10^{11} звезд. Широко обсуждаемое сейчас объяснение «квazarов» заключается в том, что они являются резуль-

татом катастрофического сжатия (колапса) огромной массы газа, при котором были достигнуты столь большая плотность и столь малые размеры тела, что его гравитация препятствует излучению (фотонам) разлетаться в пространство. Наблюдаемое нами излучение должно в этом случае исходить из огромной магнитосферы «квара». Следует, однако, иметь в виду, что как фактические (наблюдательные) данные о «кварах», так и попытки их интерпретировать носят пока что самый предварительный характер.

Звездная космогония. В вопросе о происхождении звезд до нашего времени сохранилась и разделяется подавляющим большинством исследователей идея об образовании звезд путем сгущения рассеянного туманного вещества. В натурфилософском плане эта идея восходит к Канту и даже Декарту, а в естественнонаучном плане (с опорой на наблюдения туманностей) — к Гершелю и Лапласу. В XIX в. она воплотилась в теорию газовых звезд, излучающих за счет механической энергии, выделяющейся при их сжатии. Считалось, что молодые звезды являются горячими и потому кажутся белыми, а при дальнейшем остывании становятся желтыми и красными. В начале XX в., после того как выяснилось существование звезд «гигантов» и «карликов», Ресселл развил взгляды Локера, высказанные в конце XIX в., о существовании не только нисходящей, но также и восходящей ветви звездной эволюции. С его точки зрения свечение звезды начинается еще на стадии сжатия и разогревания.

После открытия механического эквивалента тепла была подсчитана энергия, освобождающаяся при сжатии звезды (Гельмгольц, 1854; Кельвин, 1862). Оказалось, что ее хватило бы для поддержания излучения Солнца в течение десятков миллионов лет. В то время такой срок казался достаточным, но потом изучение прошлого Земли показало, что Солнце излучает несравненно дольше. Кроме того, аналогичные расчеты для звезд большой светимости показали, что они могли бы излучать лишь несколько десятков тысяч лет. В начале XX в. проблему источников энергии звезд пытались решить, предполагая изобилие в них радиоактивных элементов, в то время лишь недавно открытых. Однако, хотя Солнце, состоящее целиком из радия или урана, и обладало бы достаточным общим запасом энергии, никакая смесь этих элементов не может обеспечить необходимую длительность и интенсивность ее выделения.

Установление взаимосвязи массы и энергии, показавшее, что звезды, излучая, теряют массу, привело к гипотезам о возможности «анигиляции» вещества в недрах звезд, т. е. превращения вещества в излучение. В таком случае получалось, что превращение массивных звезд в звезды малой массы длится 10^{13} — 10^{15} лет. В пользу столь больших возрастов звезд приводились и другие соображения, впоследствии оказавшиеся неверными. Правильной оказалась гипотеза о «трансмутации» элементов, т. е. об образовании более сложных атомных ядер из простых, в первую оче-

редь — гелия из водорода. В 1938—1939 гг. были выяснены конкретные ядерные реакции, могущие обеспечить излучение звезд (Вейцзеккер, Бете), и это явилось началом современного этапа развития звездной космогонии.

Изучение внутреннего строения звезд и ядерных источников их энергии показало, что массивные звезды большой светимости обладают таким огромным излучением, что могут поддерживать его лишь несколько миллионов лет, и, следовательно, являются очень молодыми. (Процессы «омоложения» звезд представляются маловероятными, так как требуют выполнения довольно жестких условий.) Тем самым была возрождена идея о том, что процесс звездообразования продолжается до нашего времени, высказывавшаяся еще Гершелем в конце XVIII в.¹ Подтверждением этой идеи явилось открытие В. А. Амбарцумяном звездных ассоциаций — крайне разреженных звездных групп, возраст которых не превышает нескольких десятков миллионов лет. В ассоциации входит большинство звезд большой светимости, а также другие звезды, имеющие признаки молодости.

Сосредоточение молодых звезд в ассоциациях показывает, что образование звезд носит групповой характер. На это указывает также тот факт, что приблизительно половина звезд входит в состав двойных, тройных и т. д. кратных систем и в состав звездных скоплений. Изучение звездной динамики показывает, что скопления и столь большое число кратных систем не могли образоваться путем объединения одиночных звезд. Как указал В. А. Амбарцумян, особенно важным является наличие кратных звезд типа Тrapeции Ориона, в которых все расстояния между звездами сравнимы друг с другом. Многие из этих систем входят в ассоциации или содержат звезды большой светимости. Такие системы даже при отрицательной полной энергии мало устойчивы. Между тем есть данные, которые говорят о том, что некоторые из них обладают положительной энергией, т. е. образовались лишь недавно и еще не успели рассеяться.

Установление того, что образование звезд в Галактике продолжается поныне и носит групповой характер, относится к числу фундаментальных результатов звездной космогонии.

Межзвездное пространство в нашей Галактике (а также во многих других галактиках) заполнено разреженным газом и пылью, которые местами образуют более плотные газово-пылевые туманности. Массы некоторых из них в тысячи раз больше масс отдельных звезд. Туманное вещество пополняется выбросом вещества из звезд, происходящих как непрерывно, так и в форме взрывов, проявляющихся в виде вспышек «новых» и «сверхновых» звезд. С другой стороны, по мнению большинства астрономов, происхо-

¹ Идея Гершеля оказалась правильной, хотя усовершенствование телескопов и появление фотографии показали, что туманности, которые он ошибочно считал образующимися звездами, на самом деле являются гигантскими далекими звездными системами — галактиками.

дит образование звезд из холодных туманностей, что создает частичный круговорот вещества.

Молодые звезды концентрируются к центральной плоскости Галактики, около которой сосредоточена также основная масса межзвездного газа и пыли. Недавно открытые компактные непрозрачные туманности, названные глобулами, рассматриваются как начальная стадия формирования звезд. На некотором этапе сжатия и разогрева (происходящего вследствие выделения гравитационной энергии), когда температура центральной области превысит миллион градусов, начинаются ядерные реакции, в которых горючим служит сперва дейтерий, потом литий, бериллий и бор и, наконец, после дальнейшего повышения температуры до 12 млн. градусов, — водород. Водород — самый распространенный элемент в космосе. Он составляет больше половины массы звезды, и поэтому водородная реакция длится очень долго. Сжатие практически прекращается, и звезда приходит в равновесие. Большинство звезд, наблюдаемых нами, излучает за счет превращения водорода в гелий.

Выделение энергии при водородной реакции очень сильно зависит от температуры. В то же время чем больше масса звезды, тем большими оказываются температура и давление в ее центральной области, которые должны воспрепятствовать дальнейшему сжатию под действием сил тяготения. В результате массивные звезды выделяют больше энергии и потому быстрее расходуют свои запасы горючего, т. е. быстрее эволюционируют.

Разнообразие звезд в молодых скоплениях и ассоциациях показывает, что образуются звезды весьма различной массы (от $\frac{1}{10}$ до 100 масс Солнца). В старых скоплениях, возрастом в несколько миллиардов лет, звезды с массой Солнца оказываются почти такими же, как в молодых скоплениях, а более массивные оказываются измененными. Это связано с изменением химического состава звезды в ходе «выгорания» водорода и образования тяжелых элементов, что влияет на прозрачность ее вещества, определяющую отток излучения. Меняется структура звезды, а вместе с тем и центральная температура и выделение энергии. После почти полного «выгорания» водорода в ядре происходит радикальная перестройка звезды — ядро сжимается, пока его температура возрастет до 100—140 миллионов градусов, когда становится возможной ядерная реакция, в которой роль горючего играет гелий. Вместе с тем наружные оболочки звезды расширяются в десятки раз, а у звезд большой массы — до размеров, сравнимых с поперечником орбиты Марса или даже Юпитера, так что поверхностная температура падает, и звезда становится красным гигантом или сверхгигантом (М. Шварцшильд, Хойл, Сальпетер и др.).

После завершения всей цепи ядерных реакций у звезд умеренной массы происходит, с одной стороны, рассеяние наружных оболочек, слабо связанных со звездой, и, с другой стороны, сокра-

щение остающегося ядра до размеров планет. Его плотность оказывается в тысячи и даже миллионы раз больше плотности воды. Как дальше эволюционируют сверхплотные звезды, как их вещество вновь вовлекается в общий круговорот — остается пока неизвестным. У массивных звезд исчерпание ядерных реакций, по-видимому, приводит к катастрофическому сжатию и разогреву, завершающемуся гигантским взрывом, при котором значительная часть вещества звезды разбрасывается в пространство (Хойл). Это наблюдается в виде вспышки «сверхновой» звезды. Во время такого взрыва чрезвычайно активно происходит синтез наиболее тяжелых химических элементов.

Вспышки «сверхновых» звезд и рассеивающиеся оболочки обогащают межзвездный газ тяжелыми элементами. Поэтому чем позже образовалась звезда, тем больше в ней было с самого начала этих элементов. Это проявляется в ее спектре и интенсивности излучения. В нашей Галактике процесс звездообразования длится приблизительно 10^{10} лет, и за это время химический состав межзвездного газа успел заметно измениться. Ядерные процессы в звездах ведут к сокращению количества водорода и увеличению массы тяжелых элементов. Неизвестно, где и как протекает обратный процесс.

Теория образования звезд из холодных туманностей объясняет широкий круг факторов и, в частности, групповое образование звезд. Последнее связывается с большими размерами и массами туманностей и их неоднородной структурой. Однако некоторые механические свойства групп молодых звезд при этом трудно объяснимы. В. А. Амбарцумян предполагает, что звезды образуются из вещества, находящегося в каком-то пока еще не известном сверхплотном состоянии.

Мощные локальные магнитные поля, возникающие при вспышках «сверхновых» звезд, разгоняют ионизованные атомы до скоростей, близких к скорости света, т. е. порождают космические лучи. Удерживаемые сложными магнитными полями Галактики, космические лучи блуждают по всему ее пространству и, возможно, совсем не могут покинуть его, либо перетекают от галактики к галактике под действием межгалактических магнитных полей. В то же время электроны, разогнанные до больших скоростей, двигаясь в магнитном поле, излучают в радиодиапазоне. Поэтому туманности, являющиеся остатками взрывов «сверхновых» звезд, принадлежат к числу мощных источников радиоизлучения.

Первоначально звездная космогония имела своей задачей изучение происхождения и развития звезд, рассматриваемых как индивидуальные объекты. С течением времени ее задачи расширились. Успехи в изучении газово-пылевых туманностей поставили вопрос об их происхождении и развитии и об их взаимодействии со звездами. Далее постановка вопроса о происхождении звезд изменилась после выяснения группового характера их образова-

ния. Наконец, в последние годы встала задача увязать результаты звездной космогонии с эволюцией нашей Галактики и других галактик.

Эволюция звездных систем изучается в звездной динамике, сочетающей методы теоретической механики и статистической физики. С одной стороны, звездная система рассматривается как система материальных точек, гравитационно взаимодействующих друг с другом. Возможность рассматривать звезды как материальные точки связана с тем, что межзвездные расстояния колоссально велики по сравнению со звездными поперечниками и потому практически столкновений звезд не происходит. Даже тесные сближения являются очень редкими. С другой стороны, звездные системы рассматриваются в звездной динамике как своего рода гравитирующий газ, что возможно благодаря тому, что в них важную роль играют хаотические движения, хотя бы и накладывающиеся на упорядоченное движение, например на общее вращение звездного скопления (к планетной системе с ее очень упорядоченными движениями методы звездной динамики не приложимы). Тем не менее далеко не все методы и результаты кинетической теории газов можно распространить на звездный газ. Это объясняется другим характером взаимодействия, медленностью убывания гравитационных сил с расстоянием. Звездные системы не имеют равновесных (наиболее вероятных) состояний, а всегда эволюционируют, хотя и очень медленно.

Системы с отрицательной полной энергией, т. е. такие, у которых потенциальная энергия гравитационного взаимодействия между звездами или другими членами системы (условно считаемая отрицательной) больше кинетической энергии их движения, изменяются медленно. Такая система не может разлететься полностью, а обязательно останутся пары или группы звезд, гравитационно связанных друг с другом, т. е. подсистемы с отрицательной энергией. Если при самом возникновении системы в ней образовались быстро движущиеся звезды, способные преодолеть ее притяжение, они быстро уйдут из нее, а в дальнейшем такие «бегуны» будут появляться в системе лишь в результате обмена энергиями между звездами при их тесных сближениях, т. е. крайне редко. Тем не менее принципиально очень важно, что в системе с хаотическими движениями действие сил притяжения приводит к ее рассеянию (диссипации) даже при отрицательной полной энергии. Чем массивнее система, чем больше ее притяжение, тем труднее ее покинуть, и потому она диссипирует медленнее.

Системы с положительной полной энергией можно наблюдать лишь в течение небольшого интервала времени после образования — они быстро рассеиваются либо целиком, либо оставляя после себя небольшие подсистемы с отрицательной энергией.

Хотя звездные системы не имеют вполне устойчивого равновесного состояния, диссипация крупных систем происходит столь

медленно, что они обычно достигают квазистационарного состояния, при котором статистические свойства (хаотических) движений почти не меняются со временем. С другой стороны, редкость звездных сближений, медленность процессов обмена энергиями, даже если учесть гравитационное взаимодействие с массивными туманностями и звездными сгущениями, приводят к тому, что звезды долгое время сохраняют статистический характер движений, приобретенный ими при своем возникновении.

Установив свойства звездных систем, звездная динамика позволила оценить возраст звездных скоплений разных типов, в том числе звездных ассоциаций, позволила выявить среди общей массы звезд нашей Галактики, не входящих в скопления, генетически родственные совокупности (они отличаются по пространственному распределению в Галактике).

Наряду с образованием при звездных взаимодействиях подсистем с отрицательной энергией происходит и обратный процесс разрушения таких подсистем под действием притяжения пролетающих мимо посторонних звезд. Рассмотрение с этой точки зрения кратных звезд и скоплений показывает, что в условиях той звездной среды нашей Галактики, в которых мы их сейчас наблюдаем, они не могли образоваться путем объединения отдельных звезд. Они представляют собой группы совместно образовавшихся звезд, которые имеют тенденцию к распаду в ходе своей динамической эволюции. Только очень широкие двойные и кратные звезды могли образоваться путем взаимного захвата, но это могло происходить лишь в скоплениях, т. е. это опять-таки связано, хотя и не так непосредственно, с групповым образованием звезд.

У многих звездных систем время жизни так велико, что успевают измениться физические свойства входящих в них звезд. Поэтому частью космогонического изучения звездных систем является рассмотрение статистических распределений их звездного «населения» по различным физическим характеристикам и изменений этих распределений со временем. При этом исключительное значение имеет распределение звезд на диаграмме «спектр—светимость» (диаграмма Герцшпрунга—Ресселла). На этой диаграмме точки, изображающие звезды какой-либо системы, распределяются весьма неравномерно, концентрируясь в ряд последовательностей и групп, которые у совместно образовавшихся звезд отображают в конечном итоге различия в их массах. У звездных систем различного возраста распределение звезд на диаграмме «спектр—светимость» несколько различно. Изучение и объяснение этих различий занимают важное место в звездной космогонии. За последние годы многие особенности распределений звезд на диаграмме «спектр—светимость» объяснены как результат эволюции звезд — как результат изменения их внутреннего строения и химического состава вследствие протекания в их недрах ядерных реакций. Поэтому можно считать установленным, что именно ядерные

реакции являются основным источником энергии Солнца и звезд.

Планетная космогония. Выяснение происхождения и развития Земли имеет столь большое значение, что именно его можно считать главной задачей планетной космогонии. Однако Земля входит в систему планет, строение которой обладает рядом закономерностей, указывающих на совместное образование всех планет в едином процессе. Больше того, в том же процессе возникли и малые тела солнечной системы — астероиды и кометы. Поэтому изучение образования Земли неотделимо от изучения образования всей солнечной системы.

Поскольку нам известна только одна планетная система — наша солнечная система, подход к исследованиям в планетной космогонии отличается от того, который возможен и применяется в космогонии звезд и галактик. Планетная космогония опирается в основном на закономерности строения солнечной системы: движение всех планет в одном направлении, по почти круговым орбитам, лежащим почти в одной плоскости; вращение в том же направлении самого Солнца и всех планет, за исключением Урана; обращение в том же направлении большинства спутников планет; закономерное возрастание расстояний планет от Солнца; деление планет на две группы, отличающиеся по массе, химическому составу и количеству спутников (группа близких к Солнцу планет земного типа и далекая от Солнца группа планет-гигантов). Критерием правильности теорий планетной космогонии является их способность объяснить широкий круг фактов, охватывающих как черты сходства, так и различия между отдельными телами солнечной системы. Исключительно большое значение для планетной космогонии и, в частности, для правильного понимания процесса формирования Земли имеет изучение состава и структуры обломков астероидов — метеоритов, являющихся единственными образчиками космического планетного вещества, попадающими в наши руки и доступными лабораторным анализам.

В 40-х годах произошло радикальное изменение в господствующих взглядах на происхождение планет. В 20—30-х годах широкой известностью пользовалась гипотеза английского астронома Джинса, считавшего, что планеты образовались из вещества, вырванного из Солнца притяжением пролетевшей поблизости массивной звезды. Правда, звезды так удалены друг от друга, что тесное сближение двух звезд — явление чрезвычайно редкое. Поэтому гипотеза Джинса приводила к заключению, что планетная система — чрезвычайно редкое образование во Вселенной. В конце 30-х годов выяснилась научная несостоятельность гипотезы Джинса — она не способна объяснить огромные размеры планетной системы (Ресселл, 1937; Н. Н. Парийский, 1942) и, кроме того, вырванное вещество было бы столь горячим, что оно (при предполагаемой его массе) рассеялось бы в пространстве, а не собралось в планеты (Спитцер, 1939).

В 40-х годах, после крушения гипотезы Джинса, планетная космогония вернулась к классическим идеям Канта и Лапласа об образовании планет из рассеянного вещества.

В 1943 г. О. Ю. Шмидт на основании анализа закономерностей движения планет выдвинул идею об их аккумуляции из холодных твердых тел. Такой процесс образования Земли вел к ее сравнительно холодному начальному состоянию. В дальнейшем в работе Л. Э. Гуревича и А. И. Лебединского было показано, что различия в химическом составе между планетами земной группы и планетами-гигантами указывают, что тела, из которых аккумуляровались планеты, образовались в окрестностях Солнца из вещества газово-пылевого облака.

Согласно гипотезе немецкого физика Вейцеккера, появившейся тоже в 1943 г., предполагалось, что в газово-пылевом околозвездном облаке, из которого аккумуляровались планеты, существовали упорядоченные кольцевые системы гигантских вихрей, которые привели к закономерности планетных расстояний. Вследствие искусственности этого предположения гипотеза Вейцеккера не получила признания и развития. Однако она дала толчок к космогоническим исследованиям западных ученых.

С методологической точки зрения весьма важным и интересным является то, что на протяжении последних десятилетий появилось два новых подхода к выяснению процесса образования планет. В прежних гипотезах и теориях планетной космогонии начиная с Канта выяснение этого процесса опиралось в первую очередь на механические закономерности строения солнечной системы и лишь на последующих этапах исследования вовлекались в рассмотрение физические и физико-химические свойства. В отличие от этого, в работах американского физико-химика Г. Юри, начавшихся в 1951 г., *основой* служат данные о химическом составе Земли и метеоритов, которые анализируются с физико-химической точки зрения, а в работах Фаулера, Гринстейна, Хойла (1962) и Шацмана (1964—1966) — данные об особенностях изотопного состава и обилия некоторых элементов, которые анализируются с точки зрения ядерных процессов. Механический и физико-химический подход приводит к одинаковым общим заключениям об аккумуляции планет.

В настоящее время является общепризнанным, что планетная система образовалась из газово-пылевого вещества, некогда окружавшего Солнце и простиравшегося до границ системы. Самый процесс формирования планет подавляющее большинство исследователей рассматривают как постепенную аккумуляцию холодного вещества. Земля и родственные ей планеты образовались из твердых тел и частиц, а в образовании планет-гигантов, богатых водородом, — Юпитера и Сатурна — по-видимому, участвовал и газ (наряду с твердыми частицами).

Следуя О. Ю. Шмидту, можно выделить в планетной космогонии три основных вопроса, каждый из которых может служить

для классификации гипотез и теорий планетной космогонии: 1) Откуда и как взялось около Солнца вещество для построения планет и в каком состоянии оно находилось? 2) Каков был процесс образования планет из этого вещества? 3) Каково было начальное состояние Земли?

Первый из этих вопросов связывает планетную космогонию со звездной. Исходя из господствующих представлений об образовании Солнца из сжимающейся туманности, большинство исследователей, не конкретизируя предполагаемый процесс, считают, что газопопылевое околосолнечное протопланетное облако образовалось совместно с Солнцем. Недавно Хойл (1960), Камерон (1962) и Шацман (1966) впервые попытались развить эту точку зрения, рассматривая ускорение вращения сжимающейся туманности (в соответствии с законом сохранения момента количества движения) и вызванное этим отделение вещества с экватора (в виде гипотезы Лапласа). Они пришли к существенно различным картинам хода процесса.

Хойл рассматривал образование Солнца в результате сжатия газового сгущения, у которого масса и момент количества движения были лишь немногим больше массы и момента современной солнечной системы. Согласно его расчетам, когда диаметр сгущения («протосолнца») был раз в 40 больше солнечного поперечника, в его экваториальной плоскости вследствие быстрого вращения начал отделяться диск вещества, которое перестало участвовать в дальнейшем сжатии. Так как газы были частично ионизованы, магнитное поле Солнца, вращающееся вместе с ним, стало передавать этим газам момент количества движения, тем самым отодвигая их дальше от Солнца и распространяя по всему пространству современной планетной системы². В то же время эта передача момента путем магнитного сцепления замедлила вращение Солнца, что привело к прекращению дальнейшего отделения вещества, так что масса протопланетного облака получилась малой по сравнению с массой Солнца.

Камерон, в отличие от Хойла, предполагал большую массу и быстрое вращение сгущения, из которого образовалось Солнце. В этом случае отделение вещества начинается, когда поперечник сгущения в 2—4 раза больше поперечника планетной системы, и масса околосолнечного облака оказывается огромной — больше солнечной массы. Остается неясным, почему менее 1% массы об-

² Идея о важной роли электромагнитных сил в планетной космогонии была выдвинута шведским физиком Альвеном — создателем магнитогидродинамики. Однако его гипотеза основана на предвзятой идее о том, что образование планет на всех этапах происходило под действием главным образом электромагнитных сил. Это приводит к искусственным допущениям и противоречиям с фактическими данными. В то же время важная роль этих сил при возникновении околосолнечного протопланетного облака вполне вероятна, хотя и не доказана. Например, в процессе образования облака, предполагаемом Хойлом, остаются непреодоленные трудности.

лака собралось в планеты и какая сила рассеяла в пространство остальное вещество.

До недавнего времени считалось, что при образовании звезд путем сжатия газовых или газовой-пылевых сгущений они начинают интенсивно излучать только после начала ядерных реакций в их недрах и в дальнейшем их светимость остается почти постоянной. Однако в самые последние годы выяснилось, что на стадии сжатия в протозвездах, по-видимому, существовала конвекция, выносившая тепло из недр к поверхности (Хаяши, 1961). В таком случае у Солнца эта стадия длилась всего лишь около миллиона лет, а излучение было в это время в десятки раз больше современного (Камерон и Эзер, 1962). Это обстоятельство должно было отразиться на процессе образования и начальном этапе эволюции протопланетного облака.

Гипотеза О. Ю. Шмидта о захвате Солнцем части межзвездной туманности, выдвинутая для объяснения огромных размеров планетной системы, встречается с трудностями при объяснении вращения Солнца. Кроме того, даже если предполагать захват остатков туманности, из которой образовалась группа звезд, включавшая Солнце, вероятность захвата мала (хотя и несравненно больше вероятности тесного сближения, предполагавшегося Джинсом).

Образование планет из протопланетного облака наиболее полно исследовано О. Ю. Шмидтом и его сотрудниками. Процесс можно условно разделить на два этапа: 1) образование роя относительно крупных тел из пылевой компоненты облака и 2) объединение этих тел в планеты. Главными движущими факторами эволюции были, во-первых, действие сил тяготения, во-вторых, переход механической энергии в тепловую и, в-третьих, действие химических сил.

Пылинки вследствие трения о газ, а также вследствие неупругих взаимных столкновений обладали малыми хаотическими скоростями и потому имели тенденцию собираться в тонкий диск повышенной плотности (в экваториальной плоскости облака). Этому могли воспрепятствовать турбулентные движения в облаке, но, по-видимому, они должны были быстро затухнуть, так как не видно источников энергии для их длительного поддержания. Если так, то на первом этапе эволюции облака сжатие (утопление) пылевого диска должно было привести к наступлению в нем гравитационной неустойчивости и его распаду на множество сгущений, из которых в дальнейшем возникло огромное количество небольших тел поперечником в десятки и сотни километров. Если же турбулентные движения все-таки существовали долго, то эти тела возникли вследствие «склеивания» пылинок при столкновениях. Такое склеивание является характерным в случае соприкосновения частиц, находящихся в вакууме и имеющих поэтому «чистые» поверхности. Нитевидная форма пылинок, образовавшихся в результате конденсации в протопланетном облаке, должна была

способствовать их частым соприкосновениям и быстрому росту образующихся агрегатов.

На втором этапе из роя астероидных тел и их обломков, образовавшихся при столкновениях, постепенно аккумуляровались планеты. Это заняло несколько сотен миллионов лет. Такой процесс образования планет позволяет объяснить как механические особенности их движения (О. Ю. Шмидт, 1944—1949), так и деление планет на две группы, отличающиеся по массе и составу (Л. Э. Гуревич и А. И. Лебединский, 1950).

Раньше, рассматривая образование планет из раскаленных протопланетных сгустков, следуя Джинсу, считали, что первоначально эти сгустки имели одинаковый (солнечный) состав, но небольшие планеты не смогли удержать легкие газы от рассеяния в пространство, тогда как рассеяние с поверхности планет-гигантов из-за огромной силы тяжести было невозможным. Однако, как выяснено теперь, деление планет на две группы связано не с гравитационными силами, а с физико-химическими свойствами вещества, с различием температурных условий во внутренней и внешней зонах пылевого диска. Этот диск был непрозрачным, солнечные лучи прогревали только узкую внутреннюю часть его и там пылинки состояли из нелетучих каменных веществ. Внешние части диска были очень холодными и там в твердые частицы конденсировались также и летучие вещества, в изобилии имевшиеся в газовой компоненте облака. Так возникло зональное различие в обилии и составе пылевого вещества, обусловленное способностью химических элементов объединяться в различные химические соединения и способностью этих соединений конденсироваться в твердые частички при тех или иных температурах (и парциальных давлениях). После объединения частиц в планеты эти зональные различия превратились в различия в массах и составе двух групп планет. Планеты-гиганты содержат много летучих веществ не потому, что они велики; наоборот, они потому оказались массивными, что образовались в условиях, когда летучие вещества могли войти в их состав. (Вопрос о том, была ли температура внешней зоны столь низкой, что допускала замерзание водорода, или же он был вовлечен в газовом состоянии в состав Юпитера и Сатурна, остается нерешенным.)

Среди малых тел солнечной системы имеются остатки промежуточных тел, образовавшихся к концу первого этапа эволюции облака; это астероиды (каменные тела внутренней зоны) и кометы (ледяные тела внешней зоны). Метеориты, выпадающие на поверхность Земли, являются обломками астероидов, образующимися при их столкновениях. Некоторые метеориты представляют собой наилучшие образчики «первичного» планетного вещества, наименее измененные последующими процессами. Возрасты этих метеоритов, определяемые по содержанию радиоактивных элементов и продуктов их распада, характеризуют в то же время возраст всей солнечной системы. Последний оказывается равным 4,5—5 млрд.

лет. Таким образом, время формирования планет значительно меньше времени дальнейшего существования солнечной системы. Вытекающая отсюда весьма длительная устойчивость планетных движений (строгими методами небесной механики она доказана лишь для несравненно меньшего промежутка времени) объясняется тем, что вследствие малости масс планет по сравнению с массой Солнца и отсутствия сближений между ними (почти круговая форма орбит, далеко отстоящих одна от другой) их взаимные притяжения несравненно меньше солнечного притяжения.

Поперечник планетной системы, хотя и очень велик по сравнению с размерами планет и даже Солнца, все же очень мал по сравнению с межзвездными расстояниями. Поэтому влияние звездных притяжений на движение планет неощутимо мало, причем закономерности этих движений показывают, что это имело место на протяжении всего времени формирования и дальнейшего существования планетной системы. Поэтому ее можно рассматривать как изолированную, развивающуюся под действием одних только внутренних сил. В отличие от этого, кометы образуют сейчас вокруг Солнца облако поперечником свыше 200 тыс. астрономических единиц (Оорт, 1950). Оно возникло в эпоху образования всей солнечной системы в качестве побочного продукта формирования планет-гигантов. Во внешних частях этого облака звездные притяжения играют очень большую роль и в значительной мере определяют его современную структуру и развитие.

Представление об аккумуляции планет из холодных тел разрабатывается сейчас большинством исследователей во всем мире (Юри, США; Хойл, Англия; Голд, США и др.). Американский астроном Кейпер (1949), а затем и В. Г. Фесенков (1951) предполагали распад облака на огромные массивные протопланеты — по одной для каждой планеты, которые затем превратились в планеты путем избавления от избытков вещества. Эта точка зрения подверглась серьезной критике, и Кейпер отказался от нее. В. Г. Фесенков в настоящее время тоже перешел к рассмотрению образования планет путем объединения меньших тел.

Гравитационной энергии, выделившейся при образовании Земли, хватило бы для расплавления Земли, если бы вся эта энергия пошла на разогрев Земли. Однако при постепенном росте Земли из холодных тел тепло выделялось при ударах о поверхность и большая часть его излучалась в пространство. Поэтому Земля первоначально была сравнительно холодной. Лишь постепенно ее недра разогрелись в результате накопления тепла, выделяющегося при распаде радиоактивных элементов (последние присутствуют в небольших количествах во всех горных породах). Таким образом, в современной планетной космогонии восторжествовали идеи акад. В. И. Вернадского, высказывавшиеся им еще в начале нашего века.

Частичное расплавление земного вещества на глубинах в сотни километров привело к выплавлению из него вещества земной

коры, к выделению паров и газов, образовавших гидросферу и атмосферу. Такое образование земной коры подтверждается изучением изотопного состава химических элементов из метеоритов и различных горных пород (А. П. Виноградов, 1958—1960).

Возраст земных радиоактивных элементов, оцениваемый по соотношению изотопов урана, составляет 5—5,5 млрд. лет, т. е. близок к возрасту солнечной системы. Особенности изотопного состава некоторых химических элементов на Земле и в метеоритах показывают, что незадолго до образования планет вещество, из которого они аккумулировались, было дополнительно обогащено «свежими» продуктами синтеза элементов.

Мыслимы другие планетные системы, в которых землеподобные планеты содержат больше или меньше радиоактивных элементов, и потому их термическая история, а вместе с тем и история их коры, гидросферы и атмосферы отличаются от земной. Последнее обстоятельство должно учитываться при оценках вероятного количества обитаемых планет в нашей Галактике и при обсуждениях вопроса о возможности установления контакта с другими цивилизациями.

* * *

Во всех разделах космогонии появляются новые проблемы, требующие разрешения. Теперь требуется рассмотрение таких деталей, которые всего два десятилетия назад оставались без внимания. Неудовлетворенность исследователей достигнутым уровнем знаний, подчеркивание ими нерешенных вопросов не должны вести к недооценке прогресса космогонии.

История космогонии — от ее возникновения до современного этапа — характеризуется постепенным распространением идеи развития на все новые и новые космические тела и системы. Это происходило по мере расширения изученной области Вселенной, выявления новых космических объектов и накопления и уточнения фактических данных о них. Непрерывно увеличиваются число и масштабы космических тел и систем, охваченных космогоническими исследованиями — исследованиями их образования и развития. При этом, подобно тому как проникновение в микромир привело к открытию новых форм существования и взаимодействия материи, так и проникновение в макромир ставит нас перед лицом новых свойств материи.

Е. А. КУРАЖКОВСКАЯ

РАЗВИТИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ МАТЕРИАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

СООТНОШЕНИЕ ЦЕЛОГО И ЧАСТИ В ГЕОЛОГИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ

Принцип развития имеет важное значение для анализа природных и общественных явлений. Он применим прежде всего к исследованию целостных материальных систем. Под саморазвивающимися целостными материальными системами понимаются такие системы, составляющие элементы которых объединены общими закономерностями и общим источником развития. Отдельные компоненты таких систем оказываются подчиненными тому или иному типу целостности как ее части. Изменяясь, эти компоненты могут по ходу развития системы не только усложняться, но и упрощаться, не только развиваться, но и деградировать. Эти изменения детерминированы целостностью системы, общим направлением ее развития.

Развитие целостной системы является в высшей степени сложным процессом с огромным количеством связей и опосредований. Эти связи раскрываются прежде всего как отношение данной системы к тем условиям, которые вызвали ее к жизни и сохраняют за собой роль среды ее существования.

Однако внешними отношениями не может быть исчерпана сущность развития системы. Поэтому от анализа внешних отношений следует перейти к выяснению внутренних связей, которые складываются между частями системы, ее элементами. Эти связи и раскрывают внутренние процессы, определяющие специфику данной системы, ее качественное своеобразие. Внутренние противоречия в силу этого и выступают источником развития данной системы, определяя ее сущность. Они получают свое выражение в основных закономерностях системы, интегрирующих отношение частей и элементов системы друг с другом в их отношении к целому.

В общем процессе развития материального мира можно выделить системы, представляющие собой этапы этого развития. Такие системы целесообразно именовать естественноисторическими.

К таким системам, по-видимому, следует отнести прежде всего системы макроуровня, например звездные, планетные, геологические, биологические, социальные и т. п.

Каждая естественноисторическая система состоит из подсистем различного уровня, имеющих свою специфику и относительную самостоятельность. Так, в строении Земли различают пять основных сфер: ядро, промежуточную оболочку, или мантию Земли, земную кору (литосферу), газовую оболочку (атмосферу), водную оболочку (гидросферу). Особое место в системе Земли занимает часть земной поверхности, воды и воздуха, заселенная живыми организмами, названная В. И. Вернадским биосферой, а также та часть поверхности Земли, которая испытывает все возрастающее влияние преобразующей деятельности человека (названная В. И. Вернадским ноосферой).

Каждая из сфер, в свою очередь, имеет сложное строение, включая в себя специфические разделы, характеризующиеся различными физическими условиями, состоянием, а может быть, и составом веществ.

Так, в составе ядра Земли, радиус которого, по современным данным, равен 3500 км, различают внутреннюю часть с радиусом 1200—1400 км, которая, в отличие от внешней части ядра, по состоянию вещества приближается к твердому телу. Вещество ядра, находясь в условиях давления от 1,5 млн. до 3—4 млн. атм и при температуре 2000—4000° (на границе ядра), характеризуется большой плотностью и высокой металлической электропроводностью. С этим особым состоянием вещества некоторые исследователи связывают магнитное поле Земли¹.

О химическом составе вещества ядра единого мнения нет. По одним данным, состав ядра никаких особенностей, отличных от состава Земли в целом, не имеет. Земля же рассматривается как однородное по своему составу тело, состоящее преимущественно из силикатов². По другим данным (В. И. Вернадский, А. Е. Ферсман, В. М. Гольдшмидт, А. П. Виноградов и др.), ядро Земли состоит из железа с некоторой примесью никеля, кобальта и других элементов по аналогии с железными метеоритами³. Все большее внимание привлекает к себе и изучение процесса изменения физико-химических свойств элементов на различной глубине⁴.

¹ См. В. А. Магницкий. Внутреннее состояние Земли. М., «Знание», 1961, стр. 32.

² См. В. Н. Лодочников. Некоторые общие вопросы, связанные с магмой, дающей базальтовые породы. «Зап. Всес. минерал. о-ва», 1939, сер. 2, ч. 68, вып. 2, стр. 207 и вып. 13, стр. 428 (окончание).

³ V. M. Goldschmidt. *Geochemistry*. Oxford, 1954; А. Е. Ферсман. Очерки по минералогии и геохимии. М., Изд-во АН СССР, 1959, стр. 112—113; А. П. Виноградов. Закономерности распределения химических элементов в земной коре. «Геохимия», 1956, № 1.

⁴ См. А. Ф. Капустинский. Геосферы и химические свойства атомов. «Геохимия», 1956, № 1.

Мантия, или промежуточная оболочка, простирающаяся от 2900 до 70—10 км к поверхности Земли, также имеет несколько сейсмических разделов (на уровне 400, 900 и 1200 км). Аморфное стекловидное состояние вещества на уровне 100—200 км от поверхности Земли переходит в твердое, с очагами расплавов на больших глубинах. На границе с ядром (2900 км) его агрегатное состояние приближается к жидкому. Температурное состояние вещества на глубине 50 км исчисляется в 800—900°C под континентами и 900—1000°C под океанами; на глубине 100 км 1200—1500°C, у границы ядра 2000—4000°C⁵.

Химический состав вещества в этой сфере отличается от вещества приповерхностных зон (дуниты и перидотиты).

Чрезвычайно сложным оказывается строение приповерхностных сфер Земли: литосферы, атмосферы и гидросферы. Так, *земная кора (литосфера)*, охватывающая до 10 км под океанами и до 70 км на континентах (что составляет менее 1% от мощности Земли), разделяется на три оболочки по составу пород: *базальтовую, гранитную и осадочную*. *Базальтовая* оболочка примыкает к мантии Земли (отделена от нее особой поверхностью перехода, названной в честь известного югославского геолога поверхностью Мохоровичича); расположена на глубине от 20—25 до 60—70 км от поверхности. Называется базальтовой условно, ибо по составу пород приближается к базальтам, характеризующимся незначительным количеством кремния и алюминия (не выше 40—45%) и преобладанием магния и железа.

Гранитная оболочка по составу пород близка к гранитам: количество кремнекислоты достигает в ней 60—70%. Характеризуется господством в ней кислорода, кремния, алюминия. Содержит также железо, магний, кальций, натрий, калий, водород и другие элементы.

Осадочный слой Земли достигает 10—15 км на суше и 5 км в океанах. Образуется за счет разрушения твердых горных пород, накопления осадков и образования пород осадочных. Этот слой является аккумулятором солнечной энергии. В нем огромную роль играют живое вещество и продукты его распада. Циркуляция горячих водных растворов указывает на процессы изменения и воссоздания горных пород — область метаморфизма.

Температура и давление в литосфере нарастают с глубиной. Уже на глубине 2—3 км температура доходит до 100°C. На глубине 50 км достигает 800—900°C. Давление, равное на глубине 1 км 270 атм, увеличивается с каждым километром на 250 атм. На глубине 10 км оно приближается к 2700 атм, на глубине 50 км — к 13 500 атм. Однако температура и давление в этой области сравнительно с глубинами Земли невелики. Поэтому здесь и преобладают кристаллические породы.

⁵ См. В. А. Магницкий. Внутреннее строение Земли, стр. 12—13.

Базальтовая, гранитная и осадочная оболочки земной коры являются основными структурными ее элементами. На более дробных уровнях к таковым относятся горные породы и составляющие их минералы.

Анализ физического состояния и химического состава вещества в различных термодинамических и гравитационных условиях приводит к выводу о концентрическом, слоистом строении Земли как результате длительной эволюции системы в целом. Каждая из сфер Земли имеет свое качественное своеобразие и специфическую функцию в этом развитии. И вместе с тем развитие каждой из сфер обусловлено взаимодействием ее с другими сферами и, следовательно, развитием Земли как единой системы.

Особенностями системы в целом, ее физической метрики: массы, размеров, условий сжатия и давления, температуры, расстоянием от центрального светила, по-видимому, объясняется и своеобразие химизма Земли⁶.

Известно, что Земля, как и вся Вселенная, состоит из одних и тех же химических элементов. Однако если наиболее распространенными элементами во Вселенной являются водород и гелий (Солнце и звезды содержат около 75% водорода и 24% гелия, а на все остальные элементы приходится только один процент), то на Земле водород и гелий составляют лишь около одного процента вещества земной коры. Кислород же, насчитывающий долю процента от вещества Вселенной, составляет 89% веса воздуха и воды и 46% веса твердой земной коры⁷. Широкая распространенность одних элементов и очень малая — других, различные способы сочетания элементов, их сохранение в пределах Земли, их зональное распределение и другие особенности резко отличают химизм Земли от химических превращений, совершающихся на других небесных телах. Химизм поверхностных зон звезд и некоторых планет имеет весьма упрощенный вид, элементарные химические реакции оказываются к тому же крайне неустойчивыми.

Итак, физическая метрика планеты в целом определяет физические условия различных геосфер, а эти условия, в свою очередь, определяют химическое состояние вещества в различных геосферах. В связи с этим привлекает к себе внимание точка зрения А. Ф. Капустинского, высказывающего мнение о том, что только земная кора является зоной нормальной химии, точнее «зоной кристаллохимии», поскольку в ней атомы химических элементов, как и кристаллические решетки, не деформированы. На более глубоких уровнях происходит сжатие и деформирование атомов. Электроны атомов перемещаются с внешних орбит на более глубокие энерге-

⁶ А. П. Виноградов ставит своеобразие химизма Земли в прямую зависимость от размеров ее тела. См. «О происхождении вещества земной коры». «Геохимия», 1956, № 1, стр. 27.

⁷ См. Г. Т. Сиборг и Э. Г. Вэлленс. Элементы Вселенной. М., Физматгиз, 1962, стр. 218, 194 и др.

тические уровни. Поэтому в этих зонах химические свойства как бы вырождаются и химические реакции осуществляться не могут. В зоне промежуточной оболочки химические реакции — аномалия, в зоне ядра химизм совершенно исключается⁸.

Следует заметить, однако, что точка зрения А. Ф. Капустинского не получила пока достаточного подтверждения. Более того, по данным, приводимым В. А. Магницким, сжатие оливина при давлении в несколько миллионов атмосфер никакого скачка в его плотности не вызвало⁹. Правда, в этом опыте давление было очень кратковременным и испытан всего один силикат. Поэтому данное опровержение нельзя считать полным.

Земля, оставаясь открытой системой, т. е. участвуя в обмене веществ и энергии с космическим миром, вместе с тем производит и воспроизводит внутренние условия своего существования и развития, обеспечивая концентрацию вещества и энергии, их распределение и перераспределение внутри системы между геосферами. Геосферы Земли — это области подвижных физико-химических равновесий. Стремление к устойчивости гравитационного, термодинамического и химического состояния в них все время нарушается и вновь воспроизводится. В непрерывном процессе взаимодействия между геосферами осуществляется саморегуляция системы по отношению к внешней среде. В этом обнаруживается относительная замкнутость, самостоятельность системы, ее относительная устойчивость. Устойчивость системы подвижна, так как все время нарушается взаимодействием со средой.

Итак, Земля — это целостная система, компоненты которой выступают частями этой целостности. Их взаимодействие и определяет внутренние условия сохранения и развития системы.

Все сферы Земли выступают частями единой системы планеты и в этом смысле они не самостоятельны. Однако подсистемы в макросистеме могут приобретать относительно самостоятельное значение. Такое относительно самостоятельное значение в системе Земли приобретает *геологическая система*, включающая в себя взаимодействие приповерхностных сфер Земли и отчасти мантии с эпицентром в литосфере. Иными словами, эта система литосферы, включающая в себя взаимодействие с атмосферой и гидросферой, с одной стороны, и мантией (верхней + средней?) — с другой. В это взаимодействие важнейшим компонентом включаются также биосфера и ноосфера. Геологическая система несомненно имеет связь и с ядром Земли, хотя эта связь носит уже более опосредованный характер. Земная кора — это зона минеральных тел и их комплексов, гор и равнин, морей и континентов. Она характеризуется своими специфическими материальными носителями и специфическими закономерностями развития.

⁸ См. А. Ф. Капустинский. Геосферы и химические свойства атомов. «Геохимия», 1956, № 1.

⁹ См. В. А. Магницкий. Внутреннее строение Земли, стр. 12.

По мнению некоторых исследователей, геологические процессы зарождаются на глубине 900—1000 км¹⁰. С этого же уровня, по-видимому, начинаются и геохимические процессы.

Земная кора по своему химическому составу — более сложное образование сравнительно с другими сферами Земли. Ее состав отличается уникальным сочетанием элементов и огромным многообразием их комплексов. Он насчитывает до 90 элементов. Наибольшее распространение (98,5%) имеют восемь элементов: кислород (47%), кремний (27,5%), алюминий (8,6%), железо (5,0%), кальций (3,5%), натрий (2,5%), калий (2,5%), магний (2,0%). На долю же таких элементов, как радий и плутоний, приходится только 0,000 000 001%¹¹.

Многообразие химического состава и в особенности химических превращений земной коры объясняется, по-видимому, особым положением ее в системе Земли, между мантией, с одной стороны, гидросферой и атмосферой — с другой. Результаты процессов, происходящих в осадочной оболочке, осложненные процессами плавления вещества мантии в условиях сравнительно низких температур и сравнительно низкого давления, получают свое воплощение в огромном разнообразии сочетания химических элементов, в образовании тел со специфическими, только им присущими свойствами. Химические процессы, происходящие в земной коре, оказываются неотделимыми от геологического развития. И эта связь сохраняется на всем протяжении геологического развития.

В геологической истории Земли изменяется ее атомный состав, исчезают одни элементы и нарождаются другие. Исчезают, например, уран, торий, актиноуран, изотопы калия, рубидия. Нарождаются гелий и свинец¹². В ходе геологической истории осуществляется миграция элементов, их рассеяние и концентрация. Это служит основой для многообразия сложных комплексов химических соединений, носящих исторический характер. Химические процессы являются важнейшим компонентом геологического развития, будучи органически вплетенными в него.

Геологическая материальная система занимает определенное место в общем ряду генетически связанных между собой естественноисторических материальных систем. Она является продуктом планетной системы, возникая на ее основе, и, в свою очередь, выступает предпосылкой, условием и средой более высокой по своей организации материальной системы — живой природы.

Геологическая материальная система носит исторический характер, знаменуя своим возникновением определенную стадию

¹⁰ См. В. В. Белоусов. Некоторые общие проблемы строения и развития Земли. Тезисы докладов совещания по проблемам тектоники. М., Изд-во АН СССР, 1962, стр. 137.

¹¹ См. А. П. Виноградов. Закономерности распределения химических элементов в земной коре. «Геохимия», 1956, № 1, стр. 44; см. также А. Г. Бетехтин. Курс минералогии. М., Госгеолтехиздат, 1961, стр. 28.

¹² См. В. И. Вернадский. О значении радиогеологии для современной геологии. «Тр. XVII сессии Междунар. геол. конгресса», 1939, т. 1.

развития планет — стадию формирования ее наружных слоев — литосферы, гидросферы и атмосферы. В эту стадию, по-видимому, могут вступать не все небесные тела и даже не все планеты. Это зависит от размеров планеты, ее массы и энергетического потенциала, а также ее удаленности от центрального светила. Так, в рамках солнечной системы наряду с Землей элементы геологического развития, точнее — его упрощенные аналоги, обнаруживаются на Меркурии, Марсе, Венере и спутнике Земли — Луне. Их нет в развитии Юпитера, Сатурна и других более внешних планет, как нет и в развитии звезд, туманностей и других небесных образований.

Поскольку геологическая система является частью системы планеты, она включает в себя все взаимодействия с космическим миром, которые характерны для Земли как планеты, как и ее внутренних сфер, включая ядро. Непрерывный обмен веществ и энергии между космическим миром и Землей, как и влияние внутренних сфер, трансформируется в геологической системе в форме специфических процессов, с которыми связано формирование ее структурных компонентов, начиная от горных пород и составляющих их минералов до слоев Земли и структурных форм земной поверхности. Вещественные компоненты геологической системы связаны между собой генетически и структурно. Система в целом характеризуется своей пространственно-временной структурой и своими законами движения и развития.

Итак, геологическая материальная система, будучи частью системы планеты, обладает относительной самостоятельностью, которая выражается прежде всего в специфических материальных носителях и соответствующих им процессах. Наряду с внешними она имеет и внутренние условия своего развития, внутренний источник развития.

КАЧЕСТВЕННОЕ СВОЕОБРАЗИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И ПРОЦЕССОВ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ

Исходными вещественными компонентами геологической системы являются горные породы и составляющие их минералы. Поэтому анализ этой проблемы и следует начать, очевидно, с их формирования.

Петроминералогенез — процесс образования горных пород и составляющих их минералов, осуществляется в трех основных видах геологических преобразований: осадочном, метаморфическом и магматическом.

Образование осадочных пород осуществляется под действием сложных физико-химических взаимоотношений в верхней части земной поверхности, подчиняясь термическим особенностям различных широт. Подчеркивая большую роль изменения климатического режима, осадочный петроминералогенез часто называют климатическим. Огромную роль в нем играет солнечная энергия.

Огромную, если не решающую, роль в нем играют жизненные процессы. В современный период развития земной коры большую роль играет и вмешательство в природные процессы человека.

С жизнедеятельностью организмов и продуктов их распада связана миграция химических элементов, образование свободного кислорода и углекислоты в атмосфере — основных деятелей осадочного петроминералогенеза. Погружаясь вместе с осадочными породами на значительные глубины, продукты биосферы несут с собой аккумулированную солнечную энергию¹³. Действием организмов обусловлено формирование почв и изменения климата. Таким образом, с живыми организмами связано формирование не только осадочного, но, учитывая метасоматический характер образования гранитного слоя, по-видимому, и этого последнего.

Метаморфический петроминералогенез — образование пород и минералов при погружении осадочных пород на значительные глубины в различных условиях температуры, давления, наличия растворов и газов. При этом происходит трансформация старых соединений, их молекулярная перегруппировка и перекристаллизация с образованием новых минеральных видов, устойчивых в соответствующих условиях.

Магматический петроминералогенез связан с образованием в глубинных недрах Земли огненных расплавов, поднятием их в вышележащие слои и даже выходом на поверхность. Истоки этого процесса лежат в мантии (верхней). Предполагают, что именно в этой области в силу большего оттока тепла, перепадов температуры и других причин появляются напряжения и неустойчивость вещества, его деформации и движение. Одновременно происходит выплавление и дегазация вещества по механизму зонного плавления¹⁴ с образованием тугоплавкой и легкоплавкой фракций. Тугоплавкая фракция — дунит или перидотит — и является аналогом вещества мантии, а легкоплавкая отвечает базальтовому слою земной коры. Вверх при этом перемещаются не легкие, а легкоплавкие элементы (объяснение наличия в коре «тяжелых» элементов). В результате этого процесса, а также, по-видимому, и за счет ассимилированных осадочных пород, погружающихся на значительные глубины, магма в приповерхностных зонах оказывается более кислой, обогащенной кремнием и алюминием. В более глубоких зонах образуются основные и ультраосновные породы.

Петроминералогенез во всех его формах — это сложный процесс, в котором огромную роль играет химия. Но вместе с тем его нельзя свести только к химической форме движения материи. Магматизм, например, можно было бы рассматривать, учитывая особую роль в нем химии, как химическое движение. Но такая характеристика была бы слишком узкой, поскольку она не учиты-

¹³ См. Н. В. Белов. Геохимические аккумуляторы. «Тр. Ин-та кристаллографии АН СССР», 1952, вып. 7.

¹⁴ См. А. П. Виоградов. О происхождении вещества земной коры. «Геохимия», 1956, № 1; см. также «Геохимия», 1961, № 1.

вает ни физических процессов, ни механических перемещений вещества, ни действия сил гравитации и ротационного эффекта. Конкретная значимость этого процесса не может быть понята без учета развития геологической системы в целом, взаимодействия различных факторов в нем, приуроченных к определенному пространству и времени.

Точно так же и процесс осадочного петроминералогенеза включает не только химическую, но и механическую дифференциацию вещества, характеризующуюся специфическими закономерностями.

Составные компоненты вещества земной коры — минералы и горные породы — это, конечно, химическое вещество. Однако такая характеристика не учитывает ни физических свойств минералов, ни условий их образования. Между тем известно, что в кристаллах не исчезают свойства атомов, в зависимости от их расположения в кристаллической решетке образуются разные минералы даже при одном и том же химическом составе вещества (графит, алмаз). Кристаллы обладают только им присущим электронным состоянием и другими специфическими свойствами.

Но чем же обусловлены эти свойства? Ответ на этот вопрос требует выхода в область минеральных сред, которые, в свою очередь, есть следствие действия геологических закономерностей. Условия таких сред не только определяют внутреннюю группировку атомов в кристаллической решетке, но и их перегруппировку. Только в этих средах атомы, ионы или молекулы оказываются во власти сил взаимного притяжения и отталкивания и строятся в определенном для каждого химического вещества порядке — структуре. Условиями минеральных сред определяются рост кристаллов, его скорость, консервация включений, появление и исчезновение дефектов, обратимость и необратимость превращений. Специфическая направленность этого процесса не исчерпывается ни рамками химии, ни рамками физики, ибо только в определенных геологических условиях физико-химические связи получают свое выражение в образовании особых материальных тел со своеобразными, только им присущими свойствами.

Сказанное еще в большей степени относится к таким геологическим объектам, как геологические формации, регионы, слои Земли. Все названные объекты есть результат геологического развития. Петроминералогенез выступает важнейшим компонентом этого развития. Он неотделим от другого важнейшего геологического процесса — тектогенеза.

Тектогенез — процесс перемещения огромных масс вещества земной коры, образование складчатых и разрывных нарушений, колебательных движений земной поверхности, образование глубоких морских впадин и огромных гор, континентов и морей. Тектогенез сопровождает магматизм и является важнейшим фактором трансформации вещества земной коры, его расслоения на базальтовый, гранитный и осадочный слои. С ним связано формирование основных структурных форм земной поверхности, залегание геоло-

гических тел, рельеф местности, климат, осадконакопление. Как и магматизму, тектогенезу сопутствуют вулканизм и землетрясения.

Эволюция структурных форм земной коры связана с эволюцией ее вещественного состава. Строение, как и вещественный состав земной коры, является итогом единой геологической истории.

Если главным направлением эволюции вещественного состава земной коры принято считать направление от базальтов к гранитам, то его формирование осуществляется в двух тектонических тенденциях: в движении от океанического типа земной коры к континентальному и расширении океанов за счет материков¹⁵.

Различают два типа земной коры: континентальный и океанический. Их отличие прежде всего в том, что континентальная кора трехслойна (базальтовый, гранитный и осадочный слои), океаническая кора лишена гранитного слоя. Континентальная кора отличается также своей мощностью.

По характеру колебательных движений, проявлению магматической деятельности и деформаций земная поверхность делится на области различных типов: геосинклинальные и платформенные. Геосинклинальные области характеризуются большой подвижностью вещества. Это области, состоящие из опускающихся и поднимающихся участков земной коры. В первых накапливаются мощные толщи осадочных пластов, подвергающиеся затем складчатости, горообразованию и выравниванию. В поднимающихся областях осадконакопление либо отсутствует, либо оно незначительно.

Платформы принято считать более поздними образованиями сравнительно с геосинклиналями. Они характеризуются большей стабильностью, медленностью колебательных движений, постепенным накоплением осадков, отсутствием или очень слабым развитием магматизма. Деформации коры в этих областях носят характер разломов со сдвигом одних частей относительно других преимущественно в вертикальном направлении.

Обе названные структуры встречаются как на континентах, так и в океанах. В океанах кроме геосинклинальных областей, приуроченных к их границам, различают повышенные океанические валы — тип коры, по-видимому, переходный между океанической и континентальной корой.

Процесс развития структурных форм земной коры, как и ее вещественного состава, не прекращается и поныне. И в настоящее время продолжается формирование осадочного, гранитного и базальтового слоев и соответственно геосинклиналей и платформ. Развитие на платформах осуществляется по иным закономерностям, отличным от вышеописанных («неотектонические движения»).

¹⁵ См. Д. И. Гордеев. Основные этапы развития атмосферы и гидросферы Земли. Настоящий сборник, стр. 75.

Как и петроминералогенез, тектогенез — это специфический геологический процесс. И хотя характеристику тектонических движений можно дать в соответствии с законами механики, однако эти законы не могут дать объяснения таких явлений, как образование гор и морских впадин, распределение суши и моря, образование континентов, т. е. специфики и сложности тектонических движений.

К основным геологическим процессам относится также и *морфогенез* — процесс формирования рельефа планеты, в крупном масштабе — морей и континентов, гор и равнин, в мелком — относительных повышений и понижений земной поверхности. В образовании рельефа отражается вся предшествующая история развития вещества и структурных форм земной коры, геологическое строение, тектонические движения, климатические и биологические условия. Особенно велика роль климатических, биогенных и социальных факторов. Морфогенез — это наиболее сложный процесс, изучаемый всем комплексом наук о Земле, особенно географией. По-видимому, не нужно доказывать, что такой сложный процесс, как морфогенез, включающий в себя все геологические связи как внутреннего, так и внешнего характера, не сводится к какой-либо одной из форм движения — механической, физической или химической.

Итак, основными геологическими процессами, с которыми связано формирование и развитие геологической материальной системы, являются *петроминералогенез, тектогенез и морфогенез*. Они связаны между собой генетически и объединены общими закономерностями развития земной коры как целостной самодвижущейся материальной системы. С этими процессами связано образование подсистем земной коры различного уровня, начиная от минералов и горных пород и кончая ее слоями.

Геологическое развитие — это длительный процесс, включающий в себя не только количественные, но и качественные преобразования. Паргенетические ряды в минералогенезе, складчатость и горообразование в тектонике, эволюция структурных форм земной коры, формирование морей и континентов и другие геологические процессы обнаруживают в своем развитии непрерывно-прерывный характер изменений, постепенное развитие, включающее в себя глубокие, необратимые качественные преобразования. Качественная специфика геологического развития не может быть исчерпана в рамках механики, физики и химии, хотя несомненно, что без привлечения названных наук самая сущность геологических преобразований не может быть раскрыта.

ВНУТРЕННИЕ ПРОТИВОРЕЧИЯ КАК ИСТОЧНИК РАЗВИТИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В геологическом развитии принимают участие многообразные материальные факторы. Огромно влияние космических факторов и прежде всего энергии Солнца, работы ветра, вод, ледников,

жизнедеятельности организмов и преобразующей деятельности человека. Необычайно велика роль глубинной дифференциации вещества, гравитационной и физико-химической, распада радиоактивных элементов, перемещения вещества Земли, образования огненных расплавов на значительных глубинах и выхода их на поверхность, вулканизма, землетрясений и других геологических факторов.

Все эти процессы в геологической системе не являются хаотическим нагромождением. Несмотря на свою видимую разрозненность, все они связаны между собой глубокими внутренними связями, общими закономерностями развития, интегрирующими их в единое целое, в единую целостную систему.

Геологическая материальная система, как и Земля в целом, развивается под действием двух факторов: внутренних и внешних. Между Землей и космосом происходит непрерывный обмен веществом и энергией. В ходе этого обмена формируется масса тела планеты, ее вещественный состав и энергетический потенциал. Этими связями определяются положение Земли в пространстве, ее размеры, фигура, движение, наклон ее орбиты к плоскости эклиптики, смещение вращения оси Земли и т. п. Ими же, по-видимому, в конечном итоге определяется и магнитное поле Земли, в которое втянуто ее ядро.

Внешние влияния сохраняют за собой на всем протяжении геологического развития роль условий и среды этого развития. Энергия Солнца оказывает решающее влияние не только на формирование, но и на современное состояние атмосферы и гидросферы, являясь основным видом энергии для процессов, происходящих на земной поверхности. Солнечной энергии Земля обязана происхождением жизни — могущественного фактора геологического развития. Огромно влияние на геологическое развитие гравитационных и ротационных сил. Огромно гравитационное влияние Солнца и Луны, вызывающее явления отливов и приливов в земной коре. Наличием радиоактивных элементов и атомной энергии Земля также обязана в конечном счете космической среде.

Внешние воздействия отражаются в дифференциации вещества земной коры как на поверхности, так и глубинной, развитии ее структур, в движении материков, распределении материков и океанов и т. д. По-видимому, нет ни одного геологического явления, в котором так или иначе не отражалось бы это влияние. Вместе с тем связи планеты с космическим миром, определившие возникновение и развитие планеты, являются внешними по отношению к геологической системе. Внутренние связи — это связи, определяющиеся взаимодействием элементов системы. Это относится как к Земле в целом, так и к ее коре как относительно самостоятельной системе. Эти внутренние связи определяют качественную специфику процесса, специфику его материальных носителей, его тенденции и закономерности.

Все внутренние факторы есть результат трансформации в дан-

ной системе внешних влияний. Эти влияния, будучи трансформированными системой, получают свое выражение в специфических видах уже внутренней энергии и образовании специфических структур. Так, глубинная дифференциация вещества — это уже собственно внутренний процесс, обязанный космическому влиянию лишь в конечном итоге. То же можно сказать и о радиоактивном распаде в недрах Земли, многообразии металлогенических реакций, процессах физико-химической дифференциации и интеграции вещества земной коры. Хотя в приповерхностных зонах коры решающее значение вновь принадлежит внешним воздействиям, но и здесь она трансформирована геологической системой.

Все специфические геологические процессы в геологии принято делить на две группы: экзогенные (внешние) и эндогенные (внутренние). Экзогенные процессы обязаны своим источником главным образом внешним воздействиям, идущим из космического мира. В них отражается взаимодействие литосферы с атмосферой и гидросферой. Эндогенные процессы обязаны своим источником энергии глубин (мантии). Такое деление имеет основание, хотя и является в значительной мере условным. Так, экзогенные процессы — это уже не внешние космические процессы, в них огромную роль играют и процессы глубин. Это геологические процессы в приповерхностных зонах Земли, в которых принимает участие весь комплекс геологических связей. Точно так же и эндогенные процессы несут на себе влияние процессов экзогенных. Вместе с осадочными породами на значительные глубины погружается аккумулятивная или солнечная энергия, выступая далее источником внутренних процессов. Поэтому уже собственно расплавление мантии (внутренний процесс) обусловлено в какой-то мере и действием внешних сил. Действие этих сил, по-видимому, является причиной неодновременности его протекания во времени и неравномерности в пространстве.

С другой стороны, осадочный петроминералогенез началом своим обязан космическим воздействиям. В этой связи высказывается даже мнение о решающем значении осадочных пород для возникающего разнообразия пород изверженных¹⁶. Но далее он осуществляется как разрушение изверженных пород в приповерхностных зонах Земли. Таким образом, осадочный петроминералогенез и магматизм оказываются между собой органически связанными. Такое соотношение эндогенных и экзогенных процессов, по-видимому, является общей закономерностью геологического развития. Двусторонним является и процесс тектогенеза. Внутренние факторы хорошо объясняют вертикальные движения, преобладающие в образовании структур земной коры. Однако глыбовое строение земной коры, наличие сети разломов, совпадающей с линией распределения напряжений во вращающейся системе Земли, гори-

¹⁶ См. Т. Ф. Барт. Идеи о взаимоотношении осадочных и изверженных пород. «Геохимия», 1962, № 1, стр. 299.

горизонтальные перемещения вещества указывают на весьма существенное влияние на тектогенез также и внешних сил. Одними внутренними факторами необъяснима поясность тектонических движений, их зональность. Внешние факторы объясняют явление изостазии — перетекание подкоровых и нижнекоровых масс в результате выравнивания давления, возникающего под влиянием нагрузки (ледниковой, лавовой) и разгрузки. Можно думать, что причины тектонических движений лежат внутри геологической системы. Что касается их характера, места, конкретных форм и последовательности во времени, — все это, видимо, зависит от внешних факторов.

Самым сложным геологическим процессом является процесс морфогенеза. Этот процесс включает в себя все геологические связи как внутренние, так и внешние.

Какие же противоположности являются ведущими в геологическом развитии? Общая противоположность, с которой связано развитие системы, обусловлена обменом веществ и энергии между Землей как планетой и окружающим ее космическим миром.

Начало геологического развития связано с преобразованием вещества Земли в наружных сферах вследствие воздействия межпланетной среды, в особенности волнового и корпускулярного излучения Солнца. Возможно, следствием этого процесса явилось удаление из состава Земли легких элементов, которое продолжалось вплоть до того периода, пока тело Земли оказалось в состоянии их удерживать (первичная атмосфера и гидросфера). Этот процесс существенно дополнялся и усиливался процессом расплавления вещества мантии под влиянием гравитационного сжатия и радиоактивного распада. Следствие этого процесса — гравитационная и физико-химическая дифференциация вещества Земли в приповерхностных зонах и образование трех сфер: литосферы, атмосферы и гидросферы.

Дальнейшее развитие геологической системы осуществляется уже на основе внутреннего противоречия — взаимодействия приповерхностных сфер, в которое включаются мантия (верхняя + средняя?), с одной стороны, и биосфера и ноосфера — с другой.

Это основное противоречие системы получает свое выражение в многообразии процессов противоположного значения и направленности: разрушение исходных пород, образование осадков и метаморфизм на глубинах, магмообразование, в котором оказываются связанными изверженные и осадочные породы, рассеивание и концентрация химических элементов, дифференциация и интеграция вещества и энергии, конструктивные и деструктивные процессы в тектонике и в общем плане — расширение и сжатие, притяжения и отталкивания, соотношение вещественного содержания и структуры на различных геологических уровнях.

Эти противоположные, но взаимодополняющие процессы получают свое выражение в образовании материальных тел и их комплексов, устойчивых в определенных условиях. Однако, поскольку

осуществляется непрекращающийся обмен веществом и энергией между сферами, устойчивость геологических тел оказывается относительной. Она носит подвижный характер, в котором равновесие теряется, компенсация утерянного равновесия все время снова нарушается, причем нарушение опережает компенсацию. Результатом является развитие системы. Таким образом, развитие выступает условием самосохранения системы, ее жизни.

Разнообразие процессов противоположного знака интегрируется целостностью системы. Это еще не столь органическое целое, каким является жизнь. Здесь процессы разъединены в пространстве и времени. Однако геологическая система — это высший тип целостности в неорганической природе, создающий предпосылки для жизни.

Развитие системы в силу внутренних противоречий с переходом каждой из сторон противоположностей в свою противоположность приобретает циклическую форму.

Аккумуляция вещества и энергии, их рассеивание, миграция химических элементов и их концентрация, аккумуляция осадков и их выветривание, возникновение гор и их выравнивание и разрушение, превращение участков моря в участки суши, высокорасположенных областей суши в дно океанов и всюду в этих процессах наблюдается тенденция к равновесию и также повсеместно оно нарушается изменением знака процесса.

Циклы в геологическом развитии многообразны. Они различаются по характеру, интенсивности своего протекания во времени, неравномерности в пространстве и т. п. В развитии геологической системы бурные эпохи, отличающиеся сильными изменениями, активными горообразовательными процессами, вулканизмом, землетрясениями, колебаниями материков, сменяются эпохами медленного эволюционного развития.

В геологии различают циклы магматические, климатические, тектонические и др. На геологические циклы накладываются и циклы органической природы. Геологическая цикличность охватывает различные периоды времени и неодинаковую протяженность в пространстве. Начиная от циклов мелких, связанных, вероятно, с суточными колебаниями температур, прослеживаются циклы мощных сложно построенных ритмов, связанные с изменением уровня суши на больших пространствах, с эпохами складчатости и горообразования, охватывающими до 30—40 млн. лет. Прослеживаются и циклы, охватывающие 100—200 млн. и мегациклы в 450—600 млн. лет¹⁷.

Цикличность осложняется неравномерностью ее развития на различных участках земного шара. К тому же каждый сравнительно небольшой цикл может выступать стадией развития цикла более высокого порядка.

¹⁷ См. В. Е. Хаин. Направленность, цикличность и неравномерность развития земной коры. Сб. «Строение и развитие земной коры». М., «Наука», 1964, стр. 24 и др.

Циклы свидетельствуют о способности системы к воспроизведению внутренних условий существования. Они выполняют функцию саморегуляции системы. Вместе с тем циклы никогда не повторяют друг друга. Циклическое развитие земной коры не снимает его направленности — от океанических платформ к геосинклинальным подвижным поясам и от них к континентальным платформам с последовательным утолщением коры сначала за счет базальтового, затем гранитного и осадочного слоев. Прослеживается и поступательное развитие горных пород и составляющих их минералов в развитии климата, фауны и флоры. Развитие органического мира рассматривается часто как ориентир геологического развития, его хронометр, указывающий на геологические изменения в ходе геологического времени (геохронологическая шкала).

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ФОРМА ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИИ

Анализ развития геологической материальной системы обнаруживает участие в нем разнообразных форм движения материи: механическое движение, различные физические формы, включая субатомные, сложные химические превращения, влияние живой материи и человека. Все эти формы входят в развитие геологической материальной системы. Все названные формы находятся в сложном переплетении, все они связаны многообразными связями и переходами, играя неодинаковую роль в различных геологических процессах. Одни из них могут преобладать в тех или иных явлениях, другие — отступать на задний план. Неодинаково и значение различных форм движения материи в разных разрезах геологического времени. Вместе с тем ни к одной из таких форм (механическое движение, физические формы, химическое, органическое движение) не сводится геологическое развитие.

Несомненно, что все геологические процессы в своем основании имеют законы механики, физики, химии, а многие из них и биологии. Более того, бурное развитие геологических наук в последнее время в значительной мере обязано внедрению методов геологических явлений и закономерностей исчерпывается названными науками так, что для геологии как науки не остается места. Процесс развития земной коры, ее вещественного состава и структуры не сводится ни к механическому перемещению вещества, ни к свойствам молекул, ни к свойствам атомов и «элементарных» частиц, как не сводится он и к развитию живого вещества. Разнообразие форм движения материи интегрируется в геологическом развитии, подчиняясь общегеологическим закономерностям, в специфике геологических тел, характеризующихся только им присущими свойствами.

Геологические процессы во всем многообразии своих связей, компонентов и закономерностей образуют особую, **геологическую**

форму движения материи. Это сложная форма, присущая единой системе, имеющей своих носителей, свои закономерности и свой собственный внутренний источник развития.

В генетическом развитии геологическая форма возникает из планетной, также сложной комплексной формы. В свою очередь, геологическая форма создает условия, вещественные компоненты и среду возникновения и развития более высокой формы — биологической. И хотя в образовании биологической формы решающая роль принадлежит химии, но «переход от химии к жизни» обусловлен геологическими условиями.

Ф. Энгельс указывал, что «после того как сделан переход от химии к жизни, надо прежде всего рассмотреть те условия, в которых возникла и существует жизнь, — следовательно, прежде всего геологию, метеорологию и остальное. А затем и сами различные формы жизни, которые ведь без этого и непонятны»¹⁸.

Рассматривая биологические явления как особый тип взаимодействия механики, физики и химии, он считал, что именно геология подготавливает его формирование, являясь его историей¹⁹.

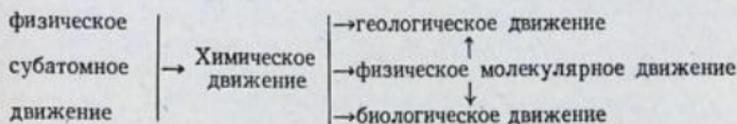
К признанию геологической формы движения материи приходят многие естествоиспытатели и философы, и это мнение довольно широко освещено в печати. В то же время некоторыми авторами правомерность такого выделения по сие время подвергается сомнению.

Отрицание геологической формы движения материи обычно связывается с попыткой сведения геологических процессов то к механическим, то к физическим, то к химическим, а иногда даже и биологическим. Такое сведение, как это вытекает из всего вышесказанного, нельзя считать правомерным.

Часто в качестве дополнительного аргумента используется и трудность определения места этой формы в традиционных схемах классификации форм движения материи.

В самом деле, если расположить формы движения материи в такой последовательности: физические формы → химическое движение → биологическое движение, то геологическая форма не помещается в этом однолинейном ряду. Если поместить ее между химической и биологической формами, она будет закрывать переход от химии к жизни.

Может ли геологическая форма движения найти свое место в классификации, если придерживаться принципа дивергенции природы начиная от химической формы на ее органическую и неорганическую ветви по схеме:



¹⁸ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 566.

¹⁹ См. там же, стр. 530.

С точки зрения структурного анализа такой подход как будто оправдан, ибо как биологическая, так и геологическая формы движения материи включают в свою структуру механические, физические и химические процессы. Но такая схема не соответствует генетическому аспекту рассмотрения форм движения материи, ибо, как ни велико значение физических и химических форм при возникновении геологической формы движения материи, в генетическом аспекте ей предшествуют не эти отдельные формы или какая-либо из них, а целостная материальная система — планетная система. Поскольку эта система имеет свои специфические закономерности развития, своих материальных носителей, свой внутренний источник развития, правомерно выделить *планетную форму движения материи*. Эта форма, так же как и геологическая, — сложная комплексная форма движения материи.

Поскольку речь идет о приведенной схеме, она несет в себе еще один недостаток. В ней геологическая и биологическая формы отделены друг от друга, с чем тоже согласиться нельзя. К тому же геологическая форма остается как бы вне общего плана развития материи.

Следует различать *простые* (фундаментальные) формы движения и формы движения *сложные, комплексные*. Выделение сложных форм движения материи приводит к необходимости перестройки общей классификации форм движения. Основной проблемой при этом будет уточнение вопроса не только о структурной, но и о генетической связи различных по типу форм движения материи.

Совершенно очевидно, что формы движения не однопорядковы. Комплексные формы соответствуют генетически связанным между собой сложным материальным системам. К ним, по-видимому, относятся и такие, как планетная, геологическая, биологическая, социальная. Естественно предположить, что в общегенетическом ряду планетной форме предшествуют формы движения материи галактического и метагалактического масштаба.

Что касается простых форм (или фундаментальных, поскольку они входят в фундамент сложных форм), то к ним надо отнести различные формы физического движения, включая и механическое, а также химическое движение. Эти формы, взятые изолированно, не могут рассматриваться, в отличие от сложных форм, как самостоятельные этапы развития природы. В генетическом аспекте они выступают как структурные составные компоненты сложных форм, характеризуя их фундамент. Входя в сложные комплексные формы, они могут в них развиваться, но своим развитием они обязаны условиям целостных систем. Фундаментальным формам, по-видимому, принадлежит особая роль в механизме перехода от одной сложной формы к другой по ходу развития.

Так, возникновение геологической формы движения материи обусловлено развитием планетной системы. Поэтому все те формы, которые входят в фундамент планетной формы движения, перехо-

дят в фундамент геологической формы, конечно при их соответствующей трансформации. В механизме перехода от планетной формы к геологической особая роль принадлежала, по-видимому, физическим формам (гравитационной, а затем и ядерно-физической).

В геологической форме движения фундаментальные формы получают свое дальнейшее развитие. Особенно это относится к химической форме движения материи. В силу развития этих форм в геологической системе вырабатываются условия для возникновения биологической формы движения материи (вещественный материал, климат и т. п.). В фундамент биологической формы переходят все те простые формы, которые были в фундаменте геологической формы, но в ином соотношении и при соответствующей трансформации. Особую роль при переходе от геологической к биологической форме сыграл химизм, развившийся на геологической основе.

Таким образом, анализ генетической связи форм движения материи должен восходить к сложным комплексным формам, соответствующим развитию естественноисторических систем. Структурный анализ этих систем позволит выявить в их фундаменте простые формы. Эти последние, образуя основание для развития сложных комплексных форм, сами в них развиваются. Простые формы, таким образом, входят во все сложные, однако в различном структурном соотношении и степени развития.

Сопоставление фундаментальных форм в различных естественноисторических системах раскрывает структурное их усложнение по ходу развития. Именно сложные формы движения, соответствуя этапам развития материи, и раскрывают общую закономерность развития природы.

Ф. Энгельс писал: «...если мы желаем говорить о всеобщих законах природы, применимых одинаково ко *всем* телам, начиная с туманности и кончая человеком, то у нас остается только тяжесть и, пожалуй, наиболее общая формулировка теории превращения энергии... Но сама эта теория превращается, если последовательно применить ее ко всем явлениям природы, в историческое изображение изменений, происходящих одно за другим в какой-нибудь мировой системе от ее возникновения до гибели, т. е. превращается в историю, на каждой ступени которой господствуют другие законы, т. е. другие формы проявления одного и того же универсального движения...»²⁰ (подчеркнуто мною.— Е. К.).

Формы движения материи, соответствующие естественноисторическим системам, и раскрывают подлинную историю природы в ходе ее развития.

Предшествующие в генетическом плане формы движения материи не исчезают с возникновением новых, более сложных форм. Они сохраняют за собой значение условий и среды существования

²⁰ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 553—554.

этих последних. Сопоставление сложных, комплексных форм приводит и еще к одному важному выводу: сложные формы связаны между собой как в восходящем, так и нисходящем плане, как прямыми, так и обратными связями. Так, геологическая форма, возникшая на основе планетной, в свою очередь, включается в планетное развитие. Биологическая форма, возникшая на основе геологической, становится далее могущественным фактором геологического развития. Социальная форма, включая в свое основание все природные формы и возникая на их основе, в силу обратной связи выступает важнейшим фактором развития природы.

Обратными связями можно, по-видимому, объяснить и возникновение материальных систем, которые, однако, не образуют самостоятельных форм движения материи. К числу таких систем относятся, видимо, почвообразовательный процесс, географическая среда и т. п. Эти системы базируются на взаимодействии сложных комплексных форм. Этот вопрос заслуживает большого внимания, однако выходит за рамки данной работы.

Подводя итоги сказанному, можно сделать вывод, что выделение геологической материальной системы как строго определенного этапа развития природы, которому соответствует своя специфическая форма движения материи, подводит к пониманию структурной связи форм движения материи в общем генетическом ряду. Геологический этап развития природы является необходимой предпосылкой и условием возникновения и развития более прогрессивных систем — биологической и социальной.

Д. И. ГОРДЕЕВ

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ АТМОСФЕРЫ И ГИДРОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

Среди сложных проблем современного естествознания важное место занимает вопрос о возникновении и развитии атмосферы и гидросферы Земли.

Атмосфера и гидросфера присущи не только Земле, но и ряду других планет солнечной системы, связанных единством происхождения. Единство космического происхождения планетных атмосфер и гидросфер не исключает, однако, чрезвычайной специфики их на каждой планете. Так, вода, например, не является телом, присутствующим только Земле, она имеется на всех планетах солнечной системы, но на каждой планете занимает особое положение и играет в истории планеты различную роль. Ее отсутствие, например, в атмосфере и на поверхности Меркурия и Венеры не опровергает эту закономерность, так как на указанных двух планетах вода несомненно существует в коре планет в связанном состоянии.

В науке на протяжении долгого времени имели место концепции, что все планеты проходят одинаковые стадии обогащения и потери воды. Так, Кант в середине XVIII в. предсказывал безжизненное будущее Земли вследствие ее усыхания, считая, что такова судьба любой планеты солнечной системы; Лоуэлль позднее в бедном водою Марсе усматривал доказательство более древнего его возраста по сравнению с возрастом Земли и т. д.

Проблема происхождения и развития атмосфер и гидросфер планет, проблема *общего* в этом процессе на всех планетах и *специфического* на каждой из них, может быть разрешена только при совместном труде представителей ряда отраслей естествознания, в первую очередь таких, как астрофизика, геофизика, космогония, геология, космохимия, геохимия.

Задача осложняется еще и тем, что в развитии атмосфер и гидросфер существуют этапы, когда зависимость этого развития от развития планеты в целом качественно меняется. Качественно меняется на разных этапах и обратное влияние этих сфер на ход истории планетного тела. Больше того, на Земле, например, в ходе

развития качественно менялись на разных этапах взаимовлияния атмосферы и гидросферы.

Все эти вопросы кроме фактического обоснования требуют философского осмысления в аспекте решения проблемы целого и части, части как своеобразной целостности, этапности развития, новообразования и т. д. Это приводит к необходимости совместной работы естествоиспытателей и философов.

Решение вопросов эволюции атмосферы и гидросферы Земли возможно только в результате разрешения космогонической проблемы происхождения нашей планеты.

За последнее время в науке все большее распространение получает точка зрения, что вода была одним из первичных соединений, из которых формировалось планетное тело — Земля. Наиболее полно эту точку зрения изложил и обосновал американский ученый Гарольд Юри в 1952 г. в книге «Планеты, их происхождение и развитие»¹, а также в статье «Происхождение Земли»². Юри считает, что планеты образовались в результате соединения мелких твердых частиц. Соединение частиц пыли протопланетного облака могло происходить при коагулирующем действии жидких или влажных тел. При формировании Земли и Венеры роль такого «склеивающего» вещества играла вода. Для Меркурия, по его мнению, температура была слишком высока, а для Марса и особенно для области астероидов слишком низка, чтобы вода могла эффективно играть эту роль. В формировании Юпитера и Сатурна такую роль играл жидкий аммиак, для более дальних планет — жидкий метан.

Уже на первых стадиях формирования Земли, когда она была еще протопланетой, в состав слагающего ее вещества входила вода во всех трех фазах: твердой, жидкой и газовой. Однако вопрос об условиях и механизме образования атмосферы и гидросферы Земли остается в науке еще очень не ясным.

К настоящему времени твердо установлено, что главную массу вещества Солнца и звезд составляют водород и гелий. В земной атмосфере содержание их, наоборот, ничтожно. По-видимому, все легкие газы на Земле (H^1 , H^2 , H^3 , He^3 , He^4) не являются первичными космическими газами, а являются продукцией самой Земли и непрерывно покидают Землю. А. П. Виноградов³ при этом обращает внимание на следующие факты. Количество гелия, радиогенное происхождение которого уже не вызывает сомнений, в земной атмосфере меньше, чем можно было ожидать исходя из скорости распада урана и тория в земной коре. В то же время отношение $H^1:H^2$ в газах современной атмосферы Земли не рав-

¹ H. Urey. The planets, their origin and development Yale Univ. Press, New Haven, 1952.

² См. Гарольд Юри. Происхождение Земли. В кн.: «Ядерная геология». М., ИЛ, 1956.

³ См. А. П. Виноградов. Геохимия изотопов. «Изв. АН СССР», сер. геол., 1954, № 3.

новесно и сдвинуто в сторону обогащения более тяжелым водородом — Д⁴. Эти факты свидетельствуют, во-первых, об ускользании легких газов из земной атмосферы в масштабе геологического времени, во-вторых, о более интенсивном ускользании более легких из них.

Инертные газы (аргон, неон, ксенон, криптон) также находятся в земной атмосфере по сравнению с Солнцем в очень малых количествах. Они также не являются остатком первичных космических газов, а имеют вторичное, земное, радиогенное происхождение. Кстати, они не наблюдаются в сколько-нибудь заметных количествах ни на одной планете.

В настоящее время не получила еще своего объяснения аномалия отношения изотопов азота N¹⁴:N¹⁵ в земной атмосфере (99,635 и 0,365%) по сравнению с отношением их на Солнце.

Геохимическая история газов и паров H₂O, CO₂, O₂, C, S, Cl, Br в атмосфере еще совершенно неясна. Одни объясняют сохранность этих газов на Земле тем, что они в процессе образования Земли находились в составе твердых соединений и выделились как газы в результате последующих химических реакций. Другие считают, что многие из перечисленных элементов имеют радиогенное происхождение. Во всяком случае благодаря разнообразным химическим процессам на Земле происходит непрерывно изменение состава атмосферы и гидросферы, а благодаря радиоактивным процессам — изменение изотопного состава элементов, составляющих указанные сферы, — в масштабе геологического времени.

В истории земной атмосферы и гидросферы можно выделить шесть основных этапов. Первый этап — до возникновения твердой земной коры и водоемов на ее поверхности, когда состав атмосферы Земли был совершенно иной, а водяные пары составляли лишь часть атмосферы. Этот мало выясненный этап является предметом изучения космогонии. Второй этап — от возникновения первых водоемов на Земле до формирования в них органических веществ. Третий этап — длительный период формирования органического вещества, а затем и низших форм жизни на Земле. Его особенности являются предметом изучения ряда отраслей науки — астрономии, геохимии, биохимии, физики, химии, биологии, всех тех отраслей, которые связаны с решением проблемы происхождения жизни. Четвертый этап истории гидросферы — биогенный, неразрывно связанный с процессом эволюции жизни на Земле. Этот этап является предметом изучения ряда отраслей науки: геологии, палеобиологии, палеоокеанологии, палеометеорологии, палеогидрогеологии и др. С пятым этапом связано образование океанических впадин. Шестой этап — современный, или антропогенный, связан с деятельностью человека.

Первый этап истории земной атмосферы и гидросферы. Узловой комплексной проблемой радиогеографии, космохимии и космо-

⁴ Для литосферы, гидросферы и атмосферы в целом отношение N¹:N² составляет 6409.

гонии в настоящее время является проблема возраста самих химических элементов, в частности химических элементов Земли.

Вопрос о возрасте химических элементов связан с проблемой их происхождения и эволюции. В настоящее время общепризнано, что в любых термодинамических условиях прошлого Земли не был возможен синтез элементов, тем более тяжелых. Земля получила все химические элементы готовыми еще в момент своего формирования как планеты. Возраст тяжелых радиоактивных элементов определяет верхний предел возраста Земли. Он определяется цифрой в 5,3 млрд. лет. Это возраст вещества, из которого построены Земля и, по-видимому, все тела солнечной системы. Нижний предел возраста Земли ограничивается возрастом древнейших минералов земной коры. Он определяется цифрой в 3,4 млрд. лет. Таким образом, возраст Земли как самостоятельно эволюционирующего космического тела заключается в пределах 3,4—5,3 млрд. лет.

Весьма важно накопить материал, дающий представление об абсолютном возрасте наиболее древних осадочных образований Земли. Он дает верхний предел возраста водных бассейнов на поверхности планеты. Эта задача пока не решена.

Химическая эволюция Земли на протяжении указанного времени заключалась в исчезновении некоторых изотопов химических элементов, в изменении изотопных отношений химических элементов и создании все более сложных со временем молекулярных их соединений. Вода же на Земле как молекулярное соединение (H_2O) имеет тот же возраст, что и сама Земля.

На ранней стадии формирования протопланеты, по мнению Юри, образовалась не только ее твердая часть, но вследствие гравитационной дифференциации вещества возникла и первичная газовая оболочка.

Данные современной астрофизики и космогонии приводят к заключению, что первичная атмосфера Земли была целиком ею потеряна и что современная газовая оболочка представляет вторичное явление⁵. Межзвездная среда состоит из крайне разреженного газа (10^{-25} г/см³), в состав которого входят главным образом водород (около 90%) и гелий (около 9%). То же наблюдается и в современной солнечной атмосфере. По-видимому, прото-Земля в виде газово-пылевого облака представляла тело, на 90% состоявшее из водорода и гелия. Земля составляет очень небольшую часть этого первоначального тела. Согласно Г. Кейперу⁶, современная Земля составляет всего $1/200$ исходной протопланеты. Сгущаясь и теряя водород и гелий, прото-Земля постепенно становилась все более разнообразной по составу. Г. Юри объясняет этим непропор-

⁵ См. В. Г. Фесенков. Первичное состояние нашей планеты. В кн.: «Возникновение жизни на Земле». Сб. докладов на Международном совещании. М., Изд-во АН СССР, 1957, стр. 10.

⁶ The atmospheres of the earth and planets. Ed. G. Kuiper. The Univ. of Chicago Press. Chicago, 1952.

ционально малое содержание инертных газов в земной атмосфере по сравнению со средним космическим. Остальные перечисленные летучие вещества сохранились в количествах, более близких к средним космическим величинам, вследствие связанности их в различных химических соединениях. Продолжительность процесса образования планет, в том числе и Земли, из протопланетного облака определяется приблизительно в 100 млн. лет.

Для решения проблемы первоначального формирования водных масс на Земле очень важно иметь представление о ранней термической истории Земли. Этот вопрос еще очень спорный. Первыми источниками тепла могли быть следующие четыре: энергия конденсации, энергия образования различных химических соединений, энергия радиоактивного распада, энергия, выделяющаяся при перераспределении внутренних масс планеты по их молекулярному весу.

В термической истории Земли можно выделить ряд этапов: 1) этап низких температур газовой-пылевой облака, 2) этап постепенно возрастающей температуры прото-Земли, 3) этап высокой температуры Земли порядка 100—200°C, 4) этап постепенного падения температуры. Если бы в истории Земли был этап полного расплавления земного шара с температурой в несколько тысяч градусов, то все легкие газообразные вещества, как и вода, были бы полностью потеряны Землей. «Ряд других соображений, — пишет В. А. Соколов, — также говорит против образования атмосферы и гидросферы Земли в результате ее полного расплавления с последующей конденсацией воды. Более обоснованными являются представления о постепенном выделении газов на протяжении всей истории Земли»⁷.

Это выделение газов происходило в добиогенную стадию существования Земли за счет процессов: а) радиоактивных, с образованием He и Ar; б) радиохимических и фотохимических, с образованием O, H, H₂O, CO, CO₂, N, N₂O, NH₃, углеводов; в) химических процессов разложения и синтеза, с образованием ряда газов, которые выделялись последовательно — в соответствии с их температурами кипения и давления их паров. Так, первоначально выделялись Ne, N, CO, Ar, CH₄, Kr (температуры кипения от —245,9°C до —152,9°C), затем CF₄, Xe, C₂H₄, C₂H₆, N₂O (температуры кипения от —128°C до —83,6°C), позже по мере постепенного разогрева Земли — CO₂, H₂S, C₃H₈, CO, NH₃ и др., еще позже выделяются пары воды.

Рассматривая историю земной атмосферы, В. А. Соколов⁸ выделяет следующие стадии ее в соответствии с этапами существования Земли.

⁷ В. А. Соколов. Эволюция атмосферы Земли. В кн.: «Возникновение жизни на Земле». Сб. докладов на Международном совещании. М., Изд-во АН СССР, 1957, стр. 16.

⁸ См. там же, стр. 22—23.

Стадия газовой-пылевой облака и образования Земли как сущности в этом облаке. Атмосфера содержала Н и Не, происходила диссипация этих газов.

Стадия разогрева Земли. В процессе постепенного разогрева протопланеты происходило восстановление окислов железа и силикатов, внутренние части протопланеты обогащались металлическим железом. В атмосферу выделялись различные газы. Образование газов происходило за счет радиоактивных, радиохимических и химических процессов. В атмосферу выделялись первоначально главным образом такие газы, как Ne, N₂, CO, CH₄, H₂. Происходило также выделение He, Ar, Kr, Xe. В атмосфере создавалась восстановительная обстановка. Возможно, шло и некоторое образование NH₃ за счет синтеза. Затем в атмосферу помимо указанных начали поступать и другие газы — CO₂, H₂S, NH₃. Происходила диссипация водорода и гелия. Выделение водяных паров и образование гидросферы обуславливали снижение концентраций хорошо растворимых и химически активных газов (CO₂, H₂S, NH₃). Состав атмосферы соответственно изменялся. Именно на этой (горячей) стадии прото-Земля потеряла значительную часть своей массы, так как такие летучие вещества, как водород, инертные газы, углерод в виде метана, азот в виде элемента или аммиака, кислород в виде воды, паробразные силикаты, были большей частью (но не целиком) потеряны Землей.

Стадия постепенного охлаждения. Через вулканы и другими путями продолжалось выделение из магмы и магматических пород водяных паров, CO₂, N₂, CO, H₂, CH₄, NH₃. Происходило также выделение H₂, O₂, He, Ar за счет радиохимических процессов и превращений радиоактивных элементов. В атмосфере постепенно накапливались CO₂ и N₂. Появилась небольшая концентрация O₂ в атмосфере, но присутствовали в ней также CH₄, H₂ и CO (из вулканов). Кислород окислял эти газы. По мере остывания Земли водород и инертные газы продолжали улетать из земной атмосферы в межпланетное пространство, другие же газы первичной атмосферы стали полностью удерживаться земным притяжением. Эта вторичная атмосфера содержала в себе некоторый остаток водорода, воду, аммиак, сероводород, она носила резко восстановительный характер.

Вопрос о термической истории Земли, о тепловом и вообще энергетическом балансе нашей планеты мало выяснен. Одни ученые придают решающее значение в истории энергетики Земли притоку солнечной энергии, ее консервации, захоронению и проявлению на глубине. По их мнению, и эндогенные и экзогенные процессы на Земле вызваны в конечном счете гелиоэнергией. В этом усматривается единство эндогенных и экзогенных процессов (М. С. Эйгенсон, В. И. Лебедев, Н. В. Белов).

Другие ученые считают термическую энергию Земли реликтом первичного космогонического запаса энергии, унаследованного пра-Землей от ее космических прародителей (по И. Канту —

от первичной нерасчлененной массы солнечной системы, по О. Ю. Шмидту — от планетизималей).

Третьи считают, что вращение Земли вокруг своей оси является главным источником ее энергии (И. Кант, Б. Л. Личков, М. С. Стюарт).

Четвертые придают решающее значение в истории энергетики Земли радиоактивным процессам (Дж. Джели, В. И. Вернадский).

Вопросу о тепловом балансе Земли было уделено большое внимание на Первом совещании по вопросам космогонии в 1951 г. Так, В. А. Крат указал, что если бы количество урана, тория и калия-40 было бы во всей массе Земли таким же, как в 20-километровом слое земной коры, то благодаря малой теплопроводности Земли за три миллиарда лет в ее недрах накопилось бы столь большое количество энергии, что вся планета перешла бы в газообразную фазу. В. В. Щербина доказывал, что возраст Земли в $3,5 \cdot 10^9$ — $5 \cdot 10^9$ лет достаточен для того, чтобы количество радиоактивного тепла, выделяемого ураном-235 и калием-40, могло довести все вещество Земли до расплавленного состояния. Повышение температуры до 1500°C достаточно было бы, чтобы возникла жидкая магма. П. Н. Кропоткин сослался на ряд подсчетов, показывающих, что энергии тектонического происхождения (энергии, освобождавшейся при землетрясениях и переходящей в теплоту) было достаточно, чтобы привести к местному расплавлению отдельные участки коры или субстрата в течение одного миллиона лет⁹. Он считает, что радиоактивного тепла и тепла, освобождающегося при тектонических деформациях, достаточно, чтобы Земля, первоначально холодная, расплавилась бы на некотором этапе своей истории почти до самой поверхности.

В настоящее время признается, что Земля с поверхности теряет тепло в количестве, по одним данным, 40 эрг/сек , по другим — $2,4 \cdot 10^{-6} \text{ кал см}^2/\text{сек}$. Средняя потеря тепла Землей исчисляется в $0,04 \text{ кал}$ на 1 г вещества за один миллион лет.

Однако этот вопрос еще недостаточно выяснен. Количество выделяющегося радиоактивного тепла в разных сферах Земли также неизвестно.

Вопрос об энергетической (в частности, термической) истории Земли и о тепловом балансе ее принадлежит к труднейшим проблемам космогонии и геологии.

Второй этап истории земной атмосферы и гидросферы. Как уже говорилось выше, по данным современной науки, вода на Земле как молекулярное соединение имеет тот же возраст, что и сама Земля. Первоначально, при образовании прото-Земли, вся вода была в различной форме связанной с веществом протопланеты. По мере того как из холодной протопланеты формировалась Земля и постепенно повышалась ее температура, вода все более входила

⁹ Кстати, такие взгляды высказывал еще в 70-х годах XIX в. геолог Н. А. Головкинский в публичной лекции «Мысли о прошедшем и будущем нашей планеты». См. «Зап. Новороссийск. ун-та», 1876, т. 18.

в состав силикатного магматического раствора. Часть ее при этом испарялась из магмы в атмосферу, а затем и диссипировала.

По мере охлаждения Земли диссипация водяных паров ослабевала, а затем практически прекратилась совсем. Атмосфера Земли стала обогащаться содержанием водяных паров. Однако атмосферные осадки и возникновение водоемов на поверхности Земли стали возможны лишь значительно позднее, когда температура на поверхности Земли стала ниже, чем 100°C .

Это время снижения температуры на поверхности Земли до величины менее чем 100°C было несомненно скачком в истории гидросферы Земли. До этого момента вода в земной коре находилась лишь в химически и физически связанном состоянии, составляя вместе с породами единое неделимое целое. Вместе с тем вода находилась в виде газа или горячего пара в атмосфере.

По мере того как температура становилась ниже 100°C , на поверхности Земли стали выпадать обильные горячие дожди, образовавшие довольно быстро обширные неглубокие водоемы. Только начиная с этого времени на поверхности могли формироваться моря или первичный океан, а в породах Земли наряду со связанной водой застывающей магмы и возникших магматических пород появляется свободная капельножидкая вода. С этого момента в истории Земли начинают проявляться закономерности, изучаемые ныне наукой о подземных водах, т. е. гидрогеологические закономерности.

Абсолютный возраст этого момента истории гидросферы еще не установлен. Еще не разработаны методы, позволившие бы решить вопрос о возрасте мирового океана. В настоящее время делается попытка геохимического подхода к решению этой проблемы — попытка определить возраст Мирового океана по привнесу в него того или другого легко растворимого, накапливающегося в нем элемента или определенного изотопа этого элемента. Абсолютный возраст наиболее древних осадочных образований также решил бы этот вопрос. Он явился бы верхним пределом возраста водных бассейнов на поверхности Земли. Сейчас событие может быть датировано лишь ориентировочно в 2—3 млрд. лет.

В этой области возникают семь вопросов, мало к настоящему времени выясненных в науке: 1) время, отделяющее нас от этой переломной стадии в истории земной гидросферы; 2) морфологический характер первоначальных водоемов (площадь, глубина, распределение на поверхности Земли); 3) факторы, формировавшие океанические впадины; 4) характер геологической деятельности водных растворов при общей восстановительной (а не окислительной) среде; 5) темпы минерализации океанических вод; 6) характер и темпы минерализации подземных вод по мере образования осадочного чехла земной коры до установления окислительной среды в атмосфере и гидросфере Земли; 7) причины, закономерности, темпы увеличения массы океанической воды на Земле.

В 1951 г. американский ученый Рабей¹⁰ высказал гипотезу пополнения океанов водой за счет гранитов по схеме: выделение гранитов в процессе дифференциации, образование гранитных материков, всплывающих все выше, и параллельно с этим — выделение магматической воды, заполняющей расширяющиеся и углубляющиеся постепенно океанические впадины.

В. В. Белоусов¹¹ в 1955 г. подверг сомнению такой ход процесса — по крайней мере по отношению ко всему времени развития земной коры и океанов на ее поверхности.

Но эта гипотеза, по-видимому, вполне правдоподобна для архея (1—1,3 млрд. лет назад), когда происходило равномерное на всей поверхности планеты формирование гранитной коры.

Согласно Л. К. Грейтону¹², содержание водяного пара в извергающейся магме вулканов может достигать до 10% по весу. В 50-х годах XX в. накопились факты, доказывающие, что гранитная магма при больших давлениях, соответствующих глубине в 10—20 км, может удерживать огромное количество воды в растворе, достигающее до 10% ее веса. Согласно мнению других исследователей, гранитная магма содержит воду в количестве до 6% по весу, тогда как после кристаллизации в граните остается только 1% воды, следовательно, выделяется из него 5%.

В. Г. Фесенков, в согласии с мнением Герансона и Г. Джеффрейса, пишет, что у гранитов «при уменьшении давления способность удерживать воду быстро падает, и вода начинает выделяться наружу в виде пара. Следовательно, всякий вынос сиалического материала на поверхность должен неизбежно привести к выделению огромного количества воды, остающейся на быстро остывающей Земле и заполняющей впадины между сравнительно легко поднятыми континентами, если представить себе, что в среднем глубина океанов, предположенных равномерно распределенными по всей земной поверхности, составляет около 3—4 км, то для объяснения выделения этого количества воды из недр Земли нужно только представить себе подобный вынос веществ в пределах небольшой толщи, примерно в 20—30 км, что и соответствует наружной толще коры земного шара»¹³.

Во всяком случае такой механизм формирования первых водоемов на поверхности Земли на протяжении второго этапа истории атмосферы и гидросферы Земли вполне вероятен.

Количество воды на этом этапе на поверхности Земли было значительно меньше, чем в настоящее время. По мнению Юри,

¹⁰ W. W. Rubey. Geologic History of sea water. «Bull. Geol. Soc. Amer.», 1951, vol. 62, No. 9.

¹¹ См. В. В. Белоусов. О геологическом строении и развитии океанических впадин. «Изв. АН СССР», сер. геол., 1955, № 3.

¹² См. Л. К. Грейтон. Предположение о вулканическом тепле. М., ИЛ, 1954.

¹³ В. Г. Фесенков. Первичное состояние нашей планеты. В кн.: «Возникновение жизни на Земле». Сб. докладов на Международном совещании, стр. 13.

тогда имелось примерно 10% воды современных океанов. Остальная вода гидросферы и атмосферы образовалась в дальнейшем (при формировании литосферы) из гидратов силикатов и вообще из конституционной воды земных недр.

Существенно отличался и химический состав гидросферы. Впервые, температура воды была первоначально около 100°C, затем постепенно падала. Ювенильная вода первичных морей была беднее растворимыми в ней компонентами, чем вода современного океана. Состав этих компонентов был иной.

В первичных водоемах Земли в большом количестве были растворены многообразные различной степени сложности органические вещества — углеводороды, а также кислородные, азотистые, сернистые производные их, образовавшиеся в атмосфере из метана, аммиака, паров воды и сероводорода под влиянием электрических разрядов и ультрафиолетовой радиации. По мнению Юри¹⁴, первичный океан представлял собой 10-процентный раствор этих веществ. Химические реакции носили восстановительный характер. Химический состав современного океана сформировался постепенно в результате круговорота воды на Земле или так называемых гидрогеологических циклов.

Третий этап истории земной атмосферы и гидросферы. Возникновение биосферы. Особенности состава и эволюции атмосферы и гидросферы Земли на протяжении третьего этапа их истории выясняются в процессе разрешения сложной комплексной научной проблемы происхождения жизни на Земле. Большое значение на пути ее решения имел Международный симпозиум по происхождению жизни на Земле, происходивший в Москве 19—24 августа 1957 г. и организованный Академией наук СССР и Международным союзом биохимиков.

В настоящее время в связи с работой по выяснению этой сложной проблемы устанавливается, что ко времени возникновения жизни на Земле реакции в атмосфере и гидросфере носили по преимуществу восстановительный характер благодаря отсутствию свободного кислорода и наличию водорода, аммиака, метана и других углеводородов. Это обстоятельство, как утверждают биохимики, должно было способствовать химическим процессам усложнения органических соединений. Смесь газов из водорода (до 90%), аммиака, метана, паров воды и, может быть, окиси углерода в атмосфере, подвергаясь воздействию различных видов энергии (космического излучения, солнечного ультрафиолетового излучения, электрических разрядов, высоких температур и др.), давала начало ряду органических веществ.

На протяжении длительного времени, — вероятно, около двух миллиардов лет, — в водной среде происходили реакции взаимодействия растворенных органических и неорганических веществ с образованием все более сложных органических соединений вплоть

¹⁴ H. Urey. The planets, their origin and development. Yale Univ. Press, New Haven, 1952.

до возникновения живой материи — жизни. При этом многие растворенные соли, как и не растворимые в воде осадки, на поверхности которых адсорбировались органические вещества, были катализаторами¹⁵. Среди сложных органических соединений в первичных водоемах до появления жизни возникли и находились в растворе: сахара, кислоты жирного ряда, липоиды, порфирины, аминокислоты, нуклеиновые кислоты, органофосфорные соединения и др. Их полимеризация и дальнейшее усложнение состава привели в конце концов к возникновению сложных высокомолекулярных полимеров, до некоторой степени сходных по своему аминокислотному строению с белками. Процессу их полимеризации способствовало каталитическое действие глинистых частиц ила, кристалликов кварца, гидроокиси железа. Возникновение этих сложных органических соединений шло, конечно, совсем иными путями, чем оно происходит теперь в живых организмах¹⁶. Эта абиогенная очень длительная во времени (может быть, 2 млрд. лет) стадия органохимической эволюции углеродистых соединений качественно отличалась от последующей биогенной стадии.

По-видимому, на поздней стадии абиогенной эволюции разнообразные сложные белковоподобные полимеры соединялись в высокомолекулярные ассоциации. Эти ассоциации выделялись из общего раствора — сначала в виде плавающих капель (коацерватов), затем в виде масс, адсорбированных плавающими глинистыми частицами и скопляющихся на дне водоема, составляя более или менее значительную часть донного ила.

«Образование коацерватов в водах земной гидросферы, — пишет акад. А. И. Опарин, — явилось весьма важным этапом в эволюции первичных органических веществ и в процессе возникновения жизни. До этого органическое вещество было неразрывно слито с окружающей средой, равномерно распределено во всем объеме растворителя. При образовании коацерватов молекулы органических полимеров сконцентрировались в определенных пунктах пространства и отделились из окружающей среды более или менее резкой границей»¹⁷. Только при этих условиях могли возникнуть живые системы, мог возникнуть биологический обмен веществ и самовоспроизведение вещества. Только на этом этапе первичный Мировой океан начал переставать быть своего рода «мировым бульоном»¹⁸, т. е. равномерным раствором веществ¹⁹.

¹⁵ См. А. И. Опарин. Возникновение жизни на Земле. М., Изд-во АН СССР, 1957, стр. 178, 185.

¹⁶ См. там же, стр. 188—203.

¹⁷ Там же, стр. 296.

¹⁸ Там же, стр. 295.

¹⁹ В настоящее время существуют и другие точки зрения о происхождении и первоначальном развитии жизни на Земле, отличные от взглядов акад. А. И. Опарина. См., напр.: Д. Ф. Петров. Новое в вопросе о происхождении жизни на Земле. «Вопросы философии», 1963, № 3, стр. 145—156. Они, однако, не меняют представлений автора данной статьи о характере основных этапов эволюции атмосферы и гидросферы Земли.

Акад. А. И. Опарин выделяет четыре качественно различные ступени поступательной эволюции исходных коацерватных систем: 1) возникновение способности их к самосохранению в условиях постоянного взаимодействия с внешней средой; 2) возникновение систем, способных не только к самосохранению, но и к увеличению (росту) своей массы за счет веществ окружающей внешней среды; 3) приобретение системами не только динамической устойчивости но свойств все большей и большей динамичности, когда совершающиеся в них реакции стали протекать все с большей скоростью; 4) ступень, когда при быстром и массовом разрастании исходных систем начал происходить естественный отбор только тех из них, в которых реакции распада и синтеза согласовывались между собой так, что возникали стационарные, постоянно повторяющиеся цепи и циклы, что приводило к постоянно повторяющемуся новообразованию того или иного продукта обмена. На этой основе и возникла характерная уже для живых существ способность к самовоспроизведению. «С этого момента, — пишет А. И. Опарин, — можно говорить о возникновении жизни, и на этой стадии эволюции материи естественный отбор в полной мере приобрел свой биологический смысл»²⁰.

Значительно позже живое вещество приобрело свойство биогенного фотосинтеза, а вместе с тем и стало создавать те ярко выраженные окислительные условия на земной поверхности, которые характерны для настоящего времени. Эти окислительные условия возникли не сразу. Они создавались в течение длительного геологического времени, может быть в течение сотен миллионов лет. Следовательно, между этапом восстановительных условий в земной атмосфере и гидросфере и этапом окислительных условий выделяется переходная стадия.

Некоторые авторы (Г. Тоде, например)²¹ приходят к выводу, что коренной переход от восстановительных условий к окислительным в земной атмосфере наступил только 700—800 млн. лет назад, т. е. когда на Земле уже существовала значительно развитая жизнь и начался фотосинтез. По-видимому, это относится к середине протерозоя²². Если возраст нашей планеты определяется в 3,4—5,3 млрд. лет, то, следовательно, на значительную часть ее существования приходится восстановительный характер атмосферы и гидросферы.

Конечно, и на раннем этапе истории Земли в ее атмосфере имело место накопление кислорода. Он возникал под влиянием коротковолновых ультрафиолетовых солнечных лучей, разлагающих в верхних слоях атмосферы воду. Но нужно иметь в виду,

²⁰ А. И. Опарин. Возникновение и развитие жизни на Земле. «Вопросы философии», 1958, № 11, стр. 56.

²¹ См. А. И. Опарин. Возникновение жизни на Земле, стр. 142.

²² Если считать, как это принято большинством геологов, что от конца протерозоя до настоящего времени прошло 450—550 млн. лет, а продолжительность самой протерозойской эры равна 600—800 млн. лет.

что при этом, как пишет акад. А. И. Опарин, «хотя водород постепенно улетаивался в мировое пространство, количество освобождающегося таким абиогенным путем кислорода было очень невелико, во всяком случае недостаточно для того, чтобы вызвать коренной переход земной атмосферы от первичных, восстановительных условий к окислительным. Это было связано еще и с тем, что возникновение даже небольших количеств кислорода должно было сейчас же создать озоновый экран, который преградил бы доступ коротковолновому ультрафиолетовому свету к нижележащим слоям атмосферы»²³.

Четвертый этап истории земной атмосферы и гидросферы. По мере того как в ходе эволюции организмов возникали фотоавтотрофные формы, способные при помощи длинноволновой радиации солнечного света разлагать воду, освобождая в молекулярной форме кислород, восстановительные условия на поверхности Земли постепенно заменились окислительными. Это был весьма существенный момент в истории нашей планеты, это была переломная стадия между двумя совершенно различными этапами в истории атмосферы — переход от восстановительного к окислительному периоду. Такой же переломной стадией это было и в жизни гидросферы и, в частности, подземных вод.

В эту переходную стадию «в атмосфере, — пишет А. И. Опарин, — в изобилии находились углекислый газ, водород, метан и другие газообразные вещества, образовавшиеся при различного рода брожениях. В воде морей и океанов в растворенном состоянии присутствовали этиловый спирт, различные органические кислоты и другие не утилизируемые уже более отходы анаэробного обмена. Частично в растворе, частично в осадках находились карбонаты и ряд восстановленных неорганических соединений (как, например, закись железа), а также первично сохранившиеся и возникшие биогенно аммиак, сероводород и т. д.

Все эти вещества в отсутствие свободного кислорода были малодоступными для тогдашних живых существ. Только возникшие уже к этому времени первичные фотосинтетики могли весьма широко и почти монополюбно использовать разнообразные органические отходы брожения и такие соединения, как метан, водород, в качестве доноров водорода для восстановления фиксируемой ими углекислоты и для построения компонентов своей биомассы»²⁴.

Начиная с этого времени происходит все более и более быстрый процесс совершенствования аппарата обмена веществ и общей эволюции фотоавтотрофных организмов. Начался процесс все более интенсивного биохимического поглощения CO_2 из атмосферы и выделения O_2 . В результате этого процесса концентрация кислорода в атмосфере сильно стала возрастать, а концентрация дву-

²³ А. И. Опарин. Возникновение жизни на Земле, стр. 397.

²⁴ Там же, стр. 407.

окси углерода уменьшилась. С увеличением концентрации O_2 в атмосфере началось окисление многих газов (CO , H_2S , SO_2 , NH_3 , Cl , HCl , углеводородов и других летучих органических веществ). Окисление CO и NH_3 расширило участие углерода (в виде CO_2) и азота в циклических процессах, связанных с живым веществом. На поверхности Земли, в ее атмосфере и гидросфере постепенно вместо восстановительной создавалась окислительная среда.

Вместе с этим начался и процесс возникновения, развития и быстрой эволюции хемоавтотрофных организмов, использующих восстановленные неорганические соединения за счет энергии реакции окисления их свободным кислородом (окисление сероводорода серными бактериями, окисление аммиака микробами-нитрификаторами, перевод закисного железа в окисное железобактериями, окисление водорода и метана водородными и метановыми бактериями), хотя эти органические формы далеко не достигли того пышного многообразия, как фотоавтотрофы.

Резкое нарастание количества органического вещества на Земле в связи с возникновением биологического фотосинтеза, в свою очередь, явилось причиной нового этапа обильного и многообразного развития гетеротрофных организмов, т. е. организмов, питающихся готовым органическим веществом, но уже не анаэробных, а аэробных, пользующихся для усвоения пищи свободным кислородом воздуха, — главным образом животных, обладающих системой кислородного дыхания.

В результате всех этих процессов атмосфера Земли приняла облик, предшествующий возникновению человеческого общества.

Со времени возникновения жизни на Земле живому веществу принадлежит исключительно большая роль в разделении изотопов таких элементов, как O , C , S , H . Так, более тяжелый изотоп O^{18} углекислоты концентрируется в растительных тканях, а более легкий изотоп O^{16} воды в результате фотосинтеза и разложения воды поступает в атмосферу. В результате фотосинтеза происходит преимущественное поглощение и связывание органическим веществом легкого изотопа C^{12} . Тяжелый изотоп C^{13} углекислоты, наоборот, накапливается в таких ее соединениях, как известняки, доломиты и др. Это приводит к минимальному содержанию C^{13} в углях, жидких и твердых битумах и т. д.

Живому веществу на Земле за все время его существования принадлежит огромная роль в круговороте воды на Земле и в формировании химического состава природных водных растворов, особенно таких, как воды океана.

На протяжении от второго и до последнего этапов истории земной атмосферы продолжался процесс выделения из магматических пород паров воды, CO_2 , N_2 , CO , H_2 , CH_4 , NH_3 , а также за счет радиохимических процессов и радиоактивного распада — O_2 , H_2 , He , Ag . Выделявшиеся из магматических пород водяные пары, выпадавшие затем в виде осадков, создавали на поверхности Земли все расширявшиеся водоемы.

Пятый этап истории земной атмосферы и гидросферы. Образование океанических впадин. В последнее время (с 50-х годов) все большее число геологов приходит к выводу о том, что в начальный период существования твердой земной коры она не была столь гетерогенна или, употребляя термин В. И. Вернадского, диссимметрична. Суша прежде занимала гораздо больше поверхности; водоемы не носили характера современных океанов, а имели характер неглубоких эпиконтинентальных морей. Общее количество воды было значительно меньше. Современные океанические впадины — явление позднейшее.

В. В. Белоусов по этому вопросу пишет: «Несмотря на то, что поверхность материков изучена сейчас довольно полно, нигде не удалось обнаружить пород, относительно которых можно утверждать, что они образовались на глубинах абиссальной зоны океана. Достаточно надежным кажется вывод, что за этот отрезок истории Земли, который нам известен, на месте современных материков океанов не было»²⁵. Приводя геологические доказательства более широкого распространения суши в прошлом и факты недавних многочисленных опусканий суши и дна океанов, В. В. Белоусов далее пишет: «... при всей недостаточности этих сведений все же станет ясной общая направленность в истории океанов, заключающаяся в их расширении за счет материков и, что главное, в их углублении. Мы имеем достаточно основания думать, что раньше на поверхности Земли глубоких океанов не было вообще и на их месте находились мелководные морские бассейны, меньшие по площади, чем современные океаны. С течением времени происходил процесс прогибания земной коры, охватывающий огромные площади и не компенсированный накоплением осадков. Он и привел к образованию океанических впадин»²⁶.

Все более подтверждающиеся в геологии факты молодости океанических впадин и более значительного распространения суши в былые времена приводят к выводу о прогрессивном увеличении количества воды на Земле в течение геологической истории. Это увеличение происходило за счет выделения из магм, сначала из гранитной магмы при формировании первичной гранитной коры (главным образом в архее), затем все более и более из базальтовой магмы.

Особенно заметное увеличение массы океанической воды произошло за время мезозоя и кайнозоя, особенно кайнозоя. В. В. Белоусов²⁷ считает, что выделение воды в указанные эры происходило главным образом из базальтовой лавы при ее подъеме в процессе опускания дна океанических впадин. Видимо, так шло пополнение водами современного Мирового океана.

²⁵ В. В. Белоусов. О геологическом строении и развитии океанических впадин. «Изв. АН СССР», сер. геол., 1955, № 3, стр. 10.

²⁶ Там же, стр. 12.

²⁷ См. там же, стр. 13.

Если в архее (т. е. не меньше 1—1,3 млрд. лет назад) дифференциация вещества во внешних сферах земной планеты заключалась в образовании гранитной коры на поверхности с некоторым выделением воды из магмы и, следовательно, с образованием на гранитной коре гидросферы, то позднее этот процесс дифференциации заключался (и в настоящее время заключается) все в большей и большей «базальтизации», т. е. подъеме базальтовой магмы, значительно большего выделения воды из магмы, «с обострением различий между соседними геосферами (базальт—вода) и уничтожением промежуточной гранитной геосферы»²⁸. Этот процесс особенно энергично стал протекать начиная со времени около 200 млн. лет назад.

В этом вопросе, однако, еще очень много спорного. Имеются и противоположные точки зрения. Так, Е. В. Павловский²⁹ считает, что общая направленность геотектонического процесса выражается в сокращении первичных *симатических* платформ (к которому относится и дно Тихого океана) и в площадном разрастании континентальных вторичных платформ, т. е. *сиалической* гранитной оболочки, в неуклонном увеличении ее мощности, усложнении ее структуры.

Возможно, противоречия между В. В. Белоусовым и Е. В. Павловским не столь глубоки и непримиримы. Кажется вероятным, что процесс от архея до конца палеозоя—мезозоя шел по закономерностям, устанавливаемым Е. В. Павловским, а с начала мезозоя до настоящего времени (на протяжении около 200 млн. лет) он усложнился за счет тех процессов, на которые обращает внимание В. В. Белоусов.

Следует подчеркнуть, что этот вопрос требует привлечения фактических данных и исследовательских методов целого комплекса наук—геологии, геофизики, геохимии, астрономии.

Заключение. Итак, каждый из пяти выделенных этапов в развитии атмосферы и гидросферы Земли имеет свои качественные особенности. В каждом из них атмосфера и гидросфера играли различную роль в ходе общих геологических процессов. При этом на каждом последующем этапе эта роль все более усложняется.

На первом этапе, на протяжении 1,5 млрд. лет (от 5 млрд. до 3,5 млрд. лет назад), гидросферы как отдельной составной части земной поверхности не существовало, водяные пары составляли лишь элемент земной атмосферы. Состав атмосферы менялся на разных стадиях этого этапа в зависимости от термического состояния Земли; в целом атмосфера имела восстановительный характер. Так называемые экзогенные геологические процессы стали

²⁸ В. В. Белоусов. О геологическом строении и развитии океанических впадин, стр. 15.

²⁹ См. Е. В. Павловский. О некоторых общих закономерностях развития земной коры. «Изв. АН СССР», сер. геол., 1953, № 5, стр. 82—89.

возможны только во второй половине этого этапа, когда образовалась твердая земная кора.

На втором этапе, на протяжении следующих 1,5 млрд. лет (от 3,5 млрд. до 2 млрд. лет назад), температура на земной поверхности понизилась до менее 100°C. Стало возможно существование капельножидкой воды и водоемов на поверхности Земли. К химической деятельности водяных паров атмосферы на поверхности Земли добавилась растворяющая деятельность горячей капельножидкой воды как на поверхности, так и в недрах Земли. Хотя масса этой воды составляла лишь около 10% массы современной океанической воды, ее роль в механическом преобразовании земной поверхности становилась все более значительной. Атмосфера и гидросфера по-прежнему имели тот же восстановительный характер.

На третьем этапе, на протяжении 1,2 млрд. лет (от 2 млрд. до 800 млн. лет назад), зарождается и развивается жизнь на Земле; возникает биосфера. По мере развития жизни меняется характер атмосферы и гидросферы, он становится переходным от восстановительного к окислительному. Увеличение количества воды на поверхности Земли и в ее атмосфере, все возрастающая роль свободного кислорода и геохимическая роль организмов резко меняют и очень усложняют характер всех геологических процессов на поверхности Земли и в недрах ее твердой коры.

На четвертом этапе, на протяжении 600 млн. лет (от 800 млн. до 200 млн. лет назад), от середины протерозоя до начала мезозоя, на Земле уже существовала значительно развитая жизнь, начался и все более интенсивно развивался органический фотосинтез, что привело уже в начале этого этапа к коренному переходу от восстановительных к окислительным условиям в атмосфере и гидросфере. За это время геологические и геохимические процессы на поверхности Земли и в недрах ее коры по своему характеру делаются все более близкими к современным.

На пятом этапе, на протяжении последних 200 млн. лет (от 200 млн. лет назад до современности), происходит резкое увеличение воды на Земле — этого сильнейшего растворителя и фактора геохимической миграции элементов. Возникают океанические впадины. Создаются современные особенности взаимоотношений атмосферы, гидросферы и литосферы, в которых все большее значение имеет биосфера, а в самом конце этого этапа и неосфера, т. е. преобразующая деятельность человека.

С момента появления человека начинается шестой этап — антропогенный. Современная техника все более и более изменяет химический характер атмосферы и гидросферы и их взаимоотношения. Ввиду большого значения этого этапа он должен стать предметом специального рассмотрения.

Внутри этих пяти (или даже шести) основных качественно различных этапов развития атмосферы и гидросферы Земли выделяются этапы второго порядка, или стадии.

ПРОБЛЕМА ВНУТРЕННЕГО И ВНЕШНЕГО В РАЗВИТИИ ЗЕМЛИ

С первого взгляда соотношение внутреннего и внешнего кажется довольно простым. В самом деле, то, что лежит в пределах границы данного предмета, следует относить к внутреннему, а то, что лежит за его пределами, является внешним. Но уже Гегель показал, что такое решение, даже в абстрактной форме, не может считаться приемлемым. Внутреннее и внешнее берутся здесь в своей полярной противоположности; диалектическое взаимодействие их не рассматривается, вне поля зрения остается единство этих отношений. Недостаточность такого понимания внутреннего и внешнего сказывается уже при обращении к самому простому примеру: куда следует отнести границу, или поверхность, тела — к внутреннему или внешнему? Трудность заключается в том, что граница, поверхность представляет собой единство внутренних и внешних отношений в их противоположности.

Но еще больше возрастает эта трудность в случае конкретных природных объектов, представляющих собой весьма сложные материальные системы. Здесь еще больше обнаруживается неудовлетворительность формального, пространственного представления о внутреннем и внешнем. Такой подход фиксирует только внешность предметов, не проникая в их сущность. Постановка же проблемы внутреннего и внешнего имеет смысл лишь тогда, когда ее решение будет способствовать проникновению в суть вещей.

Другими словами, решение проблемы внутреннего и внешнего должно иметь характер выяснения значения того или иного отношения для бытия, существования и развития природного объекта.

Категории внутреннего и внешнего в их развитии виде как категории материалистической диалектики должны быть соотнесены не только с пространственным пониманием вещей, но также, и даже в первую очередь, с пониманием вещи, природного явления как качественно определенной системы. В этом случае пространственный аспект окажется лишь моментом в понимании явлений со стороны их качества, сущности.

Рассматривая развитие Земли, прежде всего необходимо выделять ту систему, относительно которой должна решаться проблема внутреннего и внешнего.

В настоящее время наиболее фактически обоснованной теорией происхождения Земли и планет является теория О. Ю. Шмидта, согласно которой планеты формируются из холодного газопылевого облака. Определяющими факторами развития планеты на начальных стадиях будут: 1) масса планетного зародыша; 2) наличие и характер допланетного вещества; 3) электромагнитное и гравитационное поле Солнца и его корпускулярное излучение. Конкретное сочетание всех этих факторов порождает ту или иную планету или тот или иной облик одной планеты на разных ступенях ее развития. Иначе говоря, планета, рассеянная материя и поля, генерируемые Солнцем, представляют собой целостную материальную систему, движущей силой развития которой является противоречие между планетным индивидом и средой его существования.

Связи планеты с космической средой оказываются решающими для развития данного небесного тела. Связи между отдельными структурными элементами планеты — внутренние связи — выступают на первом этапе развития как следствие названного отношения и определяются им. Внешними относительно планетной системы будут также ее связи с галактическими полями и другими планетными системами. Однако это не значит, что, например, галактические связи планеты вообще не имеют никакого значения для последней. Совершенно ясно, что, не будь определенного сочетания галактических условий, процесс формирования солнечной системы не имел бы места, а следовательно, не имела бы места и планетная система.

Галактические связи поэтому выступают как условия существования такого явления, как планетная система, как необходимый фундамент, на котором строится здание той или иной планеты. Непосредственной средой существования планеты являются рассеянное вещество и силовые поля Солнца. Следовательно, можно сказать, что, в то время как внешние связи являются условиями существования и средой развития данной системы, внутренние отношения представляют собой факторы, определяющие конкретный облик и характер ее *развития*.

Проследив дальнейшее развитие планеты, на определенном этапе мы сталкиваемся с тем фактом, что интенсивные изменения материи на ее поверхности, в зоне наиболее активного взаимодействия планеты и среды ее существования, постепенно отступают на второй план. Процессы переработки вещества, в результате бомбардировок частицами межпланетной среды и воздействия волнового и корпускулярного излучения Солнца, процессы, которые можно сейчас наблюдать на Луне, отступают на второй план. Основную роль начинает играть взаимодействие между оболочками, разнородными слоями данной планеты. Это происходит тог-

да, когда планета в своем росте достигает такой массы, что становится способной удерживать газообразные вещества¹. Другими словами, тогда, когда на планете образуется атмосфера.

Вначале весьма разреженная атмосфера не играет сколько-нибудь заметной роли в развитии материи данного небесного тела. Но с возрастанием плотности ее значение все время увеличивается. Она тормозит движение падающих на планету частиц межпланетной материи, трансформирует определенным образом солнечное излучение, ослабляя *непосредственное* влияние этих факторов на поверхность твердой планеты. В то же время атмосфера, будучи противоположной по своим свойствам твердому веществу планеты, энергично взаимодействует с ним, изменяя и преобразуя его, изменяясь и преобразуясь сама. Взаимодействие атмосферы и литосферы (каменной сферы) постепенно становится решающим для дальнейшего развития материи планеты, в то время как непосредственное взаимодействие планетного индивида с рассеянным веществом и солнечными силовыми полями отступает на второй план. Примером такой планеты в солнечной системе может служить Марс, как известно, настолько сильно отличающийся от Луны, лишенной атмосферы, что стала возможной постановка вопроса о существовании на нем более высокой формы движения материи — жизни.

Преобразование вещества Земли становится еще более интенсивным с возникновением на ней второй высокоподвижной оболочки — гидросферы.

С появлением атмосферы и гидросферы планета из космической переходит в геологическую стадию своего развития, изучающуюся геологией, географией и другими науками о Земле.

Проблема внутреннего и внешнего в геологии встала одновременно с первыми шагами этой науки. Причем понимание этого соотношения в геологии весьма своеобразно и явилось предметом многих споров, не прекращающихся и поныне.

Уже М. В. Ломоносов разделял, как это делается в геологии и сейчас, геологические процессы на внешние и внутренние. Первые обуславливаются деятельностью атмосферы, гидросферы и биосферы, в результате чего происходят разрушение слагающих кору коренных горных пород, перенос и отложение продуктов разрушения с образованием в конце концов новых пород, устойчивых в приповерхностных условиях. Внутренние процессы протекают ниже поверхности Земли, их результаты выражаются в изменении горных пород под действием механических, термальных и химических сил.

Из истории геологии известно, что ведущая роль в преобразовании лика нашей планеты отводилась то одним, то другим процессам. Так, уже в момент становления этой науки появились два течения — непутизма и плутонизма (конец XVIII—начало XIX в.).

¹ Вопрос о происхождении атмосферы в данном случае не рассматривается.

Первое направление считало, что изменения, происходящие на Земле, в частности образование всех коренных пород, обязаны действию воды (Нептуну). Второе направление видело созидательную силу во внутреннем жаре Земли (Плутон — бог огня). Другими словами, внешние и внутренние процессы абсолютно противопоставлялись, хотя на самом деле это звенья одной цепи, ветви одного геологического круговорота материи.

С широким распространением гипотезы Лапласа об огненно-жидком начальном состоянии Земли плутоническое направление укрепило свои позиции и продолжает оставаться господствующим до настоящего времени. До сих пор считается, что внутреннее тепло Земли, — теперь уже не остаточное, а полученное в результате распада радиоактивных элементов, — есть главная движущая сила образования континентов и океанов, гор и равнин, горных пород и полезных ископаемых.

Внешние же процессы, движущей силой которых считается Солнце, играют, согласно этому представлению, роль разрушителей того, что создано внутренними процессами. В этом часто рассматривается основное противоречие геологического развития. Но основа геологических движений не может быть объяснена простым противопоставлением глубинных и поверхностных процессов.

Вообще говоря, разделение процессов на внутренние, эндогенные (глубинные), и внешние, экзогенные (поверхностные), не может вызывать возражений. Важно не абсолютизировать это разделение, не доводить его до крайности². Концентрация внимания только на процессах «эндогенных» — это несомненно крайность. В настоящее время все больше подчеркивается значение «экзогенных» процессов. Одни ученые считают, что в геологическом развитии экзогенные процессы являются ведущими³, другие полагают, что источник движений следует искать в космосе (направление астрогеологии)⁴. Нептун, после более чем векового прозябания, снова начинает воинственно потрясать своим трезубцем. Гранитный пьедестал Плутона наполовину разрушен. Все отчетливее становится понимание того, что земная кора в основной своей массе есть результат взаимодействия атмосферы и гидросферы с литосферой, что «возникновение разнообразия изверженных пород обусловлено осадочными процессами»⁵; что «главным фактором, обусловившим

² Экзогенный — рожденный внешними силами, главным образом солнечной энергией; эндогенный — рожденный внутренними силами, под которыми разумеются в настоящее время радиоактивное тепло, а также остаточная теплота остывающей Земли.

³ См. Б. Л. Личков. Природные воды Земли и литосфера. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1960.

⁴ «Проблемы планетарной геологии». О некоторых общих причинах тектогенеза и закономерностях размещения месторождений полезных ископаемых. М., Госгеолтехиздат, 1963.

⁵ Т. Ф. Барт. Идеи о взаимоотношении осадочных и изверженных пород. «Геохимия», 1962, № 4, стр. 299.

разнообразные металлогенические провинции Земли, являются поверхностные процессы дифференциации вещества земной коры, происходившие помимо вулканизма»⁶. Все яснее становится огромное значение для протекания всех геологических процессов солнечной энергии, которая аккумулируется на поверхности Земли осадочными породами, уносится вместе с ними на большие глубины и там выделяется снова, обуславливая собой протекание внутренних, глубинных процессов⁷. Все отчетливее становится значение изостатического уравнивания земной коры, играющего роль регулятора многих процессов, связанных с перераспределениями масс земной коры.

Далее выясняется также, что радиоактивный распад как источник теплоты, вероятно, не играет той большой роли, которую ему отводили в последнее время. Земля не проходила никогда стадию полного плавления, частичное плавление верхних зон твердой Земли остается проблематичным⁸. Кроме того, следует также иметь в виду, что радиоактивное тепло может в том случае играть активную роль, если его распределение в земной коре будет неравномерным. Но имеющиеся данные показывают, что такой неравномерности на самом деле нет. Имеются и другие возражения против преувеличения роли глубинного тепла.

Короче говоря, следует признать, что в настоящее время нет никаких оснований абсолютно противопоставлять глубинные и поверхностные процессы. Вопрос о примате глубинных «эндогенных» процессов должен быть подвергнут ревизии, так как в геологии все рельефнее вырисовывается представление о громадной роли солнечной энергии во всех геологических процессах. Современные данные все больше подтверждают мысль Ф. Энгельса о том, что «вся энергия, действующая на Земле в настоящее время, есть превращенная солнечная теплота»⁹.

Солнечная теплота выдвигается в число основных энергетических источников геологических процессов как поверхностных, так и глубинных, представляя ведущую силу отталкивания на Земле. С другой стороны, давно известно, что не менее решающую роль в качестве силы притяжения как в глубинных, так и в поверх-

⁶ А. И. Тугаринов. О причинах формирования рудных провинций. «Химия земной коры», 1963, т. 1, стр. 159. См. также Л. В. Пустовалов. О состоянии и основных направлениях развития геологической науки. «Советская геология», 1964, № 8.

⁷ См. Н. В. Белов. Геохимические аккумуляторы. «Тр. Ин-та кристаллографии АН СССР», 1952, вып. 7; В. И. Лебедев. О возможном поглощении солнечной энергии кристаллическим веществом Земли. «Изв. АН СССР», сер. геол., 1954, № 4; П. Н. Панюков. Энергетический баланс геологических процессов. «Научн. докл. высш. школы», геол.-геогр. науки, 1959, № 1; В. М. Синицын. Роль солнечной энергии в развитии земной коры. «Вестн. Ленингр. ун-та», 1964, № 6.

⁸ См. Е. А. Любимова. Об источниках внутреннего тепла Земли. «Вопросы космогонии», 1962, № 8; В. С. Сафонов. О первоначальной температуре Земли. «Изв. АН СССР», сер. геогр., 1959, № 7.

⁹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 562.

ностных процессах играет внутренняя гравитационная энергия Земли.

По своей сущности как эндогенные, так и экзогенные процессы являются внутренними для геологической материальной системы.

Так, например, если мы рассмотрим такую горную породу, как гранит, то окажется, что нельзя, не греша против истины, сказать, продуктом каких процессов является эта порода. Если мы скажем эндогенных, как это еще недавно принималось, то тем самым не учтем подготовительную работу экзогенных процессов по дифференциации вещества земной коры, приводящей к образованию исходных продуктов, в частности глин, глубокий метаморфизм которых дает в результате кристаллическую массивную горную породу — гранит. Неверным было бы также считать гранит продуктом экзогенных процессов, поскольку его превращение в гранит не только по составу, но по структуре и по условиям залегания происходит на глубине в несколько километров. Зато можно с полным основанием сказать, что гранит является результатом взаимодействия процессов, происходящих как в поверхностных, так и в глубинных зонах земной коры. Разрушение исходных пород вследствие физического (сжатие—расширение), химического (диссоциация—ассоциация) и других видов выветривания, дифференциация продуктов разрушения в процессе переноса и осадконакопления, сложные процессы метаморфизма давлением и температурой, выносом и привносом компонентов — все эти процессы есть различные формы борьбы сил притяжения (гравитационных, химических, молекулярных, кристаллизационных, минеральных и других связей) с силами отталкивания (солнечная теплота, теплота радиоактивного распада, притяжение Луны и Солнца, электрические, магнитные и другие виды отталкивания). Если рассмотреть геосинклинальный процесс как процесс превращения океанических платформ в континентальные, то можно увидеть на всех его этапах борьбу сил притяжения и отталкивания, проявляющуюся в разных формах, которая обуславливает как поверхностные, так и глубинные преобразования вещества и структур земной коры. Накопление осадков, их погружение на большие глубины, метаморфизм и магмообразование, поднятие и опускание больших участков земной коры есть результат борьбы притяжения и отталкивания. Большинство геотектонических гипотез как раз учитывает эту сторону дела¹⁰.

Другими словами, основное противоречие геологической системы лежит не между эндогенными и экзогенными процессами, а проходит *через* те и другие.

Экзогенные и эндогенные процессы — это взаимно компенсирующие процессы, увеличение интенсивности одного из них приво-

¹⁰ Показательна в этом отношении кн.: «Строение и развитие земной коры». М., «Наука», 1964.

дит к увеличению интенсивности другого. Например, ускоренный подъем какого-нибудь участка земной коры приводит к соответственному увеличению эрозионной деятельности. Накопление осадков или льдов вызывает соответствующие реакции в подкоровом слое и т. д.

Таким образом, можно видеть, что вся созидательная и разрушительная работа как на поверхности планеты, так и в ее недрах обязана взаимодействию сил притяжения и отталкивания, непрерывной их борьбе, которая в одни моменты, в одних участках Земли приводит к временному перевесу сил притяжения; в другие моменты и в других участках — сил отталкивания.

К этому же выводу приходит В. Е. Хаин. Он пишет: «Радиогенная тепловая энергия — это энергия отталкивания, гравитационная энергия — энергия притяжения, о которых говорил еще Ф. Энгельс и в борьбе которых он справедливо усматривал основную причину развития Земли»¹¹.

Эти противоположно направленные силы постоянно стремятся уравновеситься. Но достижение равновесия в одном участке земной коры приводит к нарушению равновесия в другом, так что вещество верхних оболочек Земли находится в постоянном движении, в постоянном круговороте. Основой этого движения является взаимодействие между литосферой, с одной стороны, и атмосферой и гидросферой — с другой; между энергией гравитации (притяжения) и тепловой энергией Солнца и радиоактивного распада, трансформированной гидросферой и атмосферой (энергией отталкивания).

Влияние вращения Земли, на котором настаивают астрогеологи, на протекание процессов в верхних оболочках Земли несомненно имеет место. Нельзя оспаривать связь между моментом инерции геоида и скоростью его вращения. Но отнюдь не очевидно, изменение какого фактора следует считать первичным. Изменение момента инерции в результате перемещения масс на поверхности шара внешними и внутренними процессами происходит несомненно, в то время как не зависящие от этих перемещений изменения скорости вращения Земли представляются весьма гипотетичными. Более того, само вращение Земли может явиться следствием взаимодействия верхних оболочек Земли, преобразующего тепловую энергию Солнца в механическую энергию вращения.

Следовательно, изменения скорости вращения Земли могут оказывать определенное воздействие на движения в верхних оболочках лишь в силу обратной связи. Иначе говоря, вращение Земли не может являться основой геологических процессов. В геологической материальной системе, включающей в себя, с одной стороны, земную кору, а с другой — атмосферу и гидросферу, их взаимодействия составляют основу движения и развития материи

¹¹ В. Е. Хаин. Диалектическое взаимодействие эндогенных и экзогенных процессов как основа развития Земли. Сб. «Жизнь Земли», № 1. Изд-во МГУ, 1961, стр. 39.

в верхних оболочках нашей планеты. Данное противоречие представляет собой существенное внутреннее отношение геологического этапа эволюции Земли. При этом атмосфера и гидросфера выступают носителями сил отталкивания, главным образом солнечной теплоты, а литосфера — как носитель сил притяжения (сил гравитации, химических, молекулярных и т. д.).

Наибольшей интенсивности геологический процесс достигает в зонах взаимопроникновения трех оболочек, т. е. в приповерхностных частях Земли, там, где локализуются внешние процессы.

Таким образом, выделение внутренних и внешних отношений в развитии Земли и ее коры может быть осуществлено только исходя из понимания сущности развития данной системы.

При этом важно учитывать, что противопоставление внутренних и внешних процессов не является абсолютным, ибо они переходят друг в друга.

Противоречие между планетным индивидом и рассеянной материей и излучениями Солнца в процессе развития планетной материи уступает место другому противоречию — противоречию между литосферой, с одной стороны, и атмосферой и гидросферой — с другой. Это соответствует возникновению геологической материальной системы на базе планетной системы.

В этой системе экзогенные (внешние) процессы должны рассматриваться во взаимодействии с эндогенными (внутренними) процессами. Геологическая теория должна поэтому рассматривать экзогенные процессы не просто как внешнее проявление глубинных, но как разрешение противоречий, присущих геологической системе в приповерхностных условиях, т. е. как часть геологического круговорота материи.

При конкретном учете места и роли эндогенных процессов необходимо иметь в виду компенсационный характер связей между глубинными и поверхностными движениями вещества земной коры.

М. В. ИВАНОВ

О ЛОГИКЕ СТАНОВЛЕНИЯ ИДЕИ РАЗВИТИЯ В ГЕОЛОГИИ

Возникновение и становление идеи развития в науке представляет собой одну из важнейших проблем методологии естествознания. Решение ее на теоретической базе естественноисторических наук (геологии, биологии, палеонтологии и т. п.) представляется наиболее плодотворным. Основная теоретическая задача геологии заключается в воспроизведении истории Земли как сложной развивающейся материальной системы. Поэтому как по своему содержанию, так соответственно и по методу исследования геология — наука историческая, т. е. общим принципом геологического исследования и основой его логики служит принцип историзма. Для выяснения сущности этого принципа особый интерес, на наш взгляд, представляет попытка проследить пути реализации положения о совпадении исторического и логического в становлении теоретических основ геологической науки. Понять историю геологии как историю формирования современной логики геологического исследования — такова задача гносеологического решения проблемы. Невозможно сформулировать основные принципы логики современной науки, не обратившись к живой ткани истории развития последней. С другой стороны, мы будем далеки от научного понимания всех сложностей этого исторического процесса, если не сделаем орудием его исследования логику диалектического мышления. Такое параллельное взаимно контролируемое исследование поможет разобратся как в истории, так и в логике науки, поможет проследить в калейдоскопе имен, гипотез и теорий формирование того логического аппарата, который служит орудием теоретического мышления современного геолога.

Все геологические объекты есть развивающиеся системы. Но геология далеко не сразу пришла к пониманию этого. Потребовался почти полуторавековой период предварительного накопления и обобщения фактического материала, прежде чем в геологии более или менее отчетливо была сформулирована идея развития и прежде чем она вошла в арсенал ее методологии.

Возникновение науки в самых глубоких истоках было связано непосредственно с практической производственной деятельностью человека. Поэтому еще до появления науки как относительно самостоятельной сферы духовной деятельности общества приемы непосредственной утилитаризации данного природой были по существу и первыми приемами исследования природных объектов. В этот период «наука» и практика совпадают и низкий уровень того и другого, естественно, является причиной ограниченности и неполноты той картины природы, которая предстает перед человеком. Это же определяет и способ мышления человека соответствующего периода. Упомянутое общее положение действительно не только для древнейших этапов развития культуры человечества, но имеет место в истории каждой отдельной отрасли естествознания, когда конкретная наука в сокращенном и логически обобщенном виде как бы повторяет путь, пройденный научным знанием вообще. И эта повторяемость закономерна и неизбежна, ибо, приступая к изучению новых специфических явлений природы, человек опирается на свой предыдущий опыт, использует методы, сложившиеся ранее. В дальнейшем уже специфика новой области исследования вводит коррективы в наличный исследовательский арсенал и одновременно обобщает его.

В начальные периоды развития геологической науки, как, впрочем, и всего естествознания XVII—XVIII вв., господствовали идеи о неизменности природы. По замечанию Ф. Энгельса, «истории природы приписывалось только развертывание в пространстве»¹. Это было вполне закономерное явление, так как каждая наука начинает осваивать свой объект прежде всего с пространственной стороны как непосредственно данный, неизменяющийся, неподвижный. Она пытается вначале уловить качественные границы изучаемых явлений в пространстве. Бытие объекта во времени, выражающееся в его изменчивости, и познание закономерностей этой изменчивости еще не могут служить предметом изучения молодой науки, для которой предварительно все-таки требуется выяснить, что же изменяется. «Мы не можем представить, выразить, смерить, изобразить движения, не прервав непрерывного, не упростив, угрубив, не разделив, не омертвив живого»². Именно поэтому изменчивость геологических объектов во времени как определенная взаимосвязанная последовательность состояний выступает вначале в виде пространственного разнообразия форм, данных одновременно. Познанию истории земной коры, таким образом, в вертикальном разрезе предшествует познание закономерностей структурной организации в пространстве (горизонтальный разрез) как состояния данного одновременно, исторически неизменного.

Этапы в истории развития геологических знаний дают примерно такую же картину последовательного раскрытия сущности геологических явлений.

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 349.

² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 233.

Обычно каждая из современных наук, в том числе и геология, стремится изложение своей истории начинать с древних греков, и почти каждая находит в идеях античных мыслителей истоки и зародыши своих теоретических представлений. Это в какой-то мере верно, ибо греки хотели знать обо всем, но знали настолько мало, что единым взглядом могли охватить весь мир в целом. Естественно, при таком подходе к природе на первый план выступала ее изменчивость. Установление наиболее общих положений об изменчивости мира обусловило наивно-диалектический характер мировоззрения древних греков, дающий в общих чертах правильный принцип подхода к изучению явлений природы. Но наука не могла удовлетвориться этими общими принципами натурфилософских построений. Прогресс ее сопровождался расчленением природы на отдельные части, извлечением их из единого целого и разобщенным познанием этих вырванных из общего потока частей. Это был единственно возможный путь в тех условиях.

Научные черты наиболее древней геологической дисциплины — минералогии — начали складываться в средние века благодаря работам ученых арабского Востока (Ибн-Сины, Омара, Ибн Рошда). Первоначально развитие минералогии шло главным образом в русле потребностей фармацевтики, имея весьма отдаленную связь с успехами горнодобывающей практики.

Накопление фактического материала о строении земной коры, пока еще в форме случайных и разрозненных наблюдений, начинается только с эпохи Возрождения, когда «рамки старого orbis terrarum были разбиты, только теперь, собственно, была открыта Земля...» (Энгельс).

В более или менее определенной форме геологические сведения начинают появляться в XVII в., причем зарождавшейся науке приходилось начинать с самых азав. Наследие древности было слишком ничтожно, и к началу развития геологическая наука имела очень мало в активе, а в пассиве — изрядный груз средневековых предрассудков и полурелигиозных мифов. Эпоха Возрождения в естествознании открывается деятельностью Леонардо да Винчи, Геснера, Агриколы, положившими начало описательному периоду познания природы. Наряду со стремлением подвергнуть опытной проверке естественнонаучные сведения, изложенные в сочинениях Аристотеля и других древних натурфилософов и догматически канонизированные схоластикой средних веков, постепенно развиваются приемы оригинального более или менее систематического наблюдения. Благодаря великим географическим открытиям гигантски расширился кругозор ученых, неуклонно растет количество новых фактов и наблюдений. Параллельно с дальнейшим ростом фактической базы естествознания вырабатываются первые приемы систематизации материала.

Наиболее простой формой обобщения фактического материала и первой попыткой его теоретического осмысления является классификация. В принципах классификации минералов у Агриколы

используются случайные их признаки, основанные на данных непосредственного наблюдения. Аналитический способ исследования выражается в стремлении найти главным образом различия минеральных видов по тем или иным физическим характеристикам. Характерно при этом фиксирование прежде всего различного в сходном. Признаки, объединяющие объекты в единую структуру, отступают на второй план. Мысль исследователя клонится к абсолютизации аналитических приемов, первоначальное непознанное тождество превращается в познанное различие. Сочинения, относящиеся к начальному периоду описательного естествознания, характеризуются некоторыми общими чертами логики научного мышления их авторов: созерцательный подход к явлению, описательные приемы исследования, преобладание анализа над синтезом.

Философским знаменем естествознания XVI—XVII вв. стал материализм прежде всего в лице Ф. Бэкона, которого Маркс и Энгельс назвали «настоящим родоначальником *английского материализма* и всей *современной экспериментирующей науки...*»³.

Борьба с умозрительностью и догматизмом средневековой схоластики, с одной стороны, и односторонняя, хотя горячая и красноречивая проповедь индуктивного метода в научных исследованиях — с другой, характеризуют как сильные, так и слабые стороны этого выдающегося мыслителя. Характер естественнаучного мышления того времени получил в философских взглядах Ф. Бэкона яркое и логически законченное выражение. При этом важно подчеркнуть, что в «структурный» период развития естествознания и геологии как его составной части идея развития не могла появиться в науке и занять должное место в логике научного исследования. При отсутствии «структурной» базы в геологии высказывавшиеся идеи развития природы как бы повисали в воздухе. И Ф. Бэкон, оставаясь последовательным выразителем этого «структурного» этапа эмпирического естествознания, не смог понять логического значения новых синтетических тенденций, зарождавшихся в науке его времени. Именно поэтому он не понял успехов механики, достигнутых благодаря работам Г. Галилея, всю жизнь был противником учения Н. Коперника, отвергал идеи В. Гильберта в области электричества и магнетизма.

В геологии этот период открывается деятельностью Н. Стено (1638—1687). В его сочинении «*De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis*», вышедшем в 1669 г., мы встречаем первое отчетливое изложение основ геологической науки. В минералогии Н. Стено устанавливает закон постоянства углов между гранями кристалла; образование первоначально горизонтальных слоев он объясняет постепенным осаждением частиц, взвешенных в воде. Такие обобщения и выводы могли быть сделаны лишь при наличии достаточного количества материала по изучению кристаллографи-

³ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 2, стр. 142.

ческих форм или форм напластования осадочных пород. В этих первых элементарных обобщениях мысль исследователя уже ориентируется на поиски у изучаемых объектов сходных черт и общих признаков. Таковы по своему логическому смыслу и те закономерности, которые устанавливает Н. Стено. Новый этап в становлении логики геологического исследования характеризуется, таким образом, переходом от разрозненного, в значительной степени бессистемного описательства к установлению пространственных взаимоотношений между изучаемыми объектами, к выяснению связей координации между элементами структуры геологического объекта.

Особенно отчетливо эти тенденции в логике геологического мышления развиты в учении Н. Стено о стратиграфии. Не случайно, что и возникновение этой науки было связано с необходимостью увязать в некоторую пространственно определенную структуру ранее разрозненные наблюдения над условиями залегания осадочных пород. Результатом такого обобщения явились чрезвычайно важные для последующего развития науки принципы стратиграфии о горизонтальном напластовании слоев и о временной последовательности их отложения. Обнаружив ритмичную повторяемость в структуре осадочных пород морских комплексов, Н. Стено рассматривает формирование ее во времени и устанавливает для Тосканы, где он проводил свои наблюдения, «шесть великих эпох природы», в течение которых море периодически затопляло сушу. Это своеобразное «обращение» горизонтальных закономерностей (пространственных) в вертикальные — временные — весьма существенный момент формирования в логике науки идеи развития.

Н. Стено намного опередил прогресс геологической теории своего времени, впервые обратив внимание на *геологический процесс*. Это были пока еще первые неопределенные шаги к представлению о развитии в геологии. Однако логическая последовательность раскрытия сущности объекта неизбежно вела к такому выводу.

Геологическая наука развивается, конечно, не изолированно от всего естествознания. Она использует идейные достижения смежных наук, более или менее тесно связана с господствующими философскими концепциями.

Пока еще очень слабо идея развития природы начинает пробиваться в космологических построениях Р. Декарта. Образование Земли и планет Декарт объяснял вихревым движением частиц, которые под действием центробежных сил дают начало кометам, планетам и неподвижным звездам. Важно, что Декарт представлял себе образование Земли тоже как процесс, не делая, однако, никаких выводов относительно последующей геологической ее истории. В отличие от эмпирической индукции Ф. Бэкона, Декарт обосновывал дедуктивно-математический метод подхода к изучению природы. И если методология описательного эмпиризма ориентировалась на опытное естествознание, то дедуктивный метод

Декарта был связан с появлением в науке синтетических тенденций. Именно на этой почве появляются первые идеи исторического развития природы. Индуктивная логика, под знаменем которой развивалось естествознание вплоть до XVIII в., могла лишь более или менее удачно упорядочивать факты, но открыть внутренне присущие им законы она не в состоянии. Идея развития, выступающая как закон бытия вещей во времени, естественно, появляется именно на этом втором этапе, когда логика научного мышления обогащается дедуктивными приемами.

В произведении немецкого философа Лейбница «Protogaea» (1680) предпринимается более отчетливая попытка распространить эволюционные идеи космогонии на геологию. Лейбниц полагал, что планеты возникли из вещества Солнца, следовательно, Земля вначале представляла собой раскаленный шар. В результате охлаждения возникла кора; под влиянием этого же охлаждения сконденсировались водяные пары — возник Мировой океан. Вследствие ухода воды в трещины земной коры уровень Мирового океана понижается. Вторжение масс воды в подземные пещеры производит смещения и обвалы пластов. Лейбниц дал одну из первых формулировок принципа развития природы пока еще в абстрактной форме так называемого «принципа непрерывности». Характерно, что этот по существу диалектический принцип Лейбниц обосновывал при помощи телеологического учения о «предустановленной гармонии». В логическом отношении небезынтересна параллель между выдающимся философом и замечательным натуралистом Ламарком, жившим столетие спустя. Ламарк в систематической форме изложил первую целостную теорию эволюционного развития животного мира. При этом он также опирался на телеологический принцип «божественной внутренней цели», предопределяющей направленность эволюции. «Единый план строения» животных, выдвинутый последователем Ламарка Э. Жоффруа Сент-Илером, перекликается с учением о предустановленной гармонии в природе. Лейбниц отрицал скачки в развитии природы, эволюционная теория Ламарка также страдала ограниченностью плоского эволюционизма, что выражалось, в частности, в отрицании качественных границ между категориями систематики. Это поразительное совпадение философских положений Лейбница и естественнонаучных принципов Ламарка не было случайным. В основе его лежит одна и та же логика мышления — философ Лейбниц стоял у истоков ее зарождения, естествоиспытатель Ламарк отстаивал ее принципы уже в эпоху расцвета катастрофизма.

К началу XVIII в. в естествознании все более отчетливо проявляются синтетические тенденции, не выходящие, однако, за рамки выяснения отношений координации между изучаемыми явлениями природы. Этот процесс сопровождается совершенствованием принципов систематики в направлении разработки более или менее стройных естественных классификаций. Пока еще отсутствует понимание того, что целостность структуры объекта обеспечивается

какими-то закономерными отношениями субординации между ее элементами. Но наука неуклонно шла в этом направлении.

К середине XVIII в. в минералогию постепенно проникают количественные методы исследования минералов. Использование паяльной трубки, применение химических приемов анализа минералов создавали предпосылки для разработки таких классификаций, в основу которых был положен химический состав. Логическое завершение описательный период в науке получает в деятельности геолога Вернера и биолога Линнея.

Вернер является создателем оригинальной классификации минералов и горных пород, по своему значению и логической структуре равной систематике природы К. Линнея. Здесь представляется вполне уместной историческая параллель в деятельности этих двух замечательных систематиков в науке XVIII в. Основанием для этого служит несомненное сходство принципов логики их научного мышления. Задачей классификации К. Линней считал открытие «порядка в природе» в духе «предустановленной гармонии» Лейбница. Но выяснив в значительной степени отношения субординации форм в растительном и животном царстве, он тем самым представил весь исторический процесс развития органического мира как бы в застывшем виде. Однако Линней не сделал следующего шага — он оставался противником исторического развития природы. Поэтому вид у Линнея — абсолютно неизменная основа его системы. Эта идея воплощена в его изречении: «Мы насчитываем столько видов, сколько их создал бог в начале творения». Все же объективно структура системы природы К. Линнея уже подводила мысль исследователя к признанию изменчивости видов и через это к идее всеобщего развития.

Первые классификации горных пород возникают в рамках зарождающейся геологической науки — стратиграфии, и в известной мере являются результатом успехов этой науки. В XVIII в. к горным породам подходили еще не с точки зрения их минералогического состава, а со стороны их генезиса. Этот признак оказался наиболее перспективным для расчленения осадочной толщи и устойчиво сохранялся на протяжении всей дальнейшей истории стратиграфии. Самые первые классификации горных пород (Моро, Дженерелли, Леман, Ардуино), хотя и сохраняли отпечатки ранних представлений о библейском всемирном потопе, все же исходили из единого признака — их генезиса. В классификации Вернера выделялось пять групп пород — первичные, переходные, флечовые, наносные и вулканические, принцип генетической взаимосвязи между которыми выступает уже более отчетливо. Однако и у Вернера, как и у его предшественников, этот генетический принцип не был еще осознанным применением идеи развития в осадочном процессе. Как и Линней, он остановился перед дальнейшим выводом — он не понимал исторического развития природы, что проявилось, в частности, в отстаивании им односторонне ограниченных идей непутизма.

В середине XVIII в. геология уже обладала достаточным количеством сведений о строении земной коры, что позволяло исследователям переходить к первым синтетическим обобщениям, высказывать предположения о характере и причинах геологических процессов. Эта тенденция в геологической науке особенно ярко проявилась в трудах М. В. Ломоносова, чьи теоретические обобщения стояли намного выше уровня мышления его современников в странах Западной Европы.

Ломоносов был одним из немногих ученых того времени, кто смело привлек достижения горнодобывающей практики к развитию теоретических основ геологии. Отсутствие прочных традиций схоластических спекуляций и религиозного мировоззрения в развитии естествознания в условиях России, чрезвычайная энциклопедическая разносторонность научных интересов Ломоносова обусловили закономерность появления в русской науке его оригинальных обобщений. Анализ наиболее замечательных произведений Ломоносова по геологии («Слово о рождении металлов от трясения Земли» — 1751, «Первые основания металлургии или рудных дел», «О слоях земных» — 1763) с точки зрения логики научного мышления с полным правом позволяет назвать его стихийным диалектиком, несмотря на ограниченность фактической базы науки того времени. В своих трудах Ломоносов последовательно проводил идею закономерного развития природы. Геологические процессы в рамках всеобщей изменчивости лика Земли — это не только циклические круговороты в движении материи, они включают в себя и элемент необратимости, обуславливающий поступательность в развитии качественных форм этих процессов. Ломоносов правильно понимал соотношение противоположных тенденций в развитии геологических явлений, ему принадлежит разделение последних на внешние и внутренние. Характерен генетический подход к классификации осадочных горных пород, рудных месторождений, а также к проблеме происхождения горючих ископаемых. Торф, уголь, нефть представляют собой последовательные стадии преобразования исходного растительного вещества — «от одного начала происходят». В своих исследованиях Ломоносов уже пользовался методом актуализма, который лишь в середине XIX в. был сформулирован в западноевропейской геологии⁴. Однако умы естествоиспытателей к восприятию идей М. В. Ломоносова были просто не подготовлены. Западноевропейская геологическая наука шла другим, более сложным путем к пониманию диалектики исторического развития природы.

В подготовке нового этапа в развитии логики геологического исследования деятельное участие принимала молодая наука — стратиграфия. В. Смит в Англии, Ж. Кювье и А. Броньяр во Франции впервые установили возможность использования определенных

⁴ См. Д. И. Гордеев. Ломоносов — основоположник геологической науки. Изд-во МГУ, 1961.

групп органических ископаемых для расчленения осадочных толщ и тем самым способствовали внедрению в практику стратиграфических исследований палеонтологического метода. В 1799 г. В. Смит составил «Шкалу осадочных образований Англии», где была принята попытка выделить отложения по возрастному принципу. Литологический признак, по которому подразделялись породы до того времени, обнаружил свою ограниченность. Дальнейшее развитие палеонтологии позволило перейти от геогностических (литологических) карт к составлению собственно геологических карт, где породы выделяются уже соответственно их возрасту. В странах, развивавших геологическую теорию (Англии, Франции, Германии), начинают выделять основные системы стратиграфической шкалы. Одновременно уточняются понятия «пласт» и «формация» (аналогично тому, как в биологии вырабатываются систематические категории «рода» и «вида»), отражающие отношения субординации элементов структуры осадочной толщи земной коры.

Немецкий естествоиспытатель Г. Фюксель (1722—1773) определяет формацию как закономерный ряд пластов, образовавшихся примерно в одинаковых условиях. Как непосредственное логическое следствие высказывается утверждение, что каждая подобная формация соответствует некоторой эпохе в истории Земли. Это уже было нечто принципиально новое в геологии, свидетельствующее о том, что наука делает очередной шаг к пониманию историчности своего объекта как следствия изменчивости геологических условий на протяжении времени.

Подведем некоторые итоги описательного периода в истории геологии с точки зрения развития логики научного мышления. Основной особенностью его является выяснение структурных закономерностей строения определенных территорий. В описательный период своей истории наука еще не располагала достаточно обширным материалом, на основе теоретического обобщения которого можно было бы выработать некоторые методические приемы исследования. Естественно поэтому геология была лишена того руководящего методологического принципа, который бы придал определенную целенаправленность эмпирической деятельности естествоиспытателя.

Первоначально исследователь группирует подлежащие изучению объекты соответственно некоторым внешним признакам, доступным непосредственному наблюдению. В такого рода совокупность могут попасть иногда совершенно различные по своей природе вещи. Особенности первичных группировок как предварительных ступеней в разработке классификаций отчетливо можно наблюдать на примере минералогии. Даже в достаточно развитом виде классификация Вернера грешит такими казусами, когда в одну систематическую группу включаются, например, базальт, соль и уголь.

Позднее, в период разработки так называемых «искусственных» классификаций, систематика изучаемых объектов строится на

принципах, в которых воплощены пространственные связи и отношения между ними, так сказать, в горизонтальной плоскости, т. е. преимущественно отношения координации. Наконец, в «естественных» классификациях, возникающих на основе искусственных, в связи с более глубоким познанием природы геологических объектов уточняются и изменяются отношения координации. Особое принципиальное значение приобретает на этом этапе выяснение субординационных отношений между элементами структуры (простого и сложного, первичного и вторичного). В таком виде естественные классификации вполне уже созревают для эволюционных выводов относительно природы изучаемых явлений. Введение фактора времени в координационно-субординационную систему отношений между объектами непосредственно ведет к установлению генетических отношений. Так закономерности логики структурного изучения с необходимостью подводят мысль исследователя к генетическим обобщениям. Например, первые этапы в развитии стратиграфии характеризовались установлением пространственной корреляции различных литологических типов горных пород. Временные закономерности процесса осадкообразования выясняются позднее, когда восстанавливается система субординационных отношений между элементами структуры осадочной толщи.

Соответственно этой схеме развиваются и методы подхода к изучению геологических явлений в следующей последовательности: описательно-морфологический, структурно-функциональный и, наконец, генетический. Именно на этой ступени в качестве методологического принципа исследования в науку входит идея развития, возникают первые эволюционные теории. Конечно, в реальном познавательном процессе перечисленные методы переплетаются и сложно взаимодействуют, речь может идти лишь о преобладании того или иного метода. Но в гносеологическом аспекте проблемы мы имеем право утверждать последовательность движения мысли в соответствии с принципом: «от структуры — к развитию».

Завершающим этапом структурного анализа является изучение объектов со стороны их целостности, на уровне «структурного синтеза». На этой ступени в логике научного исследования неизбежно возникает вопрос, каковы же те закономерные связи, механизм действия которых обеспечивает целостность субординированной системы элементов структуры? Решение этого вопроса принадлежит уже компетенции функционального анализа.

Функция — категория, отражающая динамическую сторону взаимосвязи элементов структуры. Это требует введения понятия о процессе как реализации во времени определенной функциональной связи между элементами целостной структуры. В то же время категория структуры — понятие более абстрактное, так как структура фиксирует состояние объекта только в пространстве вне временной координаты. Это позволяет утверждать, что в геологическом исследовании функциональный анализ по сравнению со струк-

турным находится на более высокой ступени того пути познания, который называется восхождением от абстрактного к конкретному в логике научного мышления.

Возникновение генетического метода означает, что изучаемые геологические объекты и явления приводятся в пространственно-временную связь соответственно уровню их структурной организации.

Проследим же дальнейший путь геологии. В конце XVIII в. разгорелся беспрецедентный в истории естествознания ожесточенный спор, известный как конфликт непутизма и плутонизма. Непосредственным поводом его явилась гипотеза водоосадочного происхождения базальта, выдвинутая Вернером — главным теоретиком непутизма. Рядом французских и немецких ученых утверждалось плутоническое (вулканическое) его происхождение. Сначала спор возник в Германии между Вернером и его последователями, с одной стороны, и его же учениками К. Фойгтом и Л. фон Бухом — с другой. Позднее оппозицию непутизма возглавил английский ученый Дж. Геттон, выпустивший в 1795 г. свою книгу «Теория Земли». По своему существу и значению для дальнейшего развития геологии спор этот выходил далеко за рамки проблемы происхождения базальта. Смысл дискуссии заключался в установлении того, какие силы являются ведущими в энергетике геологических процессов — внутреннее ли тепло Земли или же трансформированная гидросферой солнечная энергия. Не касаясь интересного вопроса о том, какими путями шло развитие этой полемики, отметим важное в логическом отношении положение о том, что вместе со становлением представлений о геологическом процессе неизбежно возникают вопросы, связанные с причинами этих процессов. Таким образом, логическая цепь надстраивается очередным звеном. Мышление естествоиспытателя поднимается на следующую ступеньку, для которой характерно более глубокое проникновение в сущность изучаемых явлений, более разнообразный набор методов и приемов исследования.

Причинный анализ приобретает эвристическое значение применительно только к процессу, предполагающему определенную закономерность в движении явления. Кроме того, он направлен на выяснение внутренних тенденций этого движения и потому является необходимым условием внедрения идеи развития в науку. Взаимоотношение высшего и низшего, закономерности возникновения первого из второго — эти кардинальные вопросы проблемы развития решаются, в частности, прежде всего в форме причинно-следственных отношений. Поэтому становится понятным место вышеупомянутого спора в формировании логики геологического исследования. Наука стояла у порога идеи развития.

Однако геология всегда была тесно связана с планетной космогонией, идейная борьба в ней часто определялась господствующими космогоническими концепциями. Как известно, Декарт в новое время был одним из первых, кто пытался построить теорию раз-

вития солнечной системы. Бюффон в конце XVIII в. представил последовательные этапы эволюции нашей планеты. При этом он предполагал, что Земля и другие планеты образовались из раскаленного вещества Солнца. Бюффон производил многочисленные опыты по охлаждению раскаленных металлических шаров, моделируя процесс постепенного остывания Земли. В результате он получил цифру в 75 тыс. лет — время, в течение которого температура Земли достигла своего теперешнего значения. В своей книге «Эпохи природы», вышедшей в 1778 г., он вполне определенно проводит идею постепенного развития Земли, выделяя в ее истории 7 этапов, в течение которых сформировалась современная структура земной коры, зародился и усовершенствовался животный и растительный мир.

По мере распространения эволюционных идей в геологии все время увеличивалась цифра времени существования Земли. Ч. Лайель доводит ее до 240 млн. лет.

Начало XIX в. характеризуется новым качественным скачком в развитии геологической теории. В науке этого периода возвышается фигура крупнейшего естествоиспытателя Ж. Кювье (1769—1832). В противоречивых взглядах этого ученого, как в фокусе, сосредоточились все достижения и все трудности развития науки его времени. Ж. Кювье обычно называют создателем сравнительной анатомии и палеонтологии позвоночных. Его работы по сравнительному изучению анатомии ископаемых млекопитающих и птиц англо-парижского бассейна привели к четкому формулированию принципа корреляции органов. Этот принцип явился основой для разработки палеонтологии позвоночных и ведущей идеей в обосновании методов сравнительной анатомии. Именно создатель *сравнительной* анатомии смог установить закономерности пространственного соотношения органов животного как элементов целостной структуры организма. Этот факт вскрывает смысл главного направления в формировании логики естествознания XIX в. Использование сравнительного метода в структурно-функциональном анализе развивающихся объектов приводит, как уже говорилось, к выяснению генетических отношений внутри них.

Как только в науку входит идея развития, сразу же обнаруживается присущее процессу развития противоречие, и столкновения теоретических концепций этого периода отражают характер этого противоречия.

Споры о природе движения и развития имеют давнюю историю в науке и философии. Сложность вопроса о диалектическом соотношении непрерывного и прерывного своеобразно отражается в современной геотектонике. И теперь еще нет единого мнения о существовании общепланетарных фаз складчатости, о наличии хронологических перерывов в геотектоническом процессе и т. п. Именно таков по своему философскому смыслу был спор эволюционизма и катастрофизма в естествознании XIX в., имеющий принципиальное значение для геологии.

Соотношение непрерывности и дискретности движения вообще выражается как проблема соотношения необратимости и круговоротов в развитии. Борьба эта свидетельствовала о том, что идея развития не только прочно вошла в науку, но и обнаружила два различных подхода в решении присущих развитию противоречий. Конечно, в разных отраслях естествознания эта борьба приобретала различные формы в зависимости от специфики предмета каждой науки. Но особенно отчетливо все ее перипетии отразились в биологии, палеонтологии, а позднее и в геологии.

Представителями эволюционизма в додарвиновский период выступали выдающиеся французские натуралисты Ламарк (1744—1829) и Ж. Сент-Илер (1772—1844), основоположником катастрофизма считается Ж. Кювье. В свете идейной борьбы двух противоположных концепций развития взгляды Ж. Кювье представляются парадоксальными. И в самом деле, создателя сравнительной анатомии, казалось бы, сама логика должна была привести к пониманию отношений генетического родства между сходными формами животных.

Как мы видели, идея развития возникает из сравнительного изучения пространственного разнообразия объектов. Сравнительный анализ позволяет установить, что две рядом и одновременно существующие формы есть в то же время и подчиненные одна другой в отношении уровня структурной организации. Отсюда мысль приходит к заключению о генетическом родстве между ними, что позволяет рассматривать каждую из них как ступени в развитии данного класса. К. А. Тимирязев по этому поводу говорит: «... охватывая одним общим взглядом всевозможные видовые формы, от только что зачинающегося до вполне обособившегося вида, мы выносим общее впечатление текучести, подвижности этих форм, точно так же, как в стробоскопе, соединяя в одно изображение формы, застывшие в различных фазах движения, мы получаем непосредственное впечатление этого движения»⁵. Однако сравнительное изучение ископаемых остатков позвоночных не привело Ж. Кювье к идее изменчивости видов, он оставался решительным сторонником их постоянства. Напротив, сходство фауны одного осадочного комплекса и вместе с тем отличие ее облика от подстилающих и перекрывающих отложений привели Кювье к утверждению о наличии в геологической истории Земли ряда творческих актов. Эту идею до теологических крайностей развили последователи Кювье — д'Орбиньи и Агассиц.

Хотя идеи катастрофизма преобладали в науке XVIII — начала XIX в., все же существовала и противоположная точка зрения на процесс развития, представленная последователями Ламарка.

В основе теоретической концепции эволюционизма лежала идея о «едином плане строения» животного царства, т. е. такая идея, которая возникает в результате изучения структуры органического

⁵ К. А. Тимирязев. Избр. соч., т. 2. М., Сельхозгиз, 1957, стр. 335.

мира на уровне его единства и целостности. Ламарк в логике сделал тот шаг, перед которым остановился в свое время К. Линней, но последний своими работами по систематике природы проложил путь к идее развития. В отличие от взглядов катастрофистов, ламаркизм формулировал идею развития органического мира с позиций плоского эволюционизма, утверждая, что природа создала все многообразие живых существ путем только постепенного и последовательного наследования новых свойств, возникающих в течение длительного промежутка времени под непосредственным воздействием изменяющихся условий среды. В целом мы можем отметить, что представителям как одной, так и другой школы было присуще понимание истории Земли и жизни на ней как длительного процесса изменения форм и состояний. Но в вопросе о характере этого процесса и закономерностей изменчивости облика Земли начинались разногласия.

В свете этого замечания деятельность в геологии Ч. Лайеля представляется дальнейшим развитием идей эволюционизма в борьбе против катастрофизма Ж. Кювье. Последняя концепция все более деградирует. В форме «дилювиальной теории» ее уже стали привлекать богословы в обоснование библейской сказки о всемирном потопе. Может быть, «теологическая подготовка» умов естествоиспытателей в течение средних веков способствовала тому, что катастрофизм, в чем-то родственной этой легенде, прочно и надолго вошел в научный обиход естествознания XVIII — начала XIX в. Очевидно, процесс развития Земли, к изучению которого перешла геология в первой половине XIX в., содержал в себе какие-то особенности, обусловившие столь длительное господство идей катастрофизма в самых различных вариантах — креационизма, дилювианизма и т. п. Однако естествознание этого периода в лице своего выдающегося представителя Ч. Лайеля все же не сумело диалектически сбалансировать крайности противоположных концепций развития природы.

В своем трехтомном труде «Основы геологии» (1833) Ч. Лайель выступает последовательным борцом против всех форм катастрофизма. В виде стройной теории он сформулировал свое учение о вечно однообразных геологических изменениях Земли. Основной принцип этого учения заключается в том, что геологические силы, преобразующие облик нашей планеты, на протяжении длительной истории ее существования оставались постоянными «как по качеству, так и по количеству» (Энгельс). Впоследствии Т. Гексли (1869) назвал этот принцип униформизмом. Это вело к пониманию геологического процесса развития как простой равномерной по темпу восходящей линии в формировании структуры земной коры. Лайель пишет «об однообразном свойстве и энергии тех причин, которые производили постепенные изменения в коре земного шара и в условиях его живых обитателей»⁶. Таким образом, униформизм

⁶ Ч. Лайель. Основные начала геологии, т. I. М., 1866, стр. 80.

Лайеля характеризуется теми же чертами плоского эволюционизма, что и учение Ламарка, и в этом смысле является прямым идейным наследником ламаркизма применительно к неживой природе.

Подобно Ж. Кювье, логический парадокс концепции Лайеля заключался в том, что последний до появления «Происхождения видов» Дарвина отчаянно защищал идею о неизменяемости видов, на которой основывался отвергаемый им катастрофизм Кювье, резко критиковал Ламарка. Вероятно, в этом парадоксе следует видеть интуитивный протест натуралиста против односторонности собственной эволюционной концепции и признание рационального момента катастрофического учения Кювье. Но Лайель все же предпринимает попытку, хотя и безуспешную, выйти из тупика униформизма. Например, для него различие в фауне отдаленного прошлого и настоящего не более чем различие фауны тропиков и Арктики в настоящее время. Признается лишь пространственное разнообразие форм. Точно так же явно наблюдающуюся периодичность горообразовательных процессов он пытается из временной закономерности превратить в пространственную. Он пишет: «... сила подземных движений всегда была одинакова в отношении ко всей Земле. Сила землетрясений в известный период лет постоянно ограничивалась, как и теперь, большими, но определенными пространствами и потом постепенно перемещалась таким образом, что другая область, в течение веков пребывавшая в покое, в свою очередь становится великим центром ее действия»⁷. Таким образом, в этой части униформизм Лайеля несет на себе «родимые пятна» предшествующего состояния науки, которые указывают, что идея развития как временная закономерность существования объектов возникла из изучения пространственных закономерностей, т. е. геологической структуры земной поверхности.

Именно этот принцип униформизма, который лежит в основе учения Лайеля, послужил для обоснования широко применяемого в геологии метода актуализма. Этот метод используется для познания истории развития Земли на основании изучения современных геологических процессов. Но в формулировке Лайеля он выступал как другая сторона его униформистских представлений об истории нашей планеты. Катастрофизм представлял себе историю Земли в виде нескольких этапов, разделенных внезапными катастрофами. Причем между этими этапами не сохранялось никаких преемственных связей, качественное различие между ними было абсолютным. В общей форме можно отметить, что катастрофизм фиксировал прерывистый характер развития, отмечая качественное своеобразие каждого этапа в нем. Униформизм, наоборот, отрицал качественные различия в ходе геологических процессов в прошлые эпохи по сравнению с современностью. Но, как заметил еще Ф. Бэкон, «противоположным заблуждениям свойственны одни и те же причины блужданий». Сводя все к постепенной эволюции, к фактору вре-

⁷ Ч. Лайель. Основные начала геологии, т. I, стр. 59.

мени, униформизм описывал процесс развития как простое количественное изменение в рамках одного и того же качественного состояния.

Но следует обратить внимание на замечание Ф. Энгельса: «Лишь Лайель внес здравый смысл в геологию, заменив внезапные, вызванные капризом творца, революции постепенным действием медленного преобразования Земли»⁸. Хотя концепции катастрофизма Ж. Кювье и униформизма Ч. Лайеля одинаково односторонне абсолютизировали противоречивые моменты процесса развития, все же идеи эволюционизма в условиях окостенелого метафизического мировоззрения XVIII—XIX вв. были прогрессивны, дальнейшие успехи естествознания могли быть связаны только с этой идеей.

В конце XVIII в. французский астроном и математик П. Лаплас (1749—1827) подвел итоги развития астрономической науки в своей книге «Изложение системы мира» (1796). В приложении к этому сочинению была дана оригинальная гипотеза происхождения солнечной системы из первичной туманности. Установление законов движения планет И. Кеплером, работы Ф. Гершеля по изучению физической природы Солнца и других звезд, наконец, открытие закона всемирного тяготения И. Ньютоном подготовили почву для научного обоснования идеи развития солнечной системы. Еще в 1755 г. И. Кант в общей философской форме выдвинул гипотезу, в которой образование небесных тел рассматривал как результат естественного развития материи. Но в то время геология еще не была готова к тому, чтобы использовать эту идею в анализе собственного фактического материала. Кроме того, ряд уязвимых моментов, в частности в вопросе о возникновении упорядоченного вращения туманности, отсутствие математической разработки обусловили непопулярность гипотезы И. Канта во время появления «Всеобщей естественной истории и теории неба». Гипотеза Лапласа появилась независимо от кантовской. Скорее в ней ощущается присутствие идей Бюффона. В отличие от гипотезы Канта, Лаплас удачно объяснил ряд известных положений механики солнечной системы. Если И. Ньютон нуждался в божественном часовщике, который первоначально завел бы весь механизм солнечной системы, то Лаплас в своей гипотезе исключил (правда, не очень остроумным способом) необходимость сверхъестественной силы, предположив начальное вращение исходной туманности. В этом виде гипотеза быстро завоевала популярность, в том числе и среди геологов. На геологию оказала влияние не только идея развития, заключенная в ней, наука использовала и некоторые другие прямые следствия, в частности положение о первоначальном раскаленном состоянии планет во время их образования. Из таких же посылок исходил в свое время и Бюффон, но он не сумел сделать из них стройных и последовательных геологических выводов. Его семи-

⁸ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 352.

этапная схема геологической истории Земли мало удовлетворяла исследователей. В геологии в это время предмет полемики составляет проблема происхождения гор, складчатости и механизма этих процессов. В первой половине XIX в. в геологии была популярной концепция Л. фон Буха, известная под названием «гипотезы о кратерах поднятий и извержений». Наблюдения над деятельностью вулканов Италии привели Буха и его единомышленника А. Гумбольдта к переоценке вулканизма в горообразовательном процессе. Несмотря на многочисленные поправки, внесенные в эту концепцию последующими исследователями, ей не суждено было сыграть заметной роли в геологии. Зато у так называемой «контракционной гипотезы» судьба была яркая, и на протяжении почти целого века она триумфально господствовала в теоретической геологии. Первый, кто сделал последовательные геологические выводы из космогонической гипотезы Канта — Лапласа, был французский ученый Эли де Бомон (1798—1874). Его контракционная гипотеза в то время была удачной попыткой использования успехов астрономии для развития геологической теории и первой конкретной формой воплощения идеи развития применительно к геотектоническому процессу. Существо ее сводится к следующему. Вследствие постепенного охлаждения подкорковых масс Земли происходит уменьшение ее объема. Соответственно твердая земная кора уменьшает свою площадь путем коробления поверхности. Вследствие неоднородной пластичности и прочности земной коры одни участки ее поднимаются, другие — опускаются. Исходя из этой гипотезы, Эли де Бомон пытался объяснить механизм горообразовательного процесса и складчатости, вулканической деятельности и т. п. Вначале гипотеза контракции играла определенную положительную роль, так как она сводила в единую концепцию эмпирические данные по изучению складчатых структур земной коры. Под знаменем этой гипотезы структурная геология сделала заметные успехи в изучении закономерностей пространственного распределения различных тектонических форм. Но в части механизма и причин горообразовательного процесса к началу XX в. обнаружилась ее теоретическая несостоятельность. Ее главный методологический недостаток, грозивший стать препятствием на пути развития геотектоники, заключался в том, что она, как отмечает В. В. Белоусов, «уводила в область чисто формальных геометрических построений»⁹, отвлекала от изучения вещественного состава осадочной оболочки Земли, игнорировала роль колебательных движений. В то же время очередная задача геотектоники как раз состояла в обратном — необходимости найти единые причины складчатых, горообразовательных и колебательных движений земной коры.

Теоретические споры в геологии переносятся в плоскость иной

⁹ В. В. Белоусов. Основные вопросы геотектоники. М., Госгеолтехиздат, 1962, стр. 529.

проблематики, связанной уже с закономерностями эволюции Земли и тех геологических факторов, которые преобразуют ее облик.

Таким образом, мы проследили начальный этап логики становления в геологии идеи развития. В этот период геология окончательно формулирует предмет своего изучения — естественноисторический процесс развития Земли — и вырабатывает свой специфический метод. Дальнейший прогресс геологии связан с преодолением ограниченности актуализма в его униформистском виде и развитием исторического метода, который, все более обогащаясь за счет взаимодействия с другими методами геологического исследования, постепенно подводит естествоиспытателей к пониманию диалектического характера закономерностей развития земной коры.

ПОНЯТИЯ ДВИЖЕНИЯ И РАЗВИТИЯ В ФИЗИКЕ

Понятия «движение» и «развитие» — это философские понятия, и применяются они при анализе материального мира в целом. Каждое из них, как и любое научное понятие, концентрирует, синтезирует исторический опыт познания, соответствует уровню познания конкретных наук и имеет тенденцию к постоянному обогащению.

Как итог и концентрация познания понятия «движение» и «развитие» характеризуют общее свойство материи — изменчивость. В принадлежности движения к одинаковому качеству материи — изменчивости — заключается их единство. Это единство является основой для того, чтобы установить специфические особенности каждого из них. Для установления какого-то отношения между объектами или их свойствами сопоставляют не те специфические качества, указывает К. Маркс, которые делают один объект «буквой А», а другой «столом», а только те свойства, которые выражают общность между ними. К. Маркс пишет: «Каково расстояние между звуком А и столом? Вопрос этот лишен смысла. Когда мы говорим о расстоянии между двумя вещами, мы говорим о различии их положения в пространстве... мы объединяем их в одну категорию как предметы, существующие в пространстве, и только после того как мы их объединили... мы их различаем как различные точки пространства. Их принадлежность к пространству есть единое в них»¹.

Специфические особенности движения и развития состоят в том, что они являются различными способами изменчивости материи. Раскрывается и обнаруживается это качественное различие между ними в законах естествознания и прежде всего в законах физики. Если взять законы сохранения и, в частности, закон сохранения и превращения энергии, который доказывает вечность и неуничтожимость движения в целом, то качественные изменения, выступающие в нем, не связаны с каким-либо преимущественным направлением. Статистические законы физики, в отличие от законов сохранения,

¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 26, ч. III, стр. 145—146.

устанавливают строгую направленность в изменениях материальных процессов. Сущность изменчивости материи, выступающая в этих различных законах науки, обладает различными свойствами.

Но если изменчивость материи подчиняется различным по качеству законам и законы движения не выражают способность материи к необходимо направленным изменениям, то возникает вопрос правомерности определения развития как направленного движения². Наряду с этим возникает необходимость в уточнении сущности понятий движения и развития. Это особенно важно потому, что в философской литературе даже в том случае, когда признается различие понятий «движение» и «развитие», сравнение между ними делается не по сущностным отношениям, а по проявлениям сущности. В связи с этим одно из них (развитие) представляется уже другого (движение). Имеются суждения, согласно которым отрицается развитие в мире элементарных частиц³ и тем самым вольно или невольно отрицается всеобщий характер действия законов развития. Неопределенность в трактовке понятий «движение» и «развитие», их важность для наук о природе требуют уточнения сущности этих понятий, что можно сделать путем установления связи их с важнейшими законами естествознания.

ЗАКОНЫ ФИЗИКИ И ИХ СВЯЗЬ С ДВИЖЕНИЕМ И РАЗВИТИЕМ

Все важнейшие принципы и методы исследования современной физики опираются на законы сохранения. Характеризуя методы исследования в современной физике, Я. А. Смородинский отмечает: «Современный физик, исследуя явления в мире элементарных частиц, считает свою работу завершённой, если он может сформулировать закономерности экспериментального материала в краткой форме законов сохранения»⁴.

Законы сохранения относятся к числу фундаментальных законов на всех этапах изучения физических процессов. Они выступают в качестве основы построения классической физики, квантовой механики, квантовой электродинамики и других разделов физики. Методы изучения физических процессов на современном этапе развития остаются теми же, какими были в классической физике. Различие старой и новой физики сводится только к тому, что доквантовая физика знала лишь несколько фундаментальных законов сохранения, тогда как в квантовой физике и особенно в физике элементарных частиц накопилась серия таких законов. При этом принципы исследования, построенные на законах движения, продолжают успешно работать почти во всех областях физических процессов. В процессе математического описания раскрываются

² Философская энциклопедия, т. 1, стр. 434.

³ См. М. Н. Руткевич. Диалектический материализм. М., Соцэкгиз, 1959, стр. 385.

⁴ Я. А. Смородинский. Унитарная симметрия элементарных частиц. «Усп. физ. наук», 1964, т. 84, вып. 1, стр. 3.

законы движения атомов, предсказывается характер поведения частиц в атомах и молекулах, обладающих сравнительно небольшими скоростями и энергиями. Но это положение меняется при переходе к очень большим скоростям и малым пространственным масштабам. Здесь, по признанию физиков, теория весьма далека от внутренней стройности и завершенности. Дело в том, что при вычислении любой физической величины, например массы, длины волны и заряда у частиц с малыми размерами, получаются бесконечные значения. Это означает, что методы и принципы физики, построенные на законах движения, становятся узкими на уровне весьма малых величин, и разрешение этих трудностей вряд ли возможно без привлечения принципов развития.

На важность и необходимость эволюционных идей в физике обращают внимание многие естествоиспытатели. Так, А. А. Чердынцев пишет: «Мир — это развивающаяся материя, и изучение развития мира не может быть исключено из поля зрения физики — одной из основных наук о природе, хотя современная физика, несмотря на свое бурное развитие в нашем столетии, все еще не подошла к решению исторических, эволюционных задач в своей области»⁵. Одна из причин, почему она не решила этих задач, состоит в том, что картина изменчивости материи, построенная на основе законов движения, оказывается односторонней и поэтому далеко не полной.

В законах сохранения раскрывается однородность и изотропность движения. Однородность движения заключается в том, что законы его одинаковы для всех материальных структур и не зависят от сложности их строения. Законы движения симметричны по отношению к направлениям.

Симметрия движения тесно связана с симметрией пространства и времени, ибо движение есть сущность пространства и времени. Это означает, что однородность и изотропность движения есть в то же время однородность и изотропность пространства и времени.

Симметрия времени состоит в том, что законы, характеризующие изменение систем во времени, одинаковы для всех временных точек. Согласно законам симметрии, не существует преимущественных отрезков времени, несмотря на то что состояние систем изменчиво. Время не только однородно, но и изотропно. Это означает, что прямое направление времени можно заменить на противоположное время. Однородность времени с необходимостью предполагает существование физической величины, которая сохраняется во времени, т. е. соответствует его однородности. Согласно теореме Нетер, такой сохраняющейся величиной является энергия.

Из однородности и изотропности пространства вытекают законы сохранения импульса и момента импульса.

Законы сохранения, выражающие симметрию движения, времени и пространства, имеют неопределимое методологическое значение.

⁵ А. А. Чердынцев. Геологические науки и ядерная физика. Кн.: «Взаимодействие наук при изучении Земли». М., «Наука», 1964, стр. 211.

ние. Они позволяют установить общность, единство, глубокую внутреннюю связь между всеми изменяющимися системами материального мира. Но за этими общими чертами изменчивости материи в целом трудно получить сведения о специфике связей и отношений, характеризующих изменчивость материальной структуры как специфического образования. На основе принципов симметрии пространства и времени, например, можно построить стационарную модель Вселенной, но она не дает объяснения факту красного смещения, если его интерпретировать как разбегание галактик. Принципы симметрии и законы сохранения не объясняют причин возрастания энтропии, сущности второго начала термодинамики, причины и характер усложнения элементарных частиц и т. д.

Сущность, например, второго начала обладает противоположными чертами по сравнению с сущностью первого начала термодинамики. Содержание этого второго начала сводится к утверждению, что любая замкнутая система стремится к определенному конечному состоянию, для которого энтропия — функция состояния — возрастает.

Второе начало термодинамики, с присущей ему необратимостью, указывает на существование таких законов в природе, которые не только не укладываются в пределы принципов симметрии, но и как бы подрывают их. Дело в том, что понятия «энтропия» и «энергия» как физические величины выражают противоположные свойства, присущие одной и той же материальной системе.

Изменения энергии раскрывают типичные черты движения несмотря на то, что энергия есть лишь одна из мер движения и понятие «энергия» не тождественно понятию «движение». Общие черты движения и энергии состоят в том, что, подобно движению, энергия не возникает и не уничтожается, а только превращается из одного вида в другой. Движение имеет качественную и количественную неуничтожимость, и энергия качественно и количественно неуничтожима. Физическое движение дифференцируется в качественно различных видах. Подобно этому дифференцируется и энергия. Каждому специфическому виду движения присущ определенный конкретный вид энергии.

Поскольку понятия «движение» и «энергия» имеют сходство в важнейших чертах, то ясно, что открытие основных закономерностей изменения энергии позволило сделать обобщения относительно движения в целом.

Согласно закону сохранения и превращения энергии, любой из конкретных видов движения, будь то электрическое, механическое, ядерное или другое движение, не вечен. Он может возникнуть и исчезнуть, превращаясь в другой вид. Но в этом процессе превращений проявляется общее свойство движения, а именно то, что оно не теряет способности к превращениям, что процесс превращения видов движения не имеет ни начала, ни конца, что общее количество движения в этом бесконечном процессе превращения не исче-

зает и не творится вновь. Из закона сохранения и превращения энергии следует, что в бесконечном процессе превращения видов движения нет и не может быть такого конкретного вида, который потерял бы способность превратиться в любой другой, качественно отличный от него, вид. Утрата такой способности одним из конкретных видов движения означала бы качественную уничтожимость движения, ибо все другие виды со временем превратились бы в него, а он оказался бы лишенным способности к дальнейшим превращениям. Все это указывает на то, что качественные изменения, присущие движению, не обладают свойством преимущественной направленности. Законы движения не зависят от замены прямого направления на обратное.

Применительно к тепловой системе энергия как физическая величина характеризует такую сторону изменчивости, которая не теряет способности к превращаемости в качественно отличные от нее виды. Энтропия, в отличие от энергии, как бы связывает действительную сторону энергии, парализует способность ее к превращаемости. Энергия раскрывает причину отклонения тепловой системы от равновесного состояния, а энтропия — причину равновесного состояния ее.

Энтропия — статистическая величина и является показателем степени неупорядоченности системы. Энергия — динамическая величина. Энтропия замкнутой системы увеличивается, а энергия сохраняется, остается неизменной величиной. Энергия характеризует обратимость процессов во времени, а энтропия указывает на необратимость временных свойств материи.

Итак, свойства, характеризующие энтропию и энергию, противоположны и качественно отличны. Но это отличие не только не исключает связи между ними, но и теряет всякий смысл без нее. Понятие энтропии внутренне связано с понятием энергии. На существование такой связи обратил в свое время внимание автор понятия «энтропия» Клаузиус. Слово «энтропия», пишет он, я «намеренно подобрал возможно ближе к слову «энергия», так как обе соответствующие этим выражениям величины настолько близки по своему физическому смыслу, что они, по моему мнению, требуют однородного обозначения»⁶.

Правильно подметив связь между энергией и энтропией, Клаузиус, однако, не понял диалектическую природу этой связи и, опираясь на факт возрастания энтропии, заключил, что существование его будто бы ведет к «тепловой смерти» Вселенной, т. е. ведет к деградации энергии. Связь между энергией и энтропией он интерпретировал как их тождество, а на основе этого сущность закона сохранения и превращения энергии свел к сущности закона энтропии. В действительности в данном случае никакой деградации энергии нет и быть не может в силу того, что объективное действие первого

⁶ Р. Клаузиус. Механическая теория тепла. Сб. «Второе начало термодинамики». М.—Л., Гостехтеоретиздат, 1934, стр. 143.

начала термодинамики не утрачивает своего значения в явлениях теплоты. Более того, закон сохранения и превращения энергии потому и назван первым началом термодинамики, что второе начало опирается на него, как здание на фундамент. Энергия, в свою очередь, оказывается сохраняющейся величиной в тепловой системе тогда и притом, если действуют вероятностные законы и связанное с ними второе начало термодинамики.

Противоположность свойств, раскрывающих сущность энергии и энтропии и внутреннее единство между ними, указывает на то, что первое и второе начала термодинамики можно связать, соединить, совместить между собой как такое единство противоположностей, каждая из сторон которого одновременно и взаимоисключает и взаимопредполагает другую. При этом первое начало связано с обратимостью в изменчивости материи, а второе начало термодинамики характеризует необратимость процессов и этой своей чертой связано с подобной чертой развития.

Энтропия как физическая величина связана с вероятностными отношениями, а энергия — с динамическими. В связи с этим нетождественность сущности понятий «движение» и «развитие» обнаруживается через динамические и статистические законы.

Динамические законы устанавливают необходимые, повторяющиеся связи между различными состояниями системы. На основе этих законов по начальному состоянию системы и силам, действующим на нее, можно однозначно предсказать ее состояние в будущем. Свойство однозначности, присущее динамическим законам, ставит их в один ряд с причинно-следственной связью, в которой связь между причиной и следствием также однозначна. Вследствие этого физики очень часто называют динамические законы причинными законами.

Динамические законы контролируют взаимодействие между отдельными сторонами или отдельными свойствами сторон в материальной системе. Они регулируют процессы взаимопревращаемости частиц, движение гигантских звездных систем, управляют сложными процессами круговорота материи. Динамические законы симметричны по отношению к прошлому и будущему.

Основные черты и свойства, присущие динамическим законам, раскрывают структуру движения, но не развития. Они не вскрывают причин усложнения материальных систем, не дают всесторонней картины их изменчивости, не обнаруживают причин однонаправленности в развитии. Это не означает, что динамические законы и относящиеся к ним законы сохранения не связаны с развитием. Напротив, все выводы о развитии и усложнении структурных форм материи современная физика делает не иначе как через призму законов сохранения. На связь законов сохранения с развитием указывает и то, что в процессе усложнения форм материи происходит увеличение числа сохраняющихся величин. Так, если сравнить между собой слабые, электромагнитные и сильные взаимодействия, характеризующие класс элементарных частиц, то

слабые взаимодействия подчиняются законам сохранения энергии, количества движения, момента количества движения, электрического заряда, барионного заряда, лептонного заряда и комбинированной четности. Электромагнитные взаимодействия также подчиняются всем этим законам сохранения, но, кроме того, в этой области появляются новые сохраняющиеся величины, такие, как странность, зеркальная инвариантность и зарядовое сопряжение. В сильных взаимодействиях кроме законов сохранения, характеризующих электромагнитные процессы, появляется закон сохранения изотопического спина. Вполне возможно, что увеличение числа законов сохранения у электромагнитных и сильных взаимодействий по сравнению со слабыми взаимодействиями свидетельствует о неодинаковой степени сложности различных уровней элементарных частиц. Существование внутренней связи динамических законов с процессом усложнения частиц не отменяет, однако, положения, что область действия динамических законов не охватывает весь сложный спектр изменчивости структурных форм материи. Так, известно, что хаотическое, неупорядоченное движение изучается статистическими методами, и закон распределения молекул по скоростям движения оказывается вероятностным. С помощью статистических законов современная физика определяет свойства микрообъектов, процессы превращаемости и перехода их из одного состояния в другое.

Статистические закономерности выражают существенные, необходимые, повторяющиеся всеобщие связи, обусловленные столкновением, переплетением множества причин и следствий, каждое из которых по отношению к общей тенденции предстает как случайная форма связи. Вероятные законы действуют там и тогда, когда начальное положение системы подвергается постоянным изменениям. Неустойчивость начального положения приводит к тому, что изменчивость системы в целом определяется статистическими законами. Из вероятностных законов следует, что сущность отображаемого ими процесса необратима, она асимметрична по отношению к прошлому и будущему. Различное отношение к развитию динамических и статистических законов обусловлено спецификой действия каждого из них. Динамический закон с присущей ему способностью однозначно предсказывать события обнаруживает одну-единственную причину, порождающую то или иное явление. Динамический закон не отвергает коренного отличия между причиной и следствием, но он не способен своими собственными средствами объяснить корни этого отличия, а в связи с этим не способен объяснить причин качественного многообразия процессов природы. Статистический закон связан с множеством различного рода причин. Это означает, что он содержит в себе бесчисленное множество связей, каждая из которых может стать причиной нового свойства, явления, качества. Статистический закон обнаруживает неисчерпаемые возможности объектов к развитию.

Важнейшие черты и свойства статистических законов совпадают

с чертами и свойствами законов развития. Однако это еще не означает, что достаточно иметь статистические законы и можно создать модель развития структурных форм материи. Развитие предполагает, например, рост, а статистические законы не раскрывают специфику роста. Это означает, что сущность развития сложнее тех связей, которые выступают в статистических законах, хотя и внутренне связана с ними.

Опираясь на факты науки, логично предположить, что связь, соподчинение динамических и статистических законов в материальной системе выражает связь, неразрывное единство движения и развития. Но вряд ли это соподчинение носит характер «низших» и «высших» законов, как это иногда представляется.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ЧЕРТЫ ДВИЖЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Движение и развитие протекают по своим внутренним имманентным законам, которые носят объективный характер и обуславливают отличительные черты той или другой формы изменчивости.

Понятие развития, как и понятие движения, выражает изменение. Но это не те изменения, которые регулируются законами движения. При движении изменяются отдельные стороны связи и отношения материальных систем; это могут быть изменения скорости, ускорения, направления движения, пространственного положения, электромагнитного, гравитационного и другого вида взаимодействия. В процессе движения изменяется сущность отдельных сторон и отношений целостной системы. Законы развития выражают процесс изменения целостных систем. Развитие — это целостный процесс усложнения материальных систем, ведущий к возникновению нового. Развитие имеет системный характер. Развивается не мир в целом, а отдельные структурные формы его. Развиваются элементарные частицы, атомы химических элементов, молекулярные, звездные, галактические и другие системы. Развитие неорганических систем живого мира, человеческого общества и познания подчиняется общим законам диалектики. При этом характерно то, что для анализа сущности движения достаточно привлечь закон единства и борьбы противоположностей и закон перехода количественных изменений в качественные, а изменчивость сущности развития подчиняется и закону единства и борьбы противоположностей, и закону перехода количественных изменений в качественные, и закону отрицания отрицания. Для развития характерна спиралевидная форма изменчивости.

Законы развития раскрывают причины и источники возникновения целостных систем, условия их функционирования и гибели. Всякий отдельный процесс развития имеет начало и конец. Это следствие действия законов диалектики, согласно которым на низших этапах развития возникают черты нового качества, укрепление которого приводит к уничтожению старого и возникновению нового вида развития.

Законы развития отвергают существование простых материальных систем и с неизбежностью предполагают сложный, неисчерпаемый характер функционирования любой системы. Это следует даже из закона единства и борьбы противоположностей, который предполагает взаимодействие между частями.

Целое состоит из частей. При этом законы изменчивости целого не сводятся к частям его. Поваренная соль, например, состоит из натрия и хлора и распадается на свои составные части. Но в поваренной соли как целостной системе нет свойств чистого натрия и свойств чистого хлора. Это и означает, что законы изменчивости целостной системы не сводятся к законам изменчивости частей ее. Законы развития объясняют причину деления видов материи на простые и сложные, причину неисчерпаемости любого вида материи, причину многообразия форм перехода одного вида материи в другой и т. д.

Применительно к познанию законы развития выступают как метод изучения целостных систем. Они позволяют выделить качественную основу целого и определить возможные пути изменчивости его. Из того, что развитие подчиняется всем законам диалектики и раскрывает изменчивость целостных систем, а не отдельных частей его, вовсе не следует, что отдельная сторона, отдельное отношение этого процесса нельзя изучать как самостоятельный объект исследования. Без изучения этих отдельных взаимодействий и отношений целостных систем нельзя открыть законы развития в целом, и это свидетельствует о важности и необходимости наук об отдельных взаимодействиях. Суть требований диалектической теории познания сводится в данном случае не к тому, чтобы подвергнуть сомнению важность законов движения, а наметить правильный путь исследования и показать, что законы изменчивости отдельных частей не сводятся к законам изменчивости целостных систем. Это требование относится ко всем наукам, в том числе и к физической теории.

Известно, что, изучая законы перемещения тел в пространстве, физика абстрагируется от законов строения материи и вырабатывает понятие «материальная точка». Это понятие полезно во всех разделах физики, где можно отвлечься от строения материи. Однако оно не работает, когда при изменчивости систем необходимо учитывать коренную ломку структуры в целом. Так, если понятие бесструктурной точки применяется при изучении движения элементарных частиц, то такая теория оказывается внутренне противоречивой. Пространственная структура представляется в виде бесконечного вариационного принципа, что не согласуется с физическим значением физических величин. Это не согласуется с глубоким, неразрешимым в рамках классической физики противоречием. Чтобы избавиться от бесконечности, необходимо рассмотреть частицу с конечными размерами. Это позволяет интегрировать движение частиц с конечными размерами.

по сути своей означает, что теория поставлена перед необходимостью учитывать строение частиц, их размеры. Разрешение противоречия между старыми понятиями и связанными с ними методами познания, с одной стороны, и потребностями современной практики, имеющей дело с превращаемостью частиц как целостных систем, с другой стороны, с неизбежностью приведет к созданию новой теории, которая с необходимостью приведет к созданию эволюционной теории.

Коренное отличие законов движения и развития проявляется во многих чертах. Из того, что законы движения симметричны по отношению к прошлому и будущему, они указывают на общность, подобие в строении материальных систем. Законы развития асимметричны по отношению к прошлому и будущему и указывают на несводимость, отличие систем материального мира.

Особенностью движения является то, что оно протекает с сохранением энергии, тогда как в процессе развития происходит выделение энергии. Свидетельством этому служит дефект массы, уменьшение массы целостной структуры по сравнению с суммой масс составных элементов ее. Известно, что масса ядра меньше суммы масс нуклонов, образующих ядро. Уменьшение массы целостной системы по сравнению с массой составляющих ее частей есть в то же время и уменьшение энергии на основе закона $E=mc^2$, где E — энергия системы, m — масса ее, а c — скорость света. Огромное количество энергии, выделяющееся при синтезе ядер, указывает на то, что развитие как усложнение материальных систем есть такой переход в новое состояние, который обуславливает качественное отличие законов, характеризующих изменчивость отдельных систем.

Развитие, как и движение, есть результат борьбы противоположностей. Но противоречивая сущность этих двух видов изменчивости не равноценна. Движение как взаимодействие между противоречивыми сторонами имеет место в рамках устойчивого состояния системы, когда противоречивые стороны взаимодействуют сколь угодно долго, не изменяя равновесного состояния. На основе законов движения материальная система представляется изменяющейся вечно однородном, постоянно сызнова повторяющемся круговороте, который в таком своем виде равнодушен к развитию. В процессе развития противоречивые стороны не просто полярно противоположны, а приводят к усложнению связей. Развитие разрушает качественную определенность системы, приводит к распаду, к превращению ее в новое качество.

Отличие движения и развития состоит далее в том, что законы, контролирующие развитие материальных систем, имеют вероятностный характер, а законы, контролирующие движение, имеют динамическую природу. Развитие объясняет причины многообразия материальных систем, а движение — причины многообразия типов взаимодействия в системе и между системами.

Развитие и движение отличаются типом повторяемости, которая

характеризует каждое из них. В процессе движения воспроизводятся свойства, присущие начальному состоянию системы. При этом выполняются требования: 1) полный возврат к старому, исходному пункту; 2) отсутствуют низшие и высшие ступени изменчивости. В процессе развития начальный и конечный пункты отличаются друг от друга как низший и высший этапы развития. Повторяемость подчиняется закону отрицания отрицания и состоит в том, что на высшем уровне развития как бы повторяются черты низшей ступени. Здесь нет полного восстановления и повторения исходных условий, а есть переход от более простой организации материальной системы к более усложненной организации.

Обратимость (полный возврат к старому исходному пункту), присущая движению, обуславливает широкие пределы действия законов движения. Этот факт создает видимость того, что движения шире, нежели развитие, а видимость нередко выдается за сущность. Развитие, в отличие от движения, необратимо и выступает через усложнение отдельных систем. Развивается не мир в целом, а конкретные системы его.

Отличительные черты, характеризующие особенности развития и движения, обуславливают коренное отличие всех связей, присущих каждому из них. Так, причинные связи, порожденные движением, хотя и выступают в виде отдельных актов, моментов, звеньев, однако в случае повторяемости таких моментов возникает целая система звеньев. Таков процесс превращения видов энергии, в котором каждый конкретный вид возникает в результате причинного действия и сам, в свою очередь, становится причиной возникновения качественно отличного от него вида энергии. При этом превращаемость причин в следствие носит характер кругооборота, не имеющего ни начала, ни конца, а отдельное причинно-следственное звено и система причинно-следственных звеньев подчиняются одним и тем же динамическим законам. Что касается причинных связей, обусловленных развитием, то они имеют качественно иную форму проявления. Развитие не оставляет и не может оставить причинное звено в одном и том же виде. В процессе развития происходит переkreщивание множества причин и следствий. И общая тенденция, пробивающая себе путь в виде вероятностного закона, коренным образом отличается от отдельного причинно-следственного звена.

В процессе развития и движения различно проявляются временные свойства материи. Время, будучи атрибутом материи, раскрывает порядок, строгую последовательность в изменчивости материальных систем. Время необратимо. Оно указывает, что события протекают не иначе как от прошлого к будущему. Однако это важнейшее свойство времени не во всех уравнениях движения выступает явно. Известно, что законы классической механики и другие законы физики, например вариационный принцип, совершенно не зависят от направленности времени. В этих законах временные свойства обратимы. В отличие от динамических законов,

статистические законы раскрывают необратимость процессов во времени.

Вопрос о причинах обратимости и необратимости времени в уравнениях физики активно обсуждается в философской и естественнонаучной литературе. Решая эту проблему с позиций конкретной науки, без учета философских принципов, нельзя объяснить, почему связь между причиной и следствием необратима во времени и не совпадает с причинными динамическими законами, которые обратимы во времени; почему статистические законы, будучи однонаправленными, необратимыми во времени, вступают в противоречие с классическим детерминизмом. Отвечая на этот вопрос, неопозитивисты приходят к заключению, будто однонаправленная природа времени связана с индетерминизмом. «Однонаправленная природа времени получает более резко выраженную форму, когда она представляется в виде совокупного результата классических статистических свойств макропроцессов и индетерминированности микропроцессов»⁷. Согласно утверждению П. Бриджмена, необратимость времени объективно не существует и является лишь результатом измерительных операций.

Отвергнув диалектико-материалистическую основу при решении вопроса об обратимости и необратимости времени, позитивизм оказался способным лишь обнаружить логическое противоречие между необратимостью принципа причинности и обратимостью законов классической физики, между необратимостью вероятностных законов и обратимостью динамических законов, но не решить его. Только диалектический материализм позволяет объяснить необратимость времени как следствие необратимости развития материальных систем. Это заключение не только не противоречит детерминизму, но и дает основу для решения проблемы детерминизма. Отличие свойств, характеризующих движение и развитие, означает, что понятие «движение» нельзя отождествлять с понятием «развитие», не нарушив законов, которым они подчиняются.

ЕДИНСТВО ДВИЖЕНИЯ И РАЗВИТИЯ

Отличительные черты движения и развития свидетельствуют о том, что свойства, присущие развитию, отличаются от свойств движения. В связи с этим качества движения как будто невозможно совместить с качествами развития. Однако в действительности это такая несовместимость движения и развития, которая не только не нарушает глубокого единства между ними, а выступает единственно возможной основой для него.

Единство между ними состоит в том, что и движение, и развитие характеризуют изменчивость материи. Но так как изменчивость, раскрываемая понятиями «движение» и «развитие», содержит противоположные свойства, то единство между ними может быть

⁷ Г. Рейхенбах. Направление времени. М., ИЛ, 1962, стр. 276.

только единством противоположностей, которые одновременно и взаимоисключают, и взаимопредполагают друг друга.

Так оно и есть в действительности. В самом деле, любая черта движения не только противоположна родственной черте развития, но обусловлена этой чертой, зависит от нее и не могла бы возникнуть и существовать вне ее существования. Подобно этому, и свойства развития связаны, обусловлены, зависимы от движения.

Единство движения и развития проявляется и в том, что развитие обогащает движение, делает его многообразным и бесконечным, а движение создает условия для многообразия форм развития. В самом деле, в процессе развития, в процессе усложнения структурных форм увеличивается число взаимодействий в системах, и если учесть, что взаимодействие есть движение, то развитие приводит к увеличению числа форм движения в материальных системах. В связи с этим по числу форм движения можно судить о степени сложности системы. Так, в мире элементарных частиц менее сложной будет та частица, которая имеет меньше возможностей вступать в различного рода взаимодействия со своим окружением.

Б. Я. Пахомов справедливо замечает, что «более элементарной будет та частица, с которой связано меньшее число форм движения, и более сложной та, которая включает в себя большее число форм движения»⁸.

Движение и развитие — необходимые качества любой материальной системы. Связь этой последней с развитием выступает в факте неисчерпаемости ее, а связь с движением в том, что движение характеризует взаимодействия между составными частями системы, а также связь этих частей с окружением. Материальная система объединяет движение и развитие и представляет их в виде взаимно связанных сторон. Движение и развитие в своем единстве обуславливают неисчерпаемость и бесконечность материальной системы.

Развитие и движение в своем единстве обуславливают и бесконечность материального мира в целом. Поскольку движение и развитие бесконечны и многообразны в своих проявлениях, то и дифференциация форм движения и форм развития также не имеет ни начала, ни конца. Это означает, что в природе нет законченного, раз и навсегда установленного перечня форм движения и форм развития. К такому заключению о формах движения пришел Х. М. Фаталиев. Он отмечает, что «признание универсального характера четырех или пяти форм движения по существу мало чем отличается от механического принципа сводимости, в основе которого лежит признание универсальности одной формы движения»⁹.

В природе не может быть законченного ряда форм движения

⁸ Б. Я. Пахомов. О критерии относительной элементарности. «Философские проблемы физики элементарных частиц». М., Изд-во АН СССР, 1964, стр. 112.

⁹ Х. М. Фаталиев. Марксизм-ленинизм и естествознание. Изд-во МГУ, 1962, стр. 238.

ввиду способности материальных систем к вечному и бесконечному развитию и способности возникновения в связи с этим новых, неповторимых, многообразных форм движения.

Подобно движению, нет ни начала, ни конца дифференциации развивающихся систем. Несмотря на то что развитие совершается от низшего к высшему и предполагает начальный и конечный моменты совершенствования систем, это не отменяет всеобщности действия законов развития. Любая конкретная форма развития конечна, а поскольку она неисчерпаема, то распад систем не приводит к потере способности ее к развитию. Каждая из частиц может явиться основой для новой ветви развития. Развитие так же бесконечно, как бесконечно движение.

Внутренняя связь движения и развития обнаруживается как в законах развития, так и в законах движения. В самом деле, развитие и движение хотя и отличаются тем, что движение происходит с сохранением энергии, а развитие с выделением энергии, однако процесс развития не нарушает действия законов сохранения движения и протекает в полном согласии с ними, так как общее количество энергии в природе остается постоянной величиной.

Единство движения и развития обнаруживается и в том, что усложнение систем в процессе развития приводит к увеличению связей и взаимодействий между элементами, а также элементами системы и среды. А это порождает новые сохраняющиеся величины, которые не отменяют фундаментальные законы сохранения, а обогащают их и раскрывают сложный характер систем. На этот факт обращает внимание Н. Ф. Овчинников. Он отмечает, что «любая новая наука, отображающая специфические законы природы, с необходимостью выдвигает специфические для нее принципы сохранения или группу таких принципов. В электродинамике, например, кроме закона сохранения энергии выдвигается принцип сохранения электрического заряда»¹⁰.

Новые сохраняющиеся величины выдвинула также теория относительности Эйнштейна. Сохраняющимися величинами в ней выступают скорость света и пространственно-временной интервал. Новые сохраняющиеся величины выдвинули квантовая механика и квантовая электродинамика.

Увеличение числа сохраняющихся величин обусловлено развитием. Учет этого факта имеет большое значение для познания. Известно, например, что на основе законов симметрии, т. е. законов, характеризующих движение, удалось создать такую систему «элементарных» частиц, в которой прослеживается путь усложнения, развития частиц. На основе законов сохранения можно выделить общие свойства, присущие частицам, и благодаря этому группировать их в определенные семейства типа периодической системы Менделеева. В результате упорядочения частиц по груп-

¹⁰ Н. Ф. Овчинников. Принцип неуничтожимости материи в свете данных современной науки. Сб. «Диалектический материализм и современное естествознание». Изд-во МГУ, 1964, стр. 345.

там оказалось возможным теоретически предсказывать частицы, которые ранее не были известны. Так была предсказана «Омега минус» — частица, существование которой доказано экспериментально.

ВСЕОБЩИЙ ХАРАКТЕР РАЗВИТИЯ И ДВИЖЕНИЯ

Всеобщий, абсолютный характер движения доказывается законами сохранения неуничтожимых свойств движения. Но если движение сохраняется, если оно неуничтожимо и несоздаваемо, то ясно, что оно всеобщее. Что касается развития, то всеобщий характер действия его законов неопровержимо доказан лишь в некоторых областях, а именно — применительно к биологическим и общественным явлениям. Что касается явлений неорганической природы, то в этой области лишь некоторые законы свидетельствуют о развитии ее процессов. Известен закон Менделеева о причинах усложнения атомов химических элементов. Имеются данные об эволюции звездных систем, имеется второе начало термодинамики, определяющее общую тенденцию в эволюции замкнутых систем. Но науке пока не известен общий закон развития и усложнения систем неорганической природы в целом. Этот факт объясняет причину, почему современная физика и химия еще не стали науками о развитии. Однако это вовсе не отвергает и даже не ставит под сомнение положение, что химия и физика станут науками о развитии. Эту мысль следует подчеркнуть потому, что иногда подвергается сомнению действие законов развития в некоторых областях неорганической природы без каких-либо доказательств и обоснований. Так, М. Н. Руткевич, не отрицая возможности развития в неорганической природе, наряду с этим утверждает, что в мире элементарных частиц отсутствует развитие. Он пишет: «В фундаменте, в простейших физических формах движения не приходится вообще говорить о развитии «вверх» или «вниз». Превращение одних элементарных частиц в другие не есть ни усложнение, ни упрощение материи. Однако в известных условиях неорганическая материя получает возможность развития по восходящей линии»¹¹. Это утверждение связано, видимо, с тем, что в мире элементарных частиц имеет место универсальная превращаемость их друг в друга, и притом такая, что частицы поля могут превратиться в частицы вещества и, наоборот, частицы вещества превращаются в частицы поля. Однако этот факт вовсе не означает, что в данной области явлений не действуют законы развития. Напротив, факт превращаемости частиц из одного качественного состояния в другое доказывает качественную несводимость законов функционирования частиц и свидетельствует о том, что сущность их управляется законами развития.

Важнейшие принципы всякой теории развития требуют призна-

¹¹ М. Н. Руткевич. Дialeктический материализм. М., Соцэкгиз, 1959, стр. 385.

ния существования качественных, прерывных единиц материи, несводимых друг к другу. Но если развитие есть процесс качественных превращений видов материи, то нельзя ли назвать развитием распад сложных материальных систем на составные части его? Нельзя ли отнести, например, распад атома урана к процессу развития? При таком понимании развития оно потеряло бы свое качество, которое определяется законом отрицания отрицания. Важнейшим требованием этого закона является признание существования генетических связей между качественно различными объектами. Согласно закону отрицания отрицания, каждый более сложный вид развития возникает на основе всего положительного, что было в предшествующих видах, и поэтому законы более сложных видов связаны с законами менее сложных, но не сводятся к ним. Сущность более сложного вида материи не сводится к сущности функционирования составных частей его. Поэтому не все, а только некоторые качественные изменения, а именно те, которые приводят к закономерному усложнению материальных систем, выражают сущность развития. Качественные же изменения видов материи, являющиеся результатом распада сложных систем, также связаны с развитием, но их сущность не выражает развитие во всей его целостности.

Распад систем — это одна из противоречивых сторон развития, внутренне связанная с процессом усложнения систем. Процесс развития как переход от низших этапов развития к высшим с необходимостью влечет за собой отмирание одних форм развития и возникновение других. Но эти отмирающие, распадающиеся формы развития сами предстают в виде целостных образований и не теряют при этом способности к развитию.

Развитие предполагает существование простых и сложных систем. Но что такое простое? Не означает ли понятие «простое» признание существования абсолютно неизменным мельчайших, лишенных внутреннего движения систем? Если в понятие «простое» вкладывается метафизический взгляд на системы, согласно которому основным состоянием системы является покой, а движение порождается действием внешних сил, то развитие сведется только к росту систем. Большие и малые тела по качеству оказываются одинаковыми и отличаются лишь числом частиц. Подчиняются они одним и тем же законам механики. Согласно такому взгляду на развитие, любое малое в миниатюре содержит развитую систему. Мир при таком понимании оказывается простым как в малом, так и в большом.

Диалектическая теория развития несовместима с таким пониманием простого. Логика диалектической теории развития связана с признанием существования сложных, неисчерпаемых систем. «Электрон так же неисчерпаем, как и атом, природа бесконечна...»¹².

¹² В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 277.

Представление о простых частицах сложилось в период накопления фактов в естествознании, когда наука занималась изучением отдельных вещей и не приступила еще к изучению процессов. Рассмотрение конкретной системы вне ее внутренней связи с другими системами привело к заключению, что она ограничена в пространстве. Она имеет конечное время существования и ограничена во времени. Она имеет конечную массу, энергию, импульс, заряд и все другие свойства ее конечны. Но если учесть, что масса, энергия, импульс, момент импульса присущи и всем другим системам, то через эти непреходящие свойства любая конечная система связана с миром в целом, и простота ее окажется не абсолютной, а относительной.

Многообразие свойств, характеризующих любую систему, указывает на то, что она имеет бесконечные, неисчерпаемые возможности вступать в связи и отношения со своим окружением.

Неисчерпаемость объектов материи означает, что в любом отдельном образовании содержится не один-единственный, а множество возможных путей к усложнению. Так, если взять атом, то он участвует в перемещении механических масс и связан с законами гравитации; он является участником теплового движения и переносчиком электромагнитного поля; он вступает в химические соединения и является элементом молекулярной системы и т. д. На существование множества путей в развитии указывают многочисленные открытия в области физики, знаменующие собой неограниченные перспективы о возможных путях развития процессов неорганической природы. Современная физика на основе законов строения атомного ядра предсказывает пути создания новых химических элементов, которые продолжают таблицу Менделеева.

Итак, неисчерпаемость систем материи, присущая им сложная организация и способность вступать в сложные связи и отношения с миром в целом — есть результат развития.

Отсутствие в природе простых частиц, присущая им неисчерпаемость указывают на то, что в результате распада систем не утрачивается способность материи к развитию, а сам распад есть необходимая сторона развития. Все это убеждает нас в том, что законы развития действуют в неорганической природе с такой же силой, как в животном мире и общественном развитии. Поэтому с уверенностью можно сказать, что развитие наук о неорганической природе приведет к открытию законов развития и пониманию их безраздельного господства во всех областях материального мира. Это приведет к более точному представлению о Вселенной, ибо «точное представление о вселенной, о ее развитии и о развитии человечества, равно как и об отражении этого развития в головах людей, может быть получено только диалектическим путем, при постоянном внимании к общему взаимодействию между возникновением и исчезновением, между прогрессивными изменениями и изменениями регрессивными»¹³.

¹³ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 22.

СПЕЦИФИКА ХИМИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИИ И ПРИНЦИП РАЗВИТИЯ

Химическая форма движения возникает на том этапе развития материи, когда возникают атомы, и существует она только там, где существуют атомы и образованные из них молекулы, а также атомарные и молекулярные ионы, радикалы и другие атомные системы. Каким бы многообразием ни отличались химические превращения, все они являются в конце концов результатом «перераспределения *междуатомных* связей (подчеркнуто мною. — Е. С.) и перестройки электронных оболочек реагирующих частиц (молекул, атомов, ионов, радикалов)»¹.

Химическое взаимодействие атомов имеет своим результатом образование более сложных частиц материи (молекул и других химических частиц) или, если говорить в более общей форме, установление определенного порядка устойчивых химических связей между атомами различных элементов, который и обуславливает специфическую природу того или иного вида макровещества как индивидуального химического соединения.

Рассмотрим подробнее место и роль химической формы движения в общем развитии материи.

Классическая физика не могла объяснить «механизм» химического взаимодействия, такое объяснение стало возможным лишь с раскрытием квантовомеханической, корпускулярно-волновой природы атомов и электронов.

Энергия образованной из двух атомов молекулы меньше удвоенной энергии изолированных атомов на величину энергии связи, которая выделяется при химической реакции. В эту энергию входит и энергия обычного, кулоновского (электростатического) взаимодействия электронов с ядрами, электронов и ядер между собой, но главную ее долю составляет энергия так называемого обменного взаимодействия, которое не имеет аналога в классической физике.

¹ «Состояние теории химического строения в органической химии». М., Изд-во АН СССР, 1954, стр. 18.

Такое взаимодействие связано с неразличимостью двух электронов и с образованием ими в молекуле единого электронного облака.

В простейших случаях химической связи (в ионе H_2^+ и молекуле водорода H_2) квантовомеханический аппарат позволяет точно рассчитать энергию этой связи.

Таким образом, современные физика и химия полностью отвергли представление об особых «химических силах», которые якобы стягивают атомы в молекуле. Химическое взаимодействие — это вполне определенная разновидность электромагнитного, точнее электрического взаимодействия. Имея в виду, что в общей форме электромагнитное взаимодействие, общие его законы изучаются физикой, можно сказать, что химическая форма движения является частной разновидностью физического взаимодействия, но это будет чисто терминологическим определением, не вскрывающим конкретного содержания определяемых процессов и имеющим смысл только в плане сопоставления изучающих их наук. Специфическая же количественно-качественная определенность химического взаимодействия, в отличие его от всех других разновидностей электромагнитного взаимодействия, раскрывается в конкретной характеристике химических процессов, во всей их обусловленности внутренней структурой взаимодействующих частиц.

Уже при самом абстрактном рассмотрении простейших химических процессов обнаруживается, что, будучи закономерно обусловленной устойчивым внутренним движением в каждом отдельном атоме, химическая форма движения тем не менее не тождественна полностью внутренним взаимодействиям в каждом отдельном атоме, ибо она есть процесс взаимодействия между многими атомами. Самой предельной абстракцией химического взаимодействия является рассмотрение взаимодействия минимум между двумя атомами или атомарными ионами (например, в случае $p + \text{H} = \text{H}_2^+$ протон как химически реагирующая частица выступает именно в качестве иона атома водорода).

Вследствие этого закономерности химической формы движения как взаимодействия между многими атомами не исчерпываются закономерностями внутреннего движения в каждом отдельном атоме. Именно с этим связана трудность квантовомеханического описания химических процессов, особенно с учетом их макроскопического характера. Каждый отдельный атом лишь потенциально обладает способностью к химическому взаимодействию, но реализованное химическое взаимодействие является признаком совокупности атомов, является, так сказать, видовым признаком атомов, а не индивидуальным.

Но дело не только в том, что химическое движение немислимо по отношению к единому атому. Самое главное в том, что в химическом взаимодействии происходит глубокое внутреннее слияние ранее разрозненных движений нескольких отдельных атомов и образование в результате этого новых, целостных дискретных мате-

риальных объектов. Иначе говоря, химическое взаимодействие характеризуется взаимопроникновением друг в друга внутренних и внешних по отношению к каждому атому процессов. Это обуславливает и единство химического взаимодействия многих атомов с внутриатомным физическим движением в каждом из них и вместе с тем различие этих процессов, их несовпадение друг с другом.

Простота атома Н и молекулярного иона H_2^+ позволила в точной математической форме выразить переход от изолированных первоначально атома и протона к единой молекулярной системе. Но и в этом простейшем случае описания химического взаимодействия исходным является представление о целостности реагирующих атомов, отражаемое в волновой функции этих атомов, и происходящем при этом изменении внутреннего движения в каждом из реагирующих атомов, что отражается в системе преобразования волновых функций отдельных атомов и составления из них единой волновой функции образующейся молекулы.

В процессе математического расчета основные этапы все большего его приближения к точному описанию сложных процессов как бы повторяют основные этапы самого реального развития этих процессов. Ступенчатость в развитии природных процессов находит свое отражение в ступенчатости расчетов.

Так, на одном из этапов развития вещества складывается определенное взаимодействие между электронами и ядрами и самими электронами с образованием в результате этого атомов (будем рассматривать это как взаимодействие первого порядка); на другой, более высокой ступени развития складывается взаимодействие непосредственно уже между целыми атомами, а не между отдельными их электронами, которые в данном взаимодействии участвуют только опосредованно, не сами по себе, а только как составные части единых атомов (по отношению к взаимодействию отдельных электронов это взаимодействие самих атомов выступает уже как взаимодействие второго, более высокого порядка)².

Точно так же при расчете волновой функции отдельных атомов исходят непосредственно из взаимодействий электронов с ядром и между самими электронами, констатируя при этом качественное отличие атомов от простой суммы разрозненных электронов и протонов в определенных, квантованных в случае атомов решениях их волнового уравнения.

При расчете же молекул непосредственно уже исходят из имеющих волновых функций самих атомов, обуславливающих только вполне определенное поведение своих электронов в зависимости от всей конкретной структуры атома как единого и самостоятельного целого. Так же, как реальная молекула не может образоваться непосредственно из взаимодействия отдельных электронов, протонов и нейтронов без предварительного образования атомов, так

² См. Б. М. Кедров. Предмет и взаимосвязь естественных наук. М., Изд-во АН СССР, 1962, стр. 322.

невозможен и непосредственный расчет молекул без учета первичной принадлежности электронов определенным атомам и лишь последующего перераспределения их в молекуле. Поскольку непосредственными частями, непосредственными структурными элементами молекулы являются атомы, постольку при расчете молекулы необходимо вынуждены исходить непосредственно из волновых функций целых атомов, а не их разрозненных электронов.

Если в простейшем случае химического взаимодействия атома водорода с протоном на первый взгляд еще можно предполагать, что при расчетах этого взаимодействия можно исходить непосредственно из отдельных электронов и протонов, то в случае взаимодействия сложных атомов и особенно молекул уже со всей очевидностью обнаруживается невозможность и недопустимость такого представления о «механизме» химического взаимодействия и соответственно о «механизме» расчетов химических связей.

С усложнением атомов все более сложным становится соотношение между внутриатомными физическими и межатомными химическими взаимодействиями. С одной стороны, увеличивается их несовпадение друг с другом, их отличие друг от друга, которое становится «все очевиднее и ощутимее по мере увеличения, во-первых, числа электронов в атомной оболочке, во-вторых, числа атомов в молекуле и, в-третьих, числа молекул, участвующих в данном химическом процессе»³.

С другой стороны, с переходом к сложным атомам раскрывается все более глубокая обусловленность химического взаимодействия атомов всеми особенностями внутренней структуры последних и обнаруживаются все более глубокие структурные изменения в самих атомах. Входя в молекулу и сохраняясь в ней как определенная и относительно самостоятельная ядерно-электронная система, атом в результате химического взаимодействия претерпевает весьма существенные изменения в структуре своей электронной оболочки. В первую очередь эти изменения относятся к электронам, за счет которых образуются химические связи. Волновая функция этих электронов в молекуле не тождественна их волновой функции в отдельном атоме. В этом заключается одна из основных трудностей квантовомеханических расчетов, которые могут составлять волновые функции молекул из атомных волновых функций лишь по различным методам приближения, с помощью которых удается только приближенно отразить изменения в структуре атомов при их «вхождении» в молекулы. И чем сложнее взаимодействия, тем приблизительнее расчеты.

Однако так или иначе методы квантовохимических расчетов постепенно развиваются, и стимулом их развития является необходимость все более всестороннего учета конкретных изменений в структуре атома при образовании химических соединений. Фактически все эти расчеты основаны на необходимости отражения в них

³ Б. М. Кедров. Предмет и взаимосвязь естественных наук, стр. 322.

всей сложности и противоречивости химического взаимодействия.

Если квантовая химия начала свое развитие с объяснения и расчета локализованной гомеоплярной связи, то сейчас в центре ее внимания — объяснение и расчет сложных органических молекул с сопряженными связями, гидридов бора, комплексов переходных элементов с ненасыщенными соединениями и т. д. Понятие гомеоплярной химической связи (т. е. связи, образуемой парой электронов) сейчас расширилось и углубилось за счет представлений о так называемых σ -, π -, донорноакцепторных связях. Атомы переходных элементов (Cr, Mn, Fe, Co, Ni и др.) могут быть не только акцепторами, но одновременно и донорами электронов за счет своих неподеленных пар электронов, образуя так называемые дативные связи.

Химическое поведение атомов во всем его многообразии определяется всеми особенностями их внутренней структуры, специфически отличающей атомы одного химического элемента от атомов других химических элементов. В общем случае можно сказать, что химическое взаимодействие атомов связано с изменением состояния не только его внешних электронов, но и «находящихся» на более глубоких энергетических уровнях⁴.

Способность атомов к образованию химических связей определяется не только состоянием наличных, имеющихся у них электронов, но вообще всеми возможными их энергетическими состояниями, допускаемыми структурой электронных уровней атомов данного элемента. Устойчивая и прочная химическая связь образуется либо тогда, когда реагирующие атомы имеют одиночные, неспаренные электроны с противоположными спиновыми характеристиками, или когда такие электроны могут появиться в ходе самой реакции (распаривание электронов и переход одного из них на другую орбиту), или когда один из атомов имеет неподеленную электронную пару, а другой — свободную орбиту, на которую он может принять эту пару⁵.

Если для химических соединений простейших атомов характерны простые гомеоплярные или ионные двухэлектронные связи, образующиеся за счет внешних, валентных электронов, то для более сложных атомов, особенно в случае их взаимодействия с целыми молекулами, характерно участие в химическом взаимодействии также и более глубоких, внутренних электронов. Характер связей и обусловленных ими химических соединений становится все более разнообразным, что увеличивает возможности дальнейшего развития химических частиц и образования в конце концов качественно новых, а именно биохимических, структур.

Обнаружены и синтезированы химические соединения, в которых число связей вообще превышает число валентных электронов.

⁴ См., напр., Я. К. Сыркин, М. Е. Дяткина. Современное состояние квантовой химии. «Вестн. АН СССР», 1959, № 6, стр. 23—24.

⁵ См. Я. К. Сыркин. Эффективные заряды и электроотрицательность. «Успехи химии», 1962, вып. 4, стр. 408—409.

Для объяснения таких соединений введены представления о многоцентровых орбитах, которые характеризуют движение электронов в поле многих ядер. Новые представления о многообразии различных химических связей все более и более подтверждают единство и целостность молекул и других химических частиц, образующихся в результате химического взаимодействия атомов.

Таким образом, мы видим, что элементарный акт любого химического взаимодействия характеризуется: 1) участием в нем нескольких (минимум двух) атомов; 2) глубокими внутренними изменениями в структуре электронной оболочки атомов при сохранении их остова как данной ядерно-электронной системы; 3) образованием в результате взаимодействия новой и вместе с тем более сложной целостной материальной системы.

Рассмотрение взаимосвязи химических процессов с внутриатомными физическими процессами, обнаруживая всю обусловленность первых вторыми и всю глубину изменений физических процессов в электронной оболочке атомов в результате химического взаимодействия между ними, показывает, во-первых, что химическое взаимодействие невозможно для более простых, чем атомы, видов материи и, во-вторых, что движение, взаимодействие электронов в химически связанных атомах приобретает более сложный характер по сравнению с их движением внутри каждого отдельного атома.

Все же другие (называемые физическими, поскольку они изучаются физикой) взаимодействия атомов с различными частицами и полями, а также простые соударения между самими атомами, не сопровождающиеся образованием устойчивых химических связей между ними, могут привести либо к разрушению всего атома как целостной ядерно-электронной системы (переходы к ядерным процессам и взаимодействиям на уровне отдельных «элементарных» частиц), либо к внутриатомным изменениям в рамках сохраняющегося атома как целого (таковы, например, процессы излучения и поглощения атомами света), либо же к изменению только внешних связей между атомами, лежащих в основе агрегатного состояния химически не связанного атомарного вещества.

И особенно незначительные изменения претерпевают атомы в результате так называемого дисперсионного взаимодействия, обуславливающего агрегатное состояние атомарного вещества (к этому взаимодействию мы еще вернемся при обсуждении форм движения молекул).

Молекулярный вид материи — это очередной после атомов качественный «узел» в прогрессивном развитии дискретных видов материи. Качественное отличие молекул от атомов отчетливо проявляется не только в более сложной внутренней структуре молекул, но и в их внешних взаимодействиях.

Все формы движения молекул, как и атомов, являются разновидностями электромагнитного взаимодействия. Те взаимодействия молекул, которые не сопровождаются коренным, качественным изменением их внутренней структуры (т. е. определенного порядка

химических связей между атомами внутри взаимодействующих молекул), изучаются физикой и называются физическими. Взаимодействия же молекул, имеющие своим результатом их качественные взаимопревращения, сопровождающиеся коренной, качественной перестройкой их внутренних связей, изучаются химией и называются химическими.

В нашей литературе очень часто, когда хотят подчеркнуть качественное отличие химических процессов от физических, обращают внимание на макроскопический характер химических процессов. Конечно, это отличает химические процессы от физических процессов внутри отдельного атома или отдельной молекулы, но это совсем не отличает их от многих внешних физических взаимодействий атомов и молекул, которые также, как правило, протекают в макроскопических масштабах (тепловые процессы, агрегатные взаимопереходы и т. п.).

Более глубокое и специфическое отличие физических и химических изменений как на атомном, так и на молекулярном уровне надо искать не в большей или меньшей совокупности отдельных взаимодействий, а в характере их элементарного взаимодействия. Поэтому, как и в случае атомов, нам следует обратиться к сравнительно элементарных актов соответственно химического и того или иного физического взаимодействия молекул.

Подчеркивая целостность молекул, органическое единство их составных частей, современное естествознание обязывает нас говорить о движении молекул как о движении самостоятельных и целостных материальных систем, как о движении самих молекул, а не как о разрозненных движениях отдельных образующих их частиц (атомов, атомных ядер и электронов). И это относится ко всем формам движения молекул, в том числе и к химической форме их движения.

Конечно, речь идет не о том, что в химических реакциях молекулы исходных веществ сразу, непосредственно превращаются в молекулы конечных продуктов, что на ход и на результаты химической реакции не влияют различные внешние условия. Нет, на ход реакции большое влияние могут оказывать различные радикалы, ионы, катализаторы, облучение и т. д.; молекулы исходных веществ в процессе промежуточных актов реакции могут претерпевать самые различные превращения, распадаться на радикалы или ионы, образовывать переходные комплексы и т. п., и лишь в итоге всех этих превращений образуются молекулы конечного продукта. Но возможность всех этих превращений исходной молекулы определяется прежде всего ее структурой, природой образующих ее атомов, их валентными состояниями, порядком и характером связей между ними, пространственным их расположением, распределением электронной плотности в молекуле и т. д.

Возьмем, например, молекулу бензола C_6H_6 , которая существует благодаря химическому взаимодействию образующих ее отдельных атомов С и Н. Эти атомы не теряют своей относительной самостоя-

тельности и в молекуле бензола. Отметим в связи с этим, что современные физика и химия, подчеркивая целостность молекул как единых ядерно-электронных систем, вовсе не отрицают дискретного характера внутренней структуры молекул. Электронное «облако» молекулы не следует представлять себе неким бесформенным, бесструктурным образованием. Известно, например, что электроны в молекуле бензола отличаются очень большой подвижностью: в магнитном поле молекула бензола ведет себя как сверхпроводник, электроны которого способны циркулировать по всему бензольному кольцу. Но тем не менее и в этом случае число электронов на каждой связи остается вполне определенным, так же как и число электронов на каждой внутренней оболочке атомов. Но даже учитывая эту относительную самостоятельность атомов С и Н в молекуле бензола, мы не можем объяснить химические и физические свойства бензола непосредственно из свойств разрозненных атомов углерода и водорода, не принимая во внимание их органическое единство в молекуле C_6H_6 .

Современная химия дает все больше и больше фактов, показывающих единство молекулы, определяющей химическое поведение входящих в нее атомов. Очень показательны данные о характере химической связи в ароматических комплексах металлов — Fe, Ti, V, Cr, Mn и др., например в ферроцене $(C_5H_5)_2Fe$. Не менее интересными являются и такие экспериментальные данные, которые для своего объяснения требуют «допущения того, что в ионе $Ni(H_2O)_6^{2+}$ каждый из двух неспаренных электронов находится на атоме никеля с вероятностью в 0,69, а на каждой молекуле воды с вероятностью 0,051. Иначе говоря, заряд рассредоточен по всем атомам иона»⁶.

Таким образом, реакционно способные центры молекул могут концентрироваться не только на отдельных атомах, но и на целых группах атомов или же могут быть связаны со всей молекулой непосредственно, как в случае сопряженных систем. В соответствии с этим при химическом взаимодействии молекул новую химическую связь осуществляют не только электроны отдельных атомов, но и электроны, уже принадлежащие другим химическим связям (например, ненасыщенной связи) или всей молекуле в целом (облако π -электронов молекулы).

Все эти данные невозможно понять, не принимая во внимание единство, целостность молекулы как участника химического взаимодействия, как «носителя» химической формы движения (наряду с атомами, ионами, радикалами).

Теперь мы можем более конкретно ответить на вопрос, в чем сходство и в чем отличие химического взаимодействия молекул от химического взаимодействия атомов. Если химическое взаимодействие атомов приводит к образованию молекул, к образованию хи-

⁶ Я. К. Сыркин. Эффективные заряды и электроотрицательность. «Успехи химии», 1962, вып. 4, стр. 400.

мических связей между атомами, то химическое взаимодействие молекул приводит к изменению уже существующих молекул и химических связей, к их преобразованию либо на одном и том же уровне сложности, либо с образованием более сложных или более простых молекул. Это значит, что химические взаимодействия и на атомном, и на молекулярном уровнях имеют то общее между собой, что в любом случае они связаны или с образованием молекул и химических связей, или с превращением одних молекул в другие, с переходом от одних химических связей к другим.

Но при этом нельзя не учитывать того, что по сравнению с химическим взаимодействием атомов химическое взаимодействие молекул характеризуется собственными, более частными и более сложными закономерностями. Последние находят все более полное отражение в развивающейся теории химического строения молекул и обусловлены специфическими особенностями внутренней структуры молекул. Так же, как сами атомы и молекулы являются качественно различными видами материи, так и соответствующие им формы химического взаимодействия следует рассматривать как две качественно различающиеся разновидности общего химического взаимодействия (в свою очередь, являющегося, как мы знаем, разновидностью еще более общего электромагнитного взаимодействия).

Химическое поведение атомов объясняется непосредственно не вообще физическими закономерностями, а закономерностями физического движения внутри самих атомов. При этом физические взаимодействия, лежащие в основе существования атома, не только ограничены условиями его существования как целостной системы, но и усилены, обогащены в своем единстве, благодаря чему появляются возможности взаимодействий, характеризующихся более сложными закономерностями. Вот почему нельзя подходить к самостоятельному движению целостной системы как простой сумме разрозненных движений образующих ее частей.

Все это следует иметь в виду и при сравнении химического взаимодействия молекул с химическим же взаимодействием атомов. Так же, как непосредственными участниками химического взаимодействия атомов являются не отдельные электроны и атомные ядра, а сами атомы, так и в случае химического взаимодействия молекул реагируют не отдельные атомы, а молекулы, коренное изменение претерпевают не атомы, а молекулы. И если мы не называем отдельные электроны и протоны носителями химической формы движения на том основании, что химическая реакция между атомами осуществляется в конечном итоге за счет изменения состояния их валентных электронов, то таким же образом не следует считать только одни атомы специфическими носителями химического движения на том основании, что изменение структуры молекул осуществляется через движение атомов.

С какой бы стороны ни подходить к молекуле, всюду она выступает как подлинно химическая частица: она является продук-

том, результатом химического взаимодействия атомов; в относительно устойчивом состоянии она существует опять-таки как система химически взаимодействующих атомов; молекула выступает как активный агент и «носитель» химического взаимодействия с другими частицами материи и именно в этих взаимодействиях она претерпевает наиболее глубокие и существенные изменения. И так же, как химическое взаимодействие атомов в полной мере обусловлено особенностями их внутренней структуры, так и химическое поведение молекул является их индивидуальной характеристикой, специфически обусловлено их составом и структурой.

В химическое взаимодействие могут вступить атомы и молекулы только с определенным структурным соответствием друг другу, с определенным для каждого из них ядерно-электронным распределением. Поэтому химическое взаимодействие специфически характеризует отдельные химические элементы как качественно определенные виды атомов и химические соединения как качественно определенные виды молекул и других относительно устойчивых группировок атомов.

Этого нельзя сказать о ван-дер-ваальсовом взаимодействии, в котором молекулы также участвуют как единые и целостные образования, но которое, в отличие от химического взаимодействия, является универсальным, осуществляющимся между всеми атомами и молекулами независимо от их принадлежности к какому-либо определенному химическому элементу или соединению.

В нашей литературе широко распространено мнение, что химическая форма движения является специфической только для атомов, что для молекул таковой является так называемое молекулярно-физическое движение, под которым фактически подразумевается не что иное, как ван-дер-ваальсово взаимодействие, которое и рассматривается при этом как верхняя граница химической формы движения. Представляется, что это необоснованное мнение. Ван-дер-ваальсово взаимодействие в равной мере характерно как для молекул, так и для атомов, и определение его как молекулярно-физической формы движения в значительной мере условно, ибо при этом под молекулами понимают и свободные атомы (например, атомы инертных элементов).

Для характеристики ван-дер-ваальсова взаимодействия атомов и молекул существенное значение имеет величина их дипольных моментов и полярности, зависимость которых от структуры атомов и молекул иная, чем связь химического поведения атомов и молекул с особенностями их внутреннего строения. Дипольный момент и полярность молекул, полярность атома являются усредненным, суммарным свойством всей молекулы и всего атома, неоднозначно связанным с их строением. Результирующий момент молекулы получается путем векторного сложения моментов всех связей и групп, входящих в молекулу, в результате чего одинаковый момент может быть у молекул, имеющих совершенно разное строение. Полярность также не отражает всей сложности внут-

ренного строения атомов и молекул, ибо она непосредственно связана только с размерами электронного облака атома или молекулы, что следует уже из соображений размерности⁷.

Ван-дер-ваальсово взаимодействие неоднородно по своему составу: оно включает в себя так называемые ориентационное и деформационное взаимодействия молекул и дисперсионное взаимодействие атомов. В рассматриваемом нами отношении особенно интересно дисперсионное взаимодействие, которое в наибольшей степени характеризуется аддитивностью, почти совсем не связано с изменением внутреннего строения молекул и не отражается сколько-нибудь заметно на состоянии валентных электронов атомов.

Иначе говоря, в ван-дер-ваальсовом взаимодействии внутренняя структура атомов и молекул отражается еще в общей, абстрактной форме, ибо оно «говорит» нам лишь о наличии в атомах и молекулах электрических зарядов и о суммарном распределении их, не затрагивая тех особенностей атомов и молекул, которые индивидуализируют каждый химический элемент и каждое химическое соединение. Химическое же взаимодействие более непосредственно обусловлено всеми этими конкретными моментами внутренней структуры атомов и молекул.

Характеризуя различные формы движения атомов и молекул как частные случаи электромагнитного взаимодействия, мы не должны за общностью природы данных взаимодействий забывать и не принимать во внимание то особенное, что отличает одно взаимодействие от другого. Конечно, химических сил как таковых не существует, и простое кулоновское взаимодействие двух электрических зарядов, и ван-дер-ваальсово взаимодействие атомов и молекул и химическое взаимодействие между атомами и молекулами имеют общую электрическую природу.

Однако кулоновское взаимодействие между зарядами проявляется на макроскопических расстояниях и энергия его убывает с расстоянием пропорционально $\sim \frac{1}{z}$.

Ван-дер-ваальсово взаимодействие осуществляется на расстоянии порядка нескольких ангстрем ($1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ см}$), и энергия его уменьшается с расстоянием пропорционально $\sim \frac{1}{z^6}$.

Химическое же взаимодействие возможно только при сближении атомов и молекул на $1-2 \text{ \AA}$, и энергия его, изменяясь пропорционально $\sim e^{-az}$, спадает к нулю уже при расстоянии между атомами в 2 \AA . Уже это в определенной степени показывает более внутренний характер химического взаимодействия атомов и молекул по сравнению с другими их взаимодействиями. Конечно, простая количественная характеристика явлений отнюдь не исчерпывает всего их своеобразия, но она должна использоваться не только для подчеркивания единства, сходства, общности явлений, но и как показатель их качественного различия.

⁷ См. В. В. Волькенштейн. Строение и физические свойства молекул. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1955, стр. 223.

Весь приведенный материал свидетельствует о том, что ван-дер-ваальсово взаимодействие является более внешним, поверхностным, абстрактным по отношению к внутренней структуре атомов и молекул, чем химическое взаимодействие последних.

Но дело не только в этом. Оценка роли различных форм движения в прогрессивном развитии материи от элементарных частиц к ядру, затем к атому, далее к молекуле и, наконец, к белковым структурам показывает, что в переходе от атомных видов материи к молекулярным и дальнейшем развитии последних от простейших соединений к все более сложным наиболее важную роль играют именно химические процессы. Начиная от атомов все дальнейшие наиболее прогрессивные превращения идут уже с продуктами химических реакций, без которых не могли бы образоваться сложные белковые молекулы и на их основе еще более сложные биологические структуры.

Конечно, все химические реакции неразрывно связаны с физическими взаимодействиями атомов и молекул. Любая химическая реакция сопровождается изменениями ван-дер-ваальсова и других физических взаимодействий между атомами и молекулами. Но сказать, что и любое физическое, в том числе и ван-дер-ваальсово, взаимодействие сопровождается обязательно химическими превращениями атомно-молекулярного вещества, уже нельзя. И это потому, что химическое взаимодействие, включающее непосредственно в свой состав, в свой внутренний «механизм» целостную совокупность внутренних и внешних изменений реагирующих атомов и молекул, структурно является более сложным, чем каждое из этих изменений, взятое отдельно от других взаимодействий, которые только в совокупности составляют конкретную сущность химического процесса.

Из всего этого следует, что нельзя рассматривать так называемое молекулярно-физическое движение в качестве верхней границы химической формы движения. И для атомов, и для молекул ван-дер-ваальсово и другие взаимодействия, изучаемые физикой, являются лишь побочными формами движения, в то время как химические процессы являются для них главной, определяющей их специфику формой движения.

* *
*

Итак, с образованием молекул мы еще не вышли за пределы химического этапа развития материи, это еще самый «расцвет» химической формы движения как главной на этом этапе развития видов материи. Современной химии известно большое многообразие различной степени сложности химических «частиц» материи⁸:

⁸ См. Ю. А. Жданов. Очерки методологии органической химии. М., «Высшая школа», 1960, стр. 96; Р. В. Гарковенко. Качественное многообразие химических частиц. «Вопросы философии», 1963, № 5.

атомы, молекулы, целые молекулярные комплексы, характеризующиеся своими особыми закономерностями химического взаимодействия, как главной и наиболее специфической их формы движения.

Конечно, в процессе развития химических частиц усложняется характер не только химического взаимодействия атомов, молекул, полимерных молекул, но и их взаимодействие с внешней средой вообще. Если агрегатное состояние химически инертных элементов обусловлено только дисперсионным взаимодействием атомов, практически не сказывающимся на состоянии их электронных оболочек, то ориентационное и деформационное взаимодействия сложных молекул приводят уже к заметному искажению в распределении их внутренней электронной плотности. Если устойчивые дискретные группировки атомов образуются только за счет химического взаимодействия, то молекулы могут в некоторых случаях образовывать, хотя и неустойчивые, так называемые молекулярные соединения за счет физического, ван-дер-ваальсова, взаимодействия. Еще большую роль играет ван-дер-ваальсово взаимодействие в биохимических системах, где оно имеет не менее важное значение для их устойчивого существования, чем химическое взаимодействие внутри молекул⁹.

Переход от неживой природы к живой отличается настолько тесным переплетением физических и химических процессов, что при его изучении наука по логике самого объекта исследования вынуждена была расчлениваться на две равноправные области знания — биофизику и биохимию. Но в биологических системах и химическое, и ван-дер-ваальсово, и другие физические взаимодействия между отдельными компонентами единых и целостных организмов играют роль побочных форм движения, осуществляющих лишь одну из многих сторон конкретного (многостороннего и целостного) процесса.

Только здесь кончается качественная сфера действия химической формы движения как главной и самостоятельной формы движения, охватывающей целый этап развития материи от простейших атомов до сложнейших белковых систем.

⁹ См. Ю. А. Жданов. Очерки методологии органической химии, стр. 259—260.

РАЗВИТИЕ МАТЕРИИ И ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Прежде чем осветить вопрос, взятый в качестве темы статьи, необходимо выяснить, существует ли у химии вообще, у органической химии в частности свой специфический предмет исследования, свой объект. Подобная оговорка обусловлена возникшей в науке ситуацией. Дело в том, что существует немалое количество философов и естествоиспытателей, готовых поклясться, что никакой химии в природе не существует, что под термином «химия» скрывается смесь точной, эlegantной физической теории и грязной, вульгарной кухни, которую лишь из сострадания можно назвать наукой. Поскольку теоретическая сторона химии исчерпывается физической, то от химии остается лишь практическое экспериментирование; но кто же решится считать наукой область деятельности, лишенную своей собственной теории?

Указанную точку зрения мы можем встретить у многих авторов. Фридрих Дессауэр, например, в своем труде «Естественнонаучное познание»¹ повсеместно говорит о химии лишь вскользь, как о придатке физики. «Мы не можем,— заявляет он,— с помощью физики — химия всегда в нее включается (подчеркнуто мною. — Ю. Ж.) — вывести самоорганизацию, саморегулирование, самокоординацию» (стр. 277). Или далее: «Дело выглядит так, что биологии предстоит подняться на такую исследовательскую высоту, которой уже достигла ее старшая научная сестра физика (сюда включается и химия)» (стр. 287).

Просто удивительно, что химия еще существует, хотя Ганс Рейхенбах провозгласил ее ликвидацию еще 35 лет тому назад.

В статье «Цели и пути физического познания» он писал: «Прежде всего, проблема физики и химии ныне представляется окончательно решенной: мы имеем право сегодня сказать, что химия является частью физики, подобно термодинамике или учению об электричестве»². П. Иордан объявляет химию разделом атомной

¹ F. Dessauer. Naturwissenschaftliches Erkennen. Frankfurt a. M., 1958.

² Allgemeine Grundlagen der Physik. Berlin, 1929, S. 8.

физики, а В. Гейзенберг считает их полностью слившимися в квантовой механике.

Единый фронт большой группы философов и физиков против признания за химией права на существование вызвал серьезные волнения.

Георг-Мария Шваб посвятил создавшейся ситуации торжественную речь на заседании Баварской академии в Мюнхене 6 декабря 1958 г. Тема его выступления звучала весьма характерно: «Познавательный кризис химии и его преодоление»³. В своей речи Г.-М. Шваб указывает на то, что многие уже давно не считают химию самостоятельной наукой, а растворяют ее в физике. Шваб объясняет это тем, что с точки зрения физики химия является учением о поведении электронов в атомах и молекулах.

Итак, диагноз поставлен: химия исчезла, поглощенная физикой. Но многие и в первую очередь химики не могут принять такого финала древней и уважаемой науки. Неужели химия обречена разделить участь астрологии и алхимии и распасться при соприкосновении с точным знанием? Разум и сердце восстают против такой перспективы. И вот исследователи (химики и сочувствующие им философы) начинают искать аргументы, с помощью которых можно было бы обосновать право химии на существование. Рассмотрим различные подходы к этой проблеме.

Первая группа аргументов в пользу химии основывается на том, что ее объект не поддается строгой интерпретации с точки зрения квантовой механики. Это обстоятельство особенно сильно подчеркивает Г.-М. Шваб. Он ссылается на то, что химия полна правил, которые не могут быть строго обоснованы, что точное математическое знание в области химии ограничено. Можно, конечно, решая уравнение Шредингера, с большой точностью рассчитать молекулу водорода, но для более сложных молекулярных систем точный расчет представляет огромные математические трудности. Шваб считает, что применение новейшей вычислительной техники не только не облегчает, но даже затрудняет изучение объекта, ибо исследователь утрачивает понимание логического хода процесса познания. «Следует опасаться, — пишет Шваб, — что для подлинно химической проблемы, которую мы хотели бы решить методами физики, уже программирование зачастую было бы значительно сложнее того, что в наших силах, или еще сложнее, что вряд ли оправдывалось значением того или иного вопроса. Другая проблема заключается в следующем: является ли результат работы машины действительно тем, что мы называем познанием? Если между ясно понимаемыми предпосылками, из которых мы исходим, и результатом вычисления, который мы вновь можем ясно осмыслить, лежит хаос, с которым в состоянии справиться только машина, то уже нельзя больше утверждать, что мы перед своим духовным взором имеем всю мысленную цепь, которую мы обозреваем» (там же, стр. 9).

³ G.-M. Schwab. Die Erkenntniskrise der chemie und ihre Überwindung. München, 1959.

Выход из этого затруднительного положения заключается, по Швабу, в том, чтобы привлечь на помощь интуицию исследователя, основывающуюся на данных практики, опыта, т. е. вернуться к самому объекту. В качестве примера продуктивности такого интуитивного решения сложного химического вопроса Шваб вспоминает о том, каких долгих раздумий стоило выдающемуся химику-органику прошлого А. Кекуле открытие формулы бензола. К сожалению, Шваб не дает каких-либо дополнительных разъяснений относительно того, как он понимает интуицию. Однако совершенно очевидно, что, выводя интуицию из опыта, практики, он не разделяет позицию тех, кто рассматривает интуицию как мистическое откровение, противопоставляя ее разуму, рациональному познанию.

Шваб идет к верному выводу, что специфика химии не может корениться в специфике тех форм абстрактной деятельности, которые охватывают количественную сторону химических явлений, что эта специфика присуща самой практике, химической деятельности, эксперименту. К сожалению, Шваб не развивает своей аргументации.

Другой подход к особенностям химизма мы встречаем в работе В. Деккельмана «Онтологическое значение основных химических понятий»⁴. Принципы своей онтологии Деккельман заимствует у Николая Гартмана и у Алоиса Венцля. Н. Гартман рассматривал мир как систему слоев или «пластов бытия». «Главной проблемой критической онтологии, — пишет В. Деккельман, — является установление отдельных слоев и их взаимных отношений, ибо все слои бытия пронизывают различные категории, которые от слоя к слою изменяются. Бытие какого-либо слоя никогда не может быть понято во всем его своеобразии из категорий другого: ни из категорий высших слоев, поскольку они не подходят, ни из категорий низшего слоя, которые недостаточны» (стр. 38).

В этой иерархии высший слой не является самостоятельным, поскольку покоится на низшем. Но эта зависимость представляется Гартману и его последователям необратимой.

Качественное своеобразие более развитых объектов по сравнению с менее развитыми, отраженное в описываемой концепции, приобретает далее весьма мистическую форму. Оторвав высшие формы движения материи от низших, В. Деккельман начинает сбиваться на позицию объективного идеализма, полагая, вслед за А. Венцлем, что материальное бытие направляется Логосом, что высший слой бытия использует низший с помощью своей «формообразующей воли». Эта формообразующая воля является, например, причиной роста кристаллов, она становится энтелехией на макромолекулярном уровне. Здесь В. Деккельман смыкается с виталистом Дришем.

⁴ W. Deckelmann. Die ontologische Bedeutung der chemischen Grundbegriffe. München, 1957.

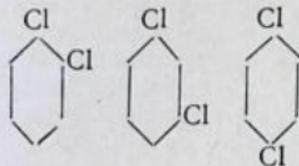
Однако ссылки на Логос, Телос, упорядочивающий фактор, формирующую волю, энтелехию и т. п., т. е. попытки объяснить специфику химизма с позиций объективно-идеалистического характера, по-видимому, не удовлетворили самого В. Деккельмана, хотя он и уделяет им много внимания.

Находясь под влиянием эклектических философских школ, он сам проникается их непоследовательностью и выдвигает ряд соображений уже скорее субъективно-идеалистического характера. Проследим ход его мыслей в этом направлении. В. Деккельман пишет: «Химия, как наука о превращении вещества, учит понимать это превращение как последовательность разнообразных единичных микрофизических процессов, на конце которых находится видимое изменение являющейся формы».

Химия в первую очередь стремится по возможности полно объяснить все явления материи на основе вторичных качеств: запаха, вкуса и цвета, что в случае цвета уже уводит в физическую область спектральных цветов.

В то время как физика, напротив, имеет дело преимущественно с первичными качествами протяженности и длительности, осязаемые свойства, такие, как твердый, жидкий, газообразный, и связанные с ними давление и тяжесть играют промежуточную роль между двумя науками — физикой и химией» (стр. 72).

Свою мысль В. Деккельман пытается пояснить на примере, заимствованном из области органической химии. Он рассматривает три изомера дихлорбензола



и высказывает по поводу них следующие соображения: «Пространственное размещение атомов хлора есть физическое явление. Различные агрегатные состояния являются физико-химическим явлением. Ядовитость и запах (инсектицидная активность) представляют собой химическое явление». Мы тут же попутно могли бы сказать, что ядовитость, запах, физиологическая активность могут быть отнесены к биологическим явлениям, так что для химии места опять-таки не остается. Но последуем за автором.

В. Деккельман выдвигает далее вопрос о том, соответствуют ли первичным и вторичным качествам внутренние качества реальных вещей. Позиция его в данном вопросе по меньшей мере неуверенная: «Если только первичные качества имеют объективное соответствие, то относящиеся к ним физические явления имеют онтологическое значение. Если и вторичные качества имеют объективное соответствие, то основным категориям бытия в химии должен быть приписан характер указателей. Это значит, что такие понятия, как

цвет, запах, раздражение кожи, ядовитость, имеют свою объективную основу в молекулярном строении веществ, они являются как бы заложенным в веществе «сложным качеством», которое затем воспринимается наблюдателем в специфической чувственной форме» (стр. 73). Здесь В. Деккельман отходит от субъективистской позиции в вопросе о первичных и вторичных качествах и приближается к материализму.

Теперь он устанавливает место химии: «С этой точки зрения и химии должно было бы соответствовать собственное понятие бытия в рамках физической действительности, а именно восприятие являющихся качеств, которым — по возможности — соответствуют объективные качества вещества» (стр. 73). Такое определение расширяет специфику химии до бессодержательности.

Итак, мы видим у Деккельмана весьма сложную и достаточно противоречивую картину логических понятий, призванных обосновать существование химии: первая группа связана с признанием наличия на химическом уровне особого упорядочивающего фактора, некоторой имманентной цели, которая обеспечивает сохранение или восстановление целостности химической конструкции (*ordnende Faktor mit ganzheitlichem Telos*). Но одновременно он делает уступку субъективистскому истолкованию специфики химических явлений путем их отождествления со вторичными качествами. Вместе с тем не исключается вероятность соответствия химических свойств объективному качеству веществ.

Надо сказать, что Деккельман не одинок в своем стремлении объяснить специфику различных форм материи с помощью аргументов, заимствованных из арсенала объективно-идеалистических учений. Его союзником в этом отношении выступает, например, К. Вольф в своей книге «Теоретическая химия»⁵.

Из авторов, стоящих на позициях диалектического материализма, в защиту химии выступили недавно К. Рихтер и Г. Лайтко. Этому вопросу посвящена статья «К определению предмета химии», опубликованная в «Немецком философском журнале»⁶. Авторы признают недостаточность распространенного определения химии как науки о веществах и их превращениях, поскольку превращениями веществ занимаются все естественные науки. Авторы выступают против попыток ликвидации химии и растворения ее в физике. Авторы справедливо считают, что при определении предмета химии следует избежать двух опасностей: во-первых, отрицания квантовой химии, во-вторых, сведения химии к квантовой физике.

Авторы соглашаются с тем, что специфике химизма отвечает особый структурный уровень организации материи, что не только структура, но и динамика химических явлений специфична.

⁵ K. L. Wolf. Theoretische chemie. Leipzig, 1959.

⁶ K. Richter und H. Laitko. Zur gegenstandsbestimmung der Chemie. «Deutsche zeitschrift für Philosophie», Bd. 10, 2 Halbjahr. Berlin, 1962, S. 1278.

Авторы полагают, что изучение элементарных актов химических процессов, изучение атомов и молекул является делом физики. Химия же начинается там, где совершается переход элементарных реакций к макроскопическому процессу. На этой основе авторы считают, что химической области исследования вещества более соответствуют понятия элемента и соединения, чем атома и молекулы (стр. 1292). Занятая позиция приводит их к следующему определению химии: «Предметом химии является образование соединений из элементов и взаимные превращения соединений» (стр. 1293).

Итак, перед нами новая точка зрения, новое обоснование химизма: химия занимается не атомом или молекулой, а макротелами. К этой точке зрения близка позиция А. Д. Вислобокова, изложенная в его работе «Материалистическая диалектика и современный механицизм»⁷. А. Д. Вислобоков считает, что существуют специфические законы химии, качественно отличные от квантомеханических. К этим законам он относит закон кратных отношений (Дальтона); закон действующих масс (Гульдберга—Вааге); влияние температуры и давления на скорость реакции; закон Гесса о суммарном тепловом эффекте реакции; закон постоянства состава; периодический закон Менделеева.

Обращает на себя внимание тот факт, что все перечисленные законы относятся к поведению огромных ансамблей частиц (кроме закона Менделеева). Однако нужно приложить не так много труда, чтобы установить связь между отмеченными законами и квантовой механикой. Легко показать связь с квантовой механикой закона кратных отношений и закона постоянства состава, поскольку их связь с современным учением о валентности и насыщенности связей очевидна. Построение периодической системы также немислимо без использования квантовых законов, определяющих заполнение электронных оболочек атомов. В современной теории абсолютных скоростей химических реакций константа скорости определяется не только температурой и давлением, но и квантовыми факторами, поскольку математическое выражение константы скорости включает постоянную Планка.

А. Д. Вислобоков весьма сурово обходится с квантовой механикой или квантовой химией: «Квантовая механика отражает специфику движения всего лишь электронной оболочки атома, — пишет он. — ...Главные, специфические формы движения всех других видов материи, в том числе ядер атомов, атомов и молекул, квантовая механика не отражает» (стр. 19). А. Д. Вислобоков считает, что квантовая химия не открыла новых законов специфически химического движения (стр. 45), что она не внесла ничего принципиально нового в вопрос о связи атомов (стр. 46).

По мнению А. Д. Вислобокова, явления, рассматриваемые квантовой механикой, относятся к побочной форме движения в общей

⁷ См. А. Д. Вислобоков. Материалистическая диалектика и современный механицизм. М., Изд-во ВПШ и АОН, 1962.

картине химизма: «Значение квантовой химии в сущности сводится к тому, что она раскрыла физический механизм химических явлений. Установив, что одной из побочных форм движения химической формы является квантовомеханическое движение, она вскрыла специфику последнего как побочного. Она установила, что и с точки зрения физики возможность химической связи или невозможность ее во многих случаях можно предугадать, открыла возможность влиять методами физики на химическое движение» (стр. 40—41).

Итак, квантовая химия — это не химия, а физика. А. Д. Вислобоков в своем стремлении отграничить химию от физики доходит до весьма любопытного заявления: «Когда некоторые физики и химики утверждают, что квантовая механика установила электрическую природу химической связи, тогда они по существу утверждают не что иное, как то, что химическому соединению атомов каждый раз обязательно сопутствует по закону Кулона притяжение частиц материи, заряженных разноименными электрическими зарядами, а химическому разъединению атомов сопутствует отталкивание частиц материи, заряженных одноименными зарядами» (стр. 46).

Это утверждение ошибочно. Автор по существу выдвигает тезис о том, что взаимодействие атомов в молекуле определяется какими-то химическими силами, что акт химического соединения или распада лишь сопровождается электрическими явлениями. Но так как автор не называет нам этих неэлектрических, специфически химических сил, не раскрывает характер их действия, не дает их количественных характеристик, то его концепция ничего не объясняет. Мы должны признать как факт, что пока для объяснения соединения атомов достаточно электрических сил. При этом вопреки мнению А. Д. Вислобокова химическому соединению атомов сопутствует не только притяжение зарядов, но и отталкивание и *vice versa*.

По нашему мнению, А. Д. Вислобоков не внял предостережению К. Рихтера и Г. Лантко и не избежал опасности, связанной с отрицанием, недооценкой квантовой химии. Но позиции А. Д. Вислобокова и немецких коллег имеют то общее, что специфику химизма видят в макропроцессах, полностью предоставляя микрособытия физике.

В основе взглядов, отрицающих существование химии и растворяющих ее в физике, лежит абстрактно-аналитический подход к явлениям химизма. При этом различные абстракции, необходимо возникающие в процессе познания, противопоставляются целостному объекту; игнорируется развитие, имманентное движение самого химического мира. Отметим, что в этом же заключается слабость и недостаточность упомянутых нами попыток спасения специфики химии. Руководствуясь добрыми побуждениями, авторы этих попыток все же выдвигали лишь одну сторону химизма, противопоставляя ее другим, высшие уровни организации вещества —

низшим, макротела — микрообъектам, синтетическое интуитивное познание — логико-аналитическому и т. д.

Химическая форма движения возвышается над физикой элементарных частиц и содержит ее в себе в качестве своей основы, не сводясь к ней. Мир химических отношений невозможно дедуцировать из абстракций физики элементарных частиц, поскольку он вообще является не следствием абстракций, а результатом реального развития реального физического мира. Обычно возникновение молекул и других химических частиц вводится в химию путем рассуждения о том, что случится, если мы станем из бесконечности сближать два атома. Подобные рассуждения, быть может, имеют иллюстративно-дидактическую ценность, но они никак не объясняют возникновения молекул, поскольку не учитывают реальных условий этого процесса. Если же рассуждать вообще, то при столкновении, например, двух атомов водородов могут возникнуть в зависимости от обстоятельства не только молекулы водорода, но и ионы H^- , H^+ , H_2^+ , или мезоны, или целая галактика — в общем, что угодно. Итак, возникновение химической формы движения материи не выводится, не дедуцируется из абстракций низших форм, а является результатом, следствием их реального развития в определенных внешних условиях.

Вместе с тем необходимо отметить, что на высших уровнях организации материи (химическом, биологическом, социальном) уже не возникает каких-то особых сил взаимодействия, которые отличны от сил, действующих на уровне элементарных частиц (гравитационных, инерционных, электрических, магнитных, ядерных и т. п.). Специфика высших форм не сводится к действию особых специфических сил вроде «усыпительной» силы морфия и вот почему при расчете силовых взаимодействий высших форм нет другого пути кроме как применение аппарата, созданного для описания взаимодействия на уровне элементарных частиц.

Это, однако, не означает, что элементарные частицы, включенные в более высоко организованные системы, сами не меняют черт своего поведения. Взаимодействие электронов в трубке Крукса или летящем от Солнца корпускулярном пучке по своей форме, по своему проявлению беднее, однообразнее, чем взаимодействие их в сложной органической молекуле ароматического соединения. В последней у электронов появились не новые специальные силы, а новые условия функционирования. Эти условия опять-таки не дедуцируются из свойств ядер и электронов, а познаются путем изучения реальных молекулярных структур и их свойств.

Иллюзия сведения высшей формы к низшей возникает обычно следующим путем. Исследователь имеет перед собой какой-то объект как высшее единство входящих в него частей. Он расчленяет этот объект на указанные составные, элементарные части и переносит на эти части свойства объекта как целого. После этого нетрудно вновь сконструировать исходный объект из низших структурных единиц.

Тот факт, что на высших уровнях развития материя не порождает новых сил взаимодействия частиц, отнюдь не означает, что эти уровни лишены качественного своеобразия, новых черт, по сравнению с нижележащими. Просто это своеобразие лежит в совершенно иных областях. В чем же заключается своеобразие материальных форм на том уровне, который изучается органической химией?

Современная наука замечательно полно подтвердила следующую глубокую мысль Ф. Энгельса: «Новая атомистика отличается от всех прежних тем, что она (если не говорить об ослах) не утверждает, будто материя *только* дискретна, а признаёт, что дискретные части различных ступеней (атомы эфира, химические атомы, массы, небесные тела) являются различными *узловыми точками*, которые обуславливают различные *качественные* формы существования всеобщей материи...»⁸. Органическая химия внесла существенный вклад в развитие новой атомистики. Весь необозримый материал органической химии выступает перед нами как скопление бесчисленных, разнообразных по строению и свойствам молекул. Молекулярная форма вещества является отличительной, характерной особенностью объекта органической химии.

Необходимо подчеркнуть, что эта черта отличает органическую химию от химии неорганической. Среди тысяч известных в природе неорганических соединений лишь немногие обладают молекулярным строением. К ним в первую очередь относится химический уникум — вода, а также некоторые газы: аммиак, сероводород, углекислота, водород, метан. Основная же и подавляющая масса неорганических веществ построена из ионных решеток. Последние формируются в конечном итоге в виде кристаллов, которые и следует признать истинными индивидуумами неорганической природы.

Принцип построения кристалла не содержит в себе внутренней границы, он бесконечен. Поэтому кристаллы одного и того же вещества могут как угодно отличаться друг от друга по размерам, их единство заключается во внешней форме, основанной на своеобразии ионной решетки.

Если в мире неорганических соединений мы видим две противостоящие друг другу формы вещества: пространственно ограниченную, молекулярную и безграничную, кристаллическую, то в органической химии мы имеем дело с единством этих форм. Внешние, разорванные противоположности неорганической природы выступают здесь в единстве, что несомненно имеет фундаментальное значение для эволюции материи. Не случайно именно в органической химии возникло на первый взгляд абсурдное понятие «жидкий кристалл», которое тем не менее очень хорошо отражает указанную диалектику.

Отмеченный Энгельсом принцип атомистики выступает в органической химии в своеобразной форме существования радикалов — устойчивых групп атомов, способных в неизменном виде переходить

⁸ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 608—609.

из одного соединения в другое на протяжении длинных цепей превращений. Наличие радикалов приводит далее к явлению гомологии: накоплению одинаковых химических групп в соединениях. Значение простой гомологии, т. е. накопления в органических соединениях CH_2 -групп, в свое время было отмечено Энгельсом. Ныне в органической химии собран обширный материал, свидетельствующий о всеобщем характере принципа гомологического усложнения молекул. Молекулы могут отличаться друг от друга на одну или несколько групп — $\text{CH}=\text{CH}$ — (винилология) — C_6H_4 — (фенилология), CNOH (карбинология) и т. д.

Явление гомологии перебрасывает мост от структурной химии органических молекул к биохимии. В тканях организмов мы не только встречаем гомологию аминокислот, жирных кислот, сахаров, но и гомологичные белки, полисахариды, нуклеиновые кислоты, наконец — гомологичные органы. Хитрость природы состоит в том, что она использует простой процесс накопления в молекуле одинаковых групп и в соответствии с законом перехода количественных изменений в качественные получает при этом вещества с самыми разнообразными, подчас полярно противоположными свойствами. Надо, однако, подчеркнуть, что принцип гомологического усложнения при очень большом накоплении однородных групп приводит уже не к обогащению, а к обеднению свойств молекул, ограничивает их химические возможности. Эти возможности расширяются путем возникновения многообразных изомеров, неполных гомологов, олигомеров и т. п. Усложнение органических соединений приводит в конечном итоге к образованию макромолекул.

На уровне больших органических молекул наступает новый качественный скачок: возникают различные конфигурации одной и той же молекулы путем поворота, изгибания, свертывания атомных цепей. В результате открывается возможность сближения удаленных функциональных групп, создания мостиковых структур и т. п. Совершенно очевидно, что такие конфигурационные модификации невозможны для маленьких молекул, подобных окиси углерода, уксусной кислоте или бензолу. Изменение конфигураций макромолекул становится важнейшим механизмом биохимических процессов. К категории этих явлений относятся денатурация и ренатурация белка, закручивание и раскручивание спиралей нуклеиновых кислот, некоторые иммунохимические процессы. С изменением конфигурации макромолекул связаны передача нервного импульса, мышечное сокращение, многие ферментативные реакции.

Характерным признаком типичных органических молекул является присутствие в них двух противоположных по своей природе групп: полярной и неполярной. Неполярными (или слабополярными) обычно бывают углеводородные радикалы, полярные группы представлены гидроксилем OH , карбонилем $\text{C}=\text{O}$, карбоксилем COOH , аминогруппой NH_2 , нитрогруппой NO_2 и т. д. Наличие подобной бинарности, двойственности типичных органических соединений нельзя не поставить в связь с условиями возникновения

органических молекул на нашей планете. В соответствии с представлениями А. И. Опарина и Дж. Бернала, первичная атмосфера Земли должна была носить восстановительный характер и состоять из водорода, метана, аммиака, воды, а также, вероятно, углекислого газа. В результате исследований, которые провели за последние годы С. Миллер, С. Фокс, К. Поннамперума, Т. Павловская, А. Пасынский и другие ученые, ныне установлен ряд фактов принципиального значения в области первичного синтеза органических соединений. Оказалось, что при воздействии на гипотетическую древнейшую атмосферу Земли различными энергетическими факторами (ультрафиолетовая радиация, электрический разряд, радиоактивность, теплота) образуется сложная смесь органических соединений, в которой найдены почти все основные строительные кирпичики биохимических систем: аминокислоты, пурины, пиримидин, углеводы, жирные кислоты. Это наблюдение развеяло представление о том, что для возникновения столь специфических веществ необходимы какие-то особые, исключительные условия и длительные сроки. Нет, важнейшие органические соединения сравнительно легко образуются из веществ, довольно широко распространенных в космосе. Это позволило резко сократить предполагаемые сроки чисто органохимической эволюции нашей планеты.

Анализируя состав и строение органических соединений, возникших в описанных опытах, нельзя не обратить внимания на то, что в них как бы воссоединились первоначально обособленные полярные и неполярные группы. Углеводороды (метан) и вода (а также, возможно, углекислота) дали начало спиртам, кетонам, кислотам. Аммиак участвовал в формировании полярных аминогрупп, нитрилов, гетероциклических соединений. Снова мы сталкиваемся с процессом, который следовало бы назвать «впитыванием» внешних противоположностей в ходе органического синтеза. В результате этого процесса внешние, разорванные противоположности превращаются во внутреннее противоречивое единство органической молекулы. Выясняется, что последнее было истиной этих исходных неорганических условий, оно не привнесено извне, а порождено ими.

Особое значение имеет отношение органических молекул к воде. Вода была одним из источников их происхождения, ее элементы присутствуют в каждой мало-мальски важной органической молекуле (гидроксил, карбоксил и др.). Вода является молекулярной жидкостью, а поэтому естественной средой существования органических молекул в свободном состоянии. Будучи полярной средой, она расщепляла все полярные соединения на их составные части — ионы. Ныне океан содержит всю таблицу Менделеева в ионной форме. Этого не могло случиться с органическими соединениями, для которых характерно присутствие гидрофобного неполярного радикала. Наличие подобного радикала в итоге должно было привести к обособлению органической части «первичного бульона» в виде поверхностных пленок или коацерватов.

Отмеченная нами бифункциональность органических соединений находит далее свое воплощение в том, что важнейшие для дальнейшей биохимической эволюции химические молекулы имеют двойственную природу, будучи одновременно кислотой и основанием. Это относится в первую очередь к аминокислотам — основным структурным элементам белка. Но по типу аминокислоты построены и нуклеиновые кислоты, которые содержат азотистое основание и остатки фосфорной кислоты. В современной биохимической литературе приходится встречаться с мыслью о независимости происхождения и фактически независимой эволюции белков и нуклеиновых кислот. Однако нельзя не признать у них наличия общего плана строения:

основание — промежуточный радикал — кислота.

Наличие такого единого плана строения невольно наводит на мысль о том, что белки и нуклеиновые кислоты имеют единое происхождение и, может быть, общих предков, претерпевших последующую дифференциацию. «Если процессы, противостоящие друг другу в качестве совершенно самостоятельных, образуют известное внутреннее единство, то это как раз и означает, что их внутреннее единство осуществляется в движении внешних противоположностей»⁹. Эта мысль К. Маркса должна, на наш взгляд, иметь существенное значение для понимания взаимоотношений между белком и нуклеиновыми кислотами. Недавнее выступление по вопросам наследственности известного английского химика К. Хиншелвуда свидетельствует о том, что мысль ученых работает именно в данном направлении¹⁰.

Атомы химических элементов, как известно, в своем большинстве могут находиться в различных валентных состояниях, в частности в разных окисленных формах. Так, сера полностью восстановлена в сероводороде H_2S , она по-разному окислена в SO_2 , SO_3 . В одной и той же молекуле обычно не встречаются одновременно атомы какого-либо элемента с неодинаковой степенью окисления. Искусственным путем можно, конечно, получить такие соединения, как гипосульфит $Na_2S_2O_3$, где атомы серы окислены различно. Но такие вещества не могут длительно находиться в природе, поскольку они нестойки. Удивительным исключением из этого правила являются соединения углерода. Характерной особенностью органических молекул является тесное соседство атомов углерода, находящихся в противоположных состояниях: восстановленном и окисленном. По своей природе такое состояние термодинамически неустойчиво, а значит и неустойчивы все типичные органические вещества.

Чтобы перейти в состояние устойчивости, органическая молекула должна диспропорционироваться, т. е. распасться на возможно

⁹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 23, стр. 124.

¹⁰ A. Dean, C. Hinshelwood. What is Heredity? «Nature», 1964, No. 4937.

более восстановленную и возможно более окисленную части. Практически речь идет о распаде органического вещества на углеводород и углекислый газ — тенденция, отмеченная школой А. Фаворского, в частности в работах С. Данилова. Окислительно-восстановительное диспропорционирование протекает с выделением энергии. Опосанный процесс является, вероятно, самым древним источником биохимической энергии. На древний характер подобных реакций указывает их повсеместное распространение в живой природе. К ним относятся процессы анаэробного брожения; основной путь образования богатых химической энергией связей в организмах — синтез аденозинтрифосфата (АТФ) из аденозиндифосфата (АДФ) — протекает с использованием таких реакций окисления-восстановления, как анаэробное декарбоксилирование или дисмутация глицериновой кислоты в пировиноградную.

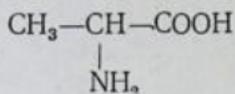
Нестойкость органических веществ при нагревании связана с тем, что в этих условиях молекулы легко преодолевают энергетический барьер и начинают распадаться на окисленные и восстановленные формы, освобождая заключенную энергию. Следовательно, высокие температуры (порядка сотен градусов по Цельсию выше нуля) неблагоприятны для существования органических молекул.

Последние работы Ф. Эйблсона и других геохимиков подтверждают мнение о недолговечности аминокислот, углеводов при повышении температуры. Так, при нагревании аминокислоты аланина до 300°С вещество полностью распадается за несколько минут. В то же время синтез аминокислот из метана, аммиака и воды идет с заметным выходом лишь при температуре 950°С с немедленным охлаждением продуктов реакции, что затруднительно на раскаленной планете.

Но если органические вещества не могут существовать на горячей планете, то где же следует искать источник энергии, необходимой для их образования на поверхности относительно холодной Земли? На этом этапе мы приходим к признанию великого космического значения соединений углерода. Одной из стадий космической эволюции является возникновение холодных планет, непрерывно бомбардируемых потоками высокой энергии, идущими от центральной звезды. В неорганических условиях эта энергия деградирует и в конечном итоге рассеивается. Следовало найти такую энергетическую ловушку, которая была бы способна аккумулировать космическую энергию Солнца в условиях холодной планеты, сохранять эту энергию и постепенно расходовать в результате химических превращений. Необходимо было соединить разорванные полюсы космической противоположности в диалектическом единстве. Это оказалось возможным в результате возникновения органических соединений, содержащих атомы углерода в полярно противоположных энергетических состояниях.

Если теперь мы посмотрим на структурную формулу типичного органического соединения, хотя бы упомянутого аланина, то увидим в нем итог захватывающего процесса «впитывания» внешних

противоположностей окружающей среды, фиксированного во внутренней противоречивости молекулы



Здесь перед нами противоречивое единство окисленных и восстановленных атомов углерода, основной и кислотной группировок, гидрофильных остатков и гидрофобного метильного радикала. К этому следует прибавить особую противоречивую природу среднего атома углерода, который может находиться лишь в пространственно противоположных формах (оптическая асимметрия), в отличие от его крайних соседей.

Мы видим, что внешне разорванные противоречия окружающей среды становятся внутренними противоречиями органических молекул. Наоборот, гибель органических молекул вновь приводит к восстановлению этих безразличных друг другу противоположностей. Быть может, на этой основе следовало бы определить биохимическую ассимиляцию как создание внутренней противоречивости организма путем усвоения противоположных факторов внешней среды. Здесь очевидным образом ассимиляция не отождествлена уподоблению, хотя может совпадать с ним. В таком случае диссимиляция — это распад внутренне единых противоречивых систем и процессов организма на внешние, безразличные друг другу противоположности.

Рассмотрим теперь различные состояния и пути превращения органических молекул. Основной внутренней характеристикой молекулы является химическое строение, т. е. порядок взаимодействия атомов. Молекулы могут находиться в возбужденном состоянии, приобрести или терять заряды, агрегироваться с себе подобными или иными молекулами, но если при этом порядок связи атомов в них сохраняется, то химический процесс еще отсутствует. Указанные изменения состояния молекул носят физический характер, находятся в ведении физиков или, поскольку они увязываются с внутренним строением молекулы, физико-химиков. С другой стороны, всякое внешнее воздействие, будь то ультразвук, свет, теплота, радиация, химический агент, достигнув определенной интенсивности, вызывает перестройку межатомных связей, т. е. химический процесс.

Разнообразие, противоречивый характер структур органических соединений обуславливают богатство их свойств и превращений. При этом обращают на себя внимание широкое распространение в реакциях органической химии противоположных процессов синтеза и распада, соединения и разложения, полимеризация и деполимеризация, электрофильных и нуклеофильных превращений. Для органических молекул характерно наличие двух противоречивых форм передачи электронных влияний между атомами: индукцион-

ного эффекта и эффекта сопряжения, действие которых нередко направлено в противоположную сторону.

Отличительной чертой химического процесса является воспроизведение себе неподобного: конечная молекула отлична от исходной. Это утверждение не столь очевидно, поскольку существуют химические превращения, для которых конечные продукты идентичны исходным, например, криптомерия. Однако подобные исключения не меняют существа дела: не существовало бы химизма, если бы в ходе химических превращений молекулы внутренне вообще не изменялись и не превращались в нечто иное, новое. Итак, воспроизведение себе неподобного является характерной чертой химических изменений.

Однако этот вывод имеет различный смысл для неорганических соединений и органических молекул. В ходе химической реакции неорганический индивидуум, будь это кристалл или молекула, как правило, теряет свою индивидуальность, его части разбросаны в продуктах реакции. Органическая молекула, претерпев химическое превращение, в большей мере сохраняет себя. Это особенно относится к макромолекулам, где то или иное превращение вообще не захватывает всей молекулы, а локализуется лишь в какой-то ее части. Поэтому для макромолекулы становится возможным одновременное участие в нескольких физических и химических превращениях.

Вопрос о целостности химического индивидуума вплотную подводит нас к проблеме элементарных форм отражения на химическом уровне. В книге «Материализм и эмпириокритицизм» В. И. Ленин высказывает предположение о том, «что вся материя обладает свойством, по существу родственным с ощущением, свойством отражения...»¹¹. Как можно представить себе отражение на химическом уровне организации материи? Вероятно, имеет смысл следующее определение: А отражает В, если в процессе их взаимодействия: 1) А сохраняет свою индивидуальность; 2) А уподобляется В.

Сложная органическая молекула, обладающая развитой системой функциональных групп и радикалов, в соответствующих условиях в состоянии осуществить оба указанных процесса. Для этого может потребоваться поворот и фиксирование некоторых атомных групп и цепей, что вполне достижимо в достаточно больших молекулах. В конечном итоге молекулы А и В достигнут максимально допустимой комплементарности, т. е. станут как бы зеркальным отражением друг друга. Разойдясь, они могут сохранить на известное время установившуюся конфигурацию. Этот процесс имеет важнейшее значение для биохимии. В основе его лежат слабые формы связи молекул, не достигающие химического уровня и представленные силами Ван-дер-Ваальса, водородными связями, полярными и диполь-дипольными взаимодействиями. Химик знает

¹¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 91.

эти физические силы, обуславливающие возникновение молекулярных соединений, жидких и твердых кристаллических структур. Они обеспечивают правильную укладку молекул и очень чувствительны к особенностям их строения.

В результате биохимической эволюции специфичность различных структур в организме достигала чрезвычайно высокого уровня. Это привело к качественному изменению роли отмеченных скромных сил межмолекулярного взаимодействия: именно они стали основой специфики биохимических процессов, без них невозможно понять ферментативные реакции, иммунохимические процессы, перенос информации между нуклеиновыми кислотами и белком. В указанном смысле переход от химии к биологии есть возврат на высшей ступени от химии к физике.

Ныне признается, что отражение включает в себя процессы, связанные с передачей и хранением информации. Возможности для этого создаются уже на уровне органических молекул. Наличие в них цепных, кольчатых и сетчатых структур создает материальную предпосылку передачи информации — специфические каналы связи. В макромолекулах возникает возможность передавать взаимные влияния атомов и внешние воздействия, с одной стороны, по линиям связей на длинные расстояния, приближающиеся к макроскопическим, а с другой — непосредственно через пространство между свернутыми частями молекулы. Информация кодируется как порядком связей атомов в молекуле, так и вторичными и третичными конфигурационными структурами.

При уяснении специфики структуры и функций органических соединений мы неоднократно проводили параллели и сопоставления с химическими системами живой природы. Это не случайно. Правда, сложилась давняя привычка искать сущность какой-либо материальной формы среди генетически младших, низших уровней. Идя подобным путем, социальные явления сводят к биологическим, последние к химическим, эти, в свою очередь, к физическим и полагают, что тем самым познается сущность соответствующей формы движения материи. Однако марксистско-ленинская методология чужда подобного понимания сущности. Познание сущности требует не только установления связи явления с генетически более простыми, низшими формами бытия, но понимания его, исходя из тех более высоких форм, которые из него развиваются, которые находятся в нем в потенции. В этой связи можно сказать, что наиболее полное и глубокое понимание химизма органических соединений возможно лишь на основе изучения биохимических систем и процессов химическим путем.

Однако эволюционное значение каждой формы движения материи не исчерпывается ее переходом на следующую ступень развития. Низшая форма продолжает сохранять свое значение наряду с высшей, не будучи полностью поглощенной и исчерпанной последней. Синтез и распад органических соединений в известном объеме совершаются на нашей планете помимо биохимических циклов

превращения. Этими вопросами с успехом занимается молодая наука — органическая геохимия. Новый толчок развитию химии органических соединений дает производственная деятельность человека. Ныне мы являемся свидетелями все убыстряющегося и расширяющегося по своим масштабам процесса создания новых химических веществ. Ежегодно в лабораториях синтезируются десятки тысяч новых, как правило, не встречающихся в природе органических соединений. Ничего подобного в естественных условиях не наблюдаем. Создание новых молекулярных форм является основой современной химической технологии. В этом процессе можно различить два этапа: на первом человек использует готовые природные формы, модифицируя их, приспособлявая к своим потребностям (получение вискозы из естественной целлюлозы, резины из натурального каучука), на втором этапе технология стремится осуществить полный синтез необходимого продукта из простейших исходных веществ (полихлорвинил из ацетилена, полиэтилен из этилена и т. п.).

В настоящее время возник целый мир органических соединений, которые никак не связаны с живой природой. К их числу относятся фторорганические вещества, кремнийорганические и многие другие элементоорганические соединения. Этот процесс вызвал дифференциацию органической химии, внутри которой наметились такие отделы, как биоорганическая химия, специально занимающаяся исследованием соединений, возникающих в процессе жизни.

Человеческая деятельность не меняет законов химии, поскольку продукт труда есть «вещество природы, приспособленное к человеческим потребностям посредством изменения формы»¹². Но, познавая законы материального мира, человек не остается пассивным потребителем естественных форм, он активно видоизменяет их и создает вещества, которые не возникают в природе. Тем самым органическая химия выступает как способ его деятельности. Через эту деятельность осуществляется отныне дальнейшая химическая эволюция органических соединений.

Деятельность человека по исследованию, созданию и использованию органических соединений имеет различные стороны: теоретическую, экспериментальную и технологическую. В условиях существующего разделения труда эти стороны могут нередко противостоят друг другу как взаимно чуждые. На этой основе возникает иллюзия главенствующего значения лишь одной из них, что приводит к коллизиям, описанным в начале нашего сообщения. Это же происходит и в самой теоретической деятельности, где отдельные аспекты изучаемого предмета выдвигаются в качестве доминирующих. Аналитическое рассмотрение объекта в ходе его познания приводит к абсолютизации вычисленных свойств, отношений, сторон.

¹² К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 23, стр. 192.

В реальной действительности химик имеет дело с макротелами, с превращением больших масс вещества, с реакциями громадных количеств молекул, порядка 10^{23} . Нельзя, однако, считать, что специфика химизма ограничена поведением макротел. Абстрагирующий анализ позволяет на основе изучения свойств громадных количеств молекул вскрыть сущность протекающих процессов, подойти к представлению об одной молекуле, ее строении, свойствах и реакционной способности. В дальнейшем движение познания обращается: из свойств молекул мы выводим закономерности поведения макротел. Строение и свойства органической молекулы выступают в качестве исходной абстракции, на основе которой мысленно воспроизводится все конкретное богатство и разнообразие свойств и поведения вещества. Это — единый процесс, который невозможно расчленять между разными науками.

Р. С. КАРПИНСКАЯ, В. П. МЕРЗЛОВ

ОБ ЭВОЛЮЦИИ ХИМИЧЕСКИХ СТРУКТУР ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Изучение объектов, этапов и основных тенденций эволюции химической формы движения имеет существенное значение для разработки методологических вопросов химии. Ряд работ, появившихся в последнее время¹, углубляет представление о специфике химической формы движения материи, о многообразии ее материальных носителей, об особенностях познания химизма природы. Общей идеей этих исследований является идея развития. И естественно поэтому, что в ряду вопросов, поднятых на повестку дня структурно-генетическим подходом к химической форме движения, на видном месте стоят особенности эволюции химических структур, которые привели к возникновению жизни на Земле.

Проблема возникновения жизни на Земле интенсивно исследуется в настоящее время целым комплексом наук. Химический аспект этого исследования — едва ли не важнейший, так как генетическая связь между биологией и химией является самой непосредственной. Одной из наиболее перспективных наук в этом отношении является молодая наука — эволюционная биохимия, которая, опираясь на изучение процессов обмена веществ, восстанавливает шаг за шагом историю возникновения и развития жизненно важных соединений и механизмов их взаимодействия. Основой в этом является огромная работа, проводимая современными исследователями по изучению структуры белков, нуклеиновых кислот и путей биосинтеза всех жизненно важных соединений.

¹ См., напр.: Р. В. Гарковенко. Качественное многообразие химических частиц и некоторые методологические вопросы химии. «Вопросы философии», 1963, № 5; Р. Б. Добротин, В. П. Барзаковский. К вопросу об особенностях химической формы движения материи. «Вопросы философии», 1964, № 11; Ю. А. Жданов. Моделирование в органической химии. «Вопросы философии», 1963, № 6; В. И. Кузнецов. О характере качественных химических изменений. «Вопросы философии», 1964, № 11.

Прежде всего важно установить, существует ли определенная прогрессивная тенденция в эволюции химической формы движения? Применимо ли в данном случае понятие прогресса?

Известно, что в отношении живых организмов с давних пор существует представление о биологическом прогрессе². В нем отражается развитие органического мира от низшего к высшему, от просто организованных биологических систем к более сложным. Вместе с тем общее повышение организации оказывается недостаточным критерием биологического прогресса, так как не охватывает разнокачественных проявлений прогрессивных изменений организмов, результатом которых явилось возникновение многих типов растений и животных, увеличение их ареалов расселения, повышение жизнеспособности форм, их приспособленности к среде и т. д. Поэтому понятие прогрессивного развития биологических объектов весьма сложно и всегда неизбежно детализует те или иные аспекты общего положения о прогрессе как об усложнении организаций, применяемого для обозначения восходящего развития земной материи. Тем не менее общее усложнение организации является неотъемлемой чертой эволюции живых организмов³.

В эволюции химической формы движения тоже, безусловно, существует тенденция к усложнению организации систем. Из хаоса многочисленных химических превращений с малоустойчивыми продуктами реакций постепенно выделялись те повторяющиеся превращения веществ, которые имели своим результатом более упорядоченные, более организованные и устойчивые структуры. В этом смысле структуры как выразители способа организации систем претерпевали безусловно прогрессивные изменения.

Однако при рассмотрении вопроса о возникновении жизни в земных условиях более надежным и более определенным критерием прогрессивных изменений химических структур является, очевидно, степень их приближенности к структурам, участвующим в биохимических процессах. Во многих отношениях, характерных для химических превращений (реакционная способность, энергетические возможности, скорость химической реакции, каталитические свойства и т. д.), биохимические структуры представляют собой качественно новый и более высокий этап развития материи. Не случайно Гегель, а затем и Энгельс неоднократно отмечали, что ключом к глубокому познанию химизма природы является изучение химизма организма.

Единство исторического и логического в познании, как один из

² См., напр., Л. Ш. Давиташвили. Очерки по истории учения об эволюционном прогрессе. М., Изд-во АН СССР, 1956.

³ См. Ч. Дарвин. Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение избранных пород в борьбе за существование. М.—Л., Сельхозгиз, 1937.

основных принципов марксистской гносеологии, раскрывает значение более высоко развитых форм для исследования их генетических предшественников. Движение мысли «сверху вниз», от исторически более позднего к раннему, не только не разрушает логику исторического развития, но позволяет увидеть ее глубже и ясней, обнаружить те направляющие линии развития, которые с неизбежностью привели к появлению более сложных систем. Тем самым не только восстанавливается преемственность в развитии, но и в новом свете предстает осуществление самих низших форм; их основные характеристики приобретают рациональное с точки зрения будущего содержание. Поэтому выявление тех принципов организации химических структур, которые способствовали созданию молекулярных структур живого, есть одновременно и выявление прогрессивных тенденций развития химической формы движения. Остальные линии усложнения организации химических структур, которые обнаруживаются в геохимических процессах, обеспечивают лишь необходимые условия для главной тенденции химического прогресса по направлению к созданию жизни.

При характеристике организованности химических структур возникают определенные трудности, связанные с понятием «организации». Вполне очевидно, например, что степень организованности первичных химических структур типа метана, водорода, воды, аммиака на много порядков ниже организованности добиологических и тем более биологических полимеров. Вместе с тем и эти первичные молекулы обладали определенным качеством, были отграничены друг от друга пространственно и функционально и, что самое главное, имели такую устойчивую структуру, которая обеспечивала «выживание» под воздействием внешних, энергетических, факторов. Первичные молекулы уже представляли собой определенным образом организованные системы.

В чем же состоит критерий организованности систем? Этот вопрос, при общем повышенном интересе к проблемам систем, в настоящее время широко разрабатывается в нашей литературе. Некоторые авторы считают⁴, что организованные системы, в отличие от хаотических, обладают упорядоченностью, разнообразием и глубиной связей между составляющими их элементами. Но помимо характера связей между элементами системы существенное значение имеет качество самих элементов. Отнюдь не любые элементы могут составить определенным образом организованную систему.

Специфичность системы предполагает и специфичность ее элементов. Поэтому эволюции системы не только сопутствует, но и в известном смысле предшествует эволюция ее элементов. Так, в создании биохимических структур громадную роль сыграло многообразие материальных носителей химической формы движения. Наряду с соединениями типа воды, метана, аммиака при определенных условиях (например, ионизирующие облучение) возникали

⁴ См. В. И. Кремянский. О философском значении новых открытий в области «физики и химии живого». «Вопросы философии», 1964, № 2, стр. 48.

такие активные участники химических превращений, как, например, ионы или свободные радикалы, взаимодействие которых приводило к образованию более сложных соединений, с той или иной степенью устойчивости. Облучение вещества приводит к изменению электронной конфигурации его молекул. При этом молекула может или перейти в возбужденное состояние, или, если энергия возбуждения достаточно высока, потерять электрон и превратиться в положительный ион. Кроме того, в этих условиях могут образовываться также свободные радикалы, не имеющие заряда, но чрезвычайно реакционноспособные благодаря наличию одного или нескольких неспаренных электронов, являющихся основой химической связи. Эти активные образования очень неустойчивы и легко возвращаются в первоначальное состояние. Поэтому возникновение сложных структур зависит от таких факторов, как диэлектрическая проницаемость среды, время жизни возбужденных состояний, вероятность рекомбинации ионов и свободных радикалов, и от того, каким путем происходит рассеяние избытка энергии⁵.

В экспериментах, воспроизводящих условия, когда на Земле имелись только простейшие молекулы, облучали смесь углекислого газа, водорода и воды пучком ионизирующих частиц на циклотроне. В результате удалось получить такие восстановленные соединения, как муравьиная, уксусная и янтарная кислоты⁶. Эти вещества, как известно, легко усваиваются всеми современными живыми организмами. Добавление к исходной смеси аммиака приводило к образованию еще и глицина, являющегося простейшей аминокислотой⁷. В дальнейшем в смесь вводили метан с меченым углеродом, что позволило более точно идентифицировать продукты беспорядочных химических реакций. В результате облучения такой смеси на линейном ускорителе потоком частиц с энергией 5 мэв были обнаружены глицин, аланин и другие аминокислоты, сахара, некоторые жирные и оксикислоты и большое количество мочевины⁸. Наличие аминокислот в числе продуктов реакции, с одной стороны, и показанная недавно возможность синтеза пептидов при нагревании аминокислот в растворе аммиака⁹ — с другой, позволяют предполагать спонтанное возникновение важнейшего компонента живого — белка. Более того, из простых молекул аммиака и циана удалось синтезировать некоторые пурины и пиримидины¹⁰, производные ко-

⁵ См. С. Рид. Возбужденные электронные состояния в химии и биологии. М., ИЛ, 1960, стр. 13.

⁶ W. M. Garrison, D. C. Morrison, J. G. Hamilton, A. A. Benson, M. Calvin. Reduction of carbon dioxide in aqueous solutions by ionizing radiation. «Science», 114, 416 (1951).

⁷ S. L. Miller, H. C. Urey. Organic compound synthesis on primitive earth. «Science», 130, 245 (1959).

⁸ См. М. Кальвин. Возможные пути эволюции фотосинтеза и конверсии квантов. Сб. «Горизонты биохимии». М., ИЛ, 1962, стр. 37.

⁹ J. Oro, A. P. Kimball. Synthesis of purines under possible primitive earth conditions. «Arch. Biochem., Biophys.», 93, 166 (1961).

¹⁰ J. Oro. Mechanism of synthesis of adenine from HCN under possible primitive earth conditions. «Nature», 191, 1193 (1963).

торых входят в состав нуклеиновых кислот. Тем самым показана возможность самопроизвольного образования всех элементов, составляющих нуклеиновые кислоты. Таким образом, разнообразие материальных носителей химической формы движения обусловило богатство возможных направлений химической эволюции, среди которых под действием определенных внешних условий выделилась стержневая тенденция к образованию жизни.

Анализ многообразия объектов химических превращений имеет большое методологическое значение. На этой основе углубляется современное представление о специфике химической формы движения и путях ее развития. Для нашей темы прежде всего интересен вопрос о том, какое значение имело это качественное многообразие при переходе от химической формы движения к биологической. Начнем с того, что каждый вид материальных образований, участвующих в химических превращениях неживой природы, активно включается в процессы, протекающие в живом организме. Иначе говоря, в химии живого сохраняется та же неоднородность, разноразличность объектов химических превращений. Они одновременно присутствуют в любом биохимическом процессе, хотя степень их воздействия на механизм того или иного процесса различна. Изучение роли различных химических структур в жизнедеятельности организма необходимо и для понимания путей развития при возникновении жизни.

Химические превращения и замена атомов или атомных группировок, их химические изменения лежат в основе постоянного возникновения антиметаболитов, этих естественных регуляторов процесса обмена вещества. Антиметаболит, напоминая по своей структуре метаболит, занимает его место в реакции со специфическим белком и, не давая нормальных продуктов реакции, тормозит тем самым или останавливает эту реакцию. Изменение структуры метаболита при создании антиметаболита может происходить, например, за счет замещения карбоксильной группы другими кислотными группами, за счет замены одного атома кольца на другой и т. п.¹¹

Процесс передачи нервного импульса, протекающий при непосредственном участии ионов, дает пример их большого значения в жизнедеятельности организма. Известно, что во время импульса сопротивление клеточной мембраны уменьшается. Восходящая фаза потенциала действия сопровождается входением ионов натрия внутрь клетки, а нисходящая — выходом примерно эквивалентного количества ионов калия¹².

Концентрация водородных ионов, или pH раствора, является одним из наиболее важных определяющих факторов в биохимических реакциях. Например, биологическая роль некоторых входящих

¹¹ См. Ф. Вулли. Создание антиметаболитов. Сб. «Стратегия химиотерапии». М., ИЛ, 1960, стр. 167.

¹² См. И. Уилсон. Некоторые вопросы молекулярной основы нервной активности. Сб. «Молекулярная биология». М., ИЛ, 1963, стр. 163.

в состав крови солей (NaHCO_3 , Na_2HPO_4) заключается главным образом в поддержании постоянства концентрации ионов водорода. Благодаря этому реакция крови здорового человека лишь незначительно колеблется около среднего значения $\text{pH}=7,3$, что существенно важно для нормальной деятельности организма¹³.

Такие химические образования, как *свободные радикалы* и «переходные комплексы», являются промежуточными продуктами важнейших биохимических превращений¹⁴. Так, свободные радикалы имеют большое значение при изучении взаимодействия фермента с субстратом, особенностей фермент-субстратных комплексов и самого механизма ферментативной активности.

Что же касается *молекулы*, то ее место в химии живого с новой силой подчеркивается современными исследованиями в области молекулярной биологии. Биохимические, генетические и эволюционные аспекты этой успешно развивающейся науки все больше приближают изучение биологических явлений в макротелах к молекулярному уровню. Структурные образования этого уровня оказываются тесно связанными со свойствами, которые непосредственно ответственны за сохранность или изменения свойства организма. Наиболее яркой иллюстрацией в этом отношении являются эксперименты по направленной изменчивости микроорганизма (вирусов, бактериофагов, бактерий). Действием химических или физических агентов (азотистая кислота, ультрафиолетовое или радиационное облучение и т. д.) производят определенные изменения в молекулах нуклеиновых кислот организмов, в зависимости от которых происходит изменение определенных биологических свойств этих микроорганизмов.

Особенно удачным объектом для тонкого химического анализа характера изменчивости микроорганизмов являются вирусы и бактериофаги. Их сравнительно простое «устройство» (нуклеиновая кислота и белок) позволило начать серию успешно развивающихся экспериментов по изучению молекулярных механизмов мутаций. Так, в известных опытах с вирусом табачной мозаики носитель инфекционности—РНК подвергалась *in vitro* химическому изменению действием азотистой кислоты. В результате их взаимодействия происходит дезаминирование трех оснований из четырех: аденин превращается в гипоксантин, гуанин — в ксантин, а цитозин — в урацил. Химически измененная РНК, будучи введена в клетки растения, создает мутантные формы вируса. Внешне они обнаруживаются морфологическим различием в поражениях табачного листа. Химический анализ мутировавших форм вируса указывает на определенные отличия аминокислотного состава белков «дикого» и мутировавшего штамма¹⁵. Подобные исследования служат основой

¹³ И. Тодоров. Клинические лабораторные исследования. «Медицина и физкультура». София, 1963, стр. 700.

¹⁴ Сб. «Свободные радикалы в биологических системах». М., ИЛ, 1962.

¹⁵ См. Г. Виттман. Изучение генетического кода на вирусе табачной мозаики. Сб. «Информационные макромолекулы». М., «Мир», 1965, стр. 141.

для сопоставления характера и области изменений нуклеотидов и аминокислот в цепях нуклеиновых кислот и белков.

Изучение корреляции между изменчивостью нуклеиновых кислот и аминокислотным составом белков является основным вопросом проблемы биосинтеза белка, этой важнейшей проблемы современной биологии. По мере ее решения углубляются наши представления о сущности жизни и ее проявлениях — наследственности, изменчивости, саморегуляции обмена веществ и т. д. И тот факт, что эти исследования фиксируют свое внимание прежде всего на молекулах как определенных целостных системах, является еще одним подтверждением громадной роли молекул в химии живого организма.

Таким образом, среди многообразия химических структур живого организма именно молекулярные образования являются той определяющей формой химических структур, которая соединяет в себе высший уровень развития химии неживой материи со специфичностью, присущей биологическим системам. Действительно, молекулы белка и нуклеиновых кислот несравненно более сложный и более совершенный тип структурных образований, чем любая молекула неживой природы. Это «совершенство» молекул живого организма определяется тем, что они входят в упорядоченные комплексы надмолекулярных структур, участвуют в строго отрегулированных циклических реакциях, являются носителями биологической функции. В этом и состоит специфичность молекул живого организма.

Поэтому вывод о решающей роли молекулярных структур в химии живого не может быть расценен как преувеличение роли молекулы и недооценка структур домолекулярного и надмолекулярного уровня. Во-первых, нельзя говорить о любой форме химизма без акцента на роль молекулы. В химической форме движения материи превращения молекул являются коренной основой качественной характеристики данного вида движения. Возникновение химической связи той или иной природы обусловлено физическим взаимодействием атомов и атомных группировок.

Однако конечная значимость этих превращений выявляется только на уровне молекул в связи с существенными изменениями при переходе от пары атомов или их групп к качественно новому целостному образованию — молекуле.

Во-вторых, химизм живого основан главным образом на молекулярных превращениях. Биологическая специфичность молекул живого создается и обнаруживается лишь в процессе метаболизма целостного организма, т. е. в процессе тесного взаимодействия с другими химическими структурами внутренней и внешней среды существования организма. Нет надобности повторять вполне обоснованные аргументы против автономного существования «биогена», «биогемолекулы» до живой клетки¹⁶. Достаточно подчерк-

¹⁶ См. А. И. Опарин. Возникновение жизни на Земле, стр. 212, 223 и др.

нать, что выделение молекул как ведущего структурного образования химии живого основано прежде всего на учете их биологической специфичности, т. е. всей совокупности взаимоотношений с другими химическими структурами и подчиненности эволюционным биологическим закономерностям, присущим организму. По определению, молекула — это наименьшая частица вещества, сохраняющая его химические свойства. Вероятно, для макромолекул живого следует добавить «и биологическую специфичность», так как для современного биохимика существенны не только и не просто химические свойства макромолекулы, но ее способность сохранить свое место в метаболизме, свою биологическую специфичность. Неразрывное единство структуры и функции молекулярных образований живого организма превращает их в исключительно динамичные системы, приспособленные по всем своим характеристикам к участию в процессах жизнедеятельности.

Значит, понятие молекулы обогатилось новым содержанием, но тем не менее оно вполне применимо и для таких своеобразных химических образований, как макромолекулы.

Понятие «молекула» в применении к живым структурам будет изменять и обогащать свое содержание по мере того, как все полнее будет познаваться сущность жизни, ее специфика, ее проявления на всех уровнях живого организма, начиная с целостной системы организма и кончая его молекулярными структурами. Проявление биологической специфичности на молекулярном уровне является научно доказанным фактом и обязывает нас, сохраняя обычные качественные характеристики понятия «молекула», расширить их, связав с биологической активностью.

Итак, современные данные молекулярной биологии позволяют считать, что среди разнокачественных носителей химической формы движения наиболее существенными для появления жизни были молекулярные образования. Их закрепленная отбором¹⁷ устойчивость явилась основой дальнейшего прогресса организации материи по линии более сложных, биологических систем.

* *
*

В эволюции молекулярных образований проявилось действие общей для всех материальных систем закономерности: их организованность зависела прежде всего от степени их внутренней разнокачественности.

Тенденция к внутреннему многообразию молекул и тем самым к усложнению их организации осуществлялась противоречивым путем. Это противоречие состояло в том, что многообразие свойств системы возникает через единообразие, через упрощение ее элементов. На основе растущего униформизма элементов струк-

¹⁷ См. И. Ф. Петров. Новое в вопросе о происхождении жизни на Земле. «Вопросы философии», 1963, № 3.

туры как раз и возможен прежде всего рост упорядоченности, внутренней согласованности и тем самым организованности и устойчивости системы.

Регуляция согласованных действий, безусловно, эффективнее осуществляется между сходными элементами структуры. Поэтому живые организмы, как саморегулирующиеся системы, характеризуются широким распространением принципа «стандартизованных» элементов структур. Это подтверждается тем, что единой основой всех органов и тканей является клетка, что существует определенная повторяемость, метамерность различных морфологических частей организма, что, наконец, на молекулярном уровне в основе белков лежит всего лишь 20 различных аминокислот, а в основе нуклеиновых кислот — всего 4 разнокачественных нуклеотида¹⁸.

К единообразной, изоморфной основе многообразия биохимических структур химическая эволюция шла прежде всего через резкое сокращение числа активных участников химических превращений. Несмотря на то, что в химический процесс постепенно вовлекаются все химические элементы таблицы Менделеева, основными элементами абиогенных органических соединений становятся углерод, водород, азот и кислород. Выделяется ведущая группировка углерод — водород, которая занимает господствующее место в возникших абиогенным путем углеводородных соединениях. Углерод входит в состав приблизительно 500 000 известных природных соединений и является основным химическим элементом живых организмов. Эта уникальная роль углерода связана с его химическими свойствами и прежде всего со способностью атомов углерода образовывать прочные связи друг с другом, чем в основном и объясняется многочисленность его соединений.

На основании представлений атомной теории основной конфигурацией углерода является такая, при которой он способен к образованию лишь двух простых атомных связей¹⁹. Однако многочисленные опытные данные органической химии свидетельствуют о том, что чаще всего углерод образует соединения с четырьмя связями.

Как показывают расчеты, четырехвалентное состояние углерода, а также образование углерод-углеродной связи вполне энергетически выгодно²⁰.

Единственный из элементов второго периода периодической системы Менделеева, углерод проявляет максимальную валентность, равную четырем. Положение в центре периодической системы делает понятным отсутствие склонности у атома углерода к осуществлению ионных состояний. Предпочтительным для него является нейтральное состояние, в котором при образовании соединений с

¹⁸ См., напр., сб. «Химия природных соединений». Изд-во МГУ, 1962.

¹⁹ См. М. Г. Веселов. Элементарная квантовая теория атомов и молекул. М., Физматгиз, 1962, стр. 118.

²⁰ См. Л. Паулинг. Природа химической связи. М., Госхимиздат, 1946, стр. 79.

другими элементами углерод имеет заполненную октетную оболочку инертного газа, что вообще является критерием устойчивости возникающей связи. Более того, в этом состоянии он насыщен также и координационно, т. е. пространственно около атома углерода находится максимально возможное число групп²¹.

Ярко выраженная склонность атома углерода к образованию координационно насыщенных молекул и его способность к созданию «простых», «двойных» и «тройных» атомных связей и обуславливают практически неограниченную возможность его образовывать как углерод-углеродные цепи, так и цепи с включением других атомов.

Существование устойчивых цепей углерода, его повторяемость в химических структурах уже являются определенной гарантией повышения уровня их организации. Прочность связей между углеродом и водородом и способность каждого из них к образованию соединений почти со всеми химическими элементами обусловили господствующее место СН-группировок в абиогенных органических соединениях.

Одним из важнейших преимуществ «скуки однообразия» СН-группировок явилось создание полимерных цепочек из повторяющихся звеньев, характеризующихся очень высокими молекулярными весами и гибкостью цепи, что и обуславливает целый ряд свойств, отличных от низкомолекулярных соединений. Эволюционное значение появления таких громоздких молекул состояло в том, что именно эти молекулы позволили соединить в себе массу противоречивых свойств, обеспечивающих благодаря этому биологическую активность структуры. Так, например, в белке имеются кислотные и щелочные группы, гидрофильные и гидрофобные; молекулы белка в пространстве представляют собой совокупность как вытянутых участков полипептидной цепи, так и спиральных, и все это вместе имеет сложную трехмерную конфигурацию²².

Противоречивость высокомолекулярных соединений находит свое высшее проявление в противоречии устойчивости и лабильности, которой обладают эти структуры. Это явилось основой дальнейшего формирования нового типа приспособленности в природе — приспособленности через постоянные изменения, через «текущий» характер устойчивости. В этом отношении химические структуры полимеров уже как бы противоречили своей химической сущности. Для того чтобы сохранить качество химического соединения, необходимо уберечь его от внешнего взаимодействия. Понятия покоя и процессов в химии неживой природы еще относительно разъединены. Осуществление тенденции к устойчивости в собственно химических структурах прямо пропорционально их неучастию в процессах превращения. Однако идеальное неучастие в процессе невозможно,

²¹ См. Е. Мюллер. Новые воззрения в органической химии. М., ИЛ, 1960, стр. 41.

²² См. Д. Кендрью. Трехмерная структура глобулярных белков. Сб.: «Современные проблемы биофизики», т. 1. М., ИЛ, 1963, стр. 80.

значит невозможна полная идентичность химического вещества самому себе. Поэтому в химических структурах проявляется общее для всей материи единство устойчивости и изменчивости, покоя и процесса, это противоречивое единство лежит в основе химических превращений, в основе химической формы движения материи.

Возникновение полимеров, составленных из монотонно повторяющихся однотипных химических группировок, поднимает противоречие устойчивости и изменчивости на качественно новый уровень. Прибавление или отнятие некоторого количества мономеров не изменяет химических свойств полимера, и это создает относительную самостоятельность структуры по отношению к составляющим элементам. Вследствие этого неизмеримо повышается степень устойчивости структуры в смысле идентичности вещества самому себе, ее относительное безразличие к внешнему воздействию. До определенного предела функциональная значимость структуры сохраняется несмотря на то, что в составе ее элементов происходят подчас существенные количественные изменения. Можно привести замечательный пример сохранения свойств полимерной системы при изменении длины цепи в связи с проявлением биополимерами оптической активности. Наличие спиральной структуры в этих веществах вследствие ее асимметрии обуславливает возникновение особого «спирального» оптического вращения, не связанного с асимметрическими атомами углерода²³. Показано, что в органических растворителях спиральная конформация полипептидов может образовываться, когда длина цепи более шести остатков²⁴. При исследовании зависимости удельного оптического вращения полипептидов γ -метилового эфира *L*-глутаминовой кислоты от молекулярного веса оказалось, что вращение для полипептида из восьми остатков уже достигает величины, характерной для полипептида, составленного из ста остатков²⁵, т. е. увеличение длины цепи полипептида более чем в десять раз не влияет на величину оптического вращения.

Вместе с тем повышение устойчивости структуры полимера означает появление более высокой степени ее лабильности, изменчивости. Противоречивое соединение различных химических свойств и относительная самостоятельность структуры, несмотря на возможные различия количества и качества мономеров, делает химическое соединение лабильным в ответных реакциях на внешний реагент, более приспособленным к сохранению самого себя, несмотря на воздействие внешней среды. Эта приспособленность через процесс, через допущение весьма значительных изменений структуры без изменения, однако, ее существа характеризует постепенную эволю-

²³ См. К. Джерасси. Дисперсия оптического вращения. М., ИЛ, 1962, стр. 327.

²⁴ M. Idelson, E. R. Blout. *Infrared Spectroscopy and Kinetics of the Synthesis of Polypeptides*. «Journ. Amer. Chem. Soc.», 79, 3948 (1957).

²⁵ M. Goodman, E. E. Schmitt. *Conformational aspects of synthetic Polypeptides*. «Journ. Amer. Chem. Soc.», 82, 3483 (1960).

цию химических структур по направлению к биохимическим, является уже определенным выходом за пределы собственно химической формы движения материи.

Таким образом, химические системы в своем развитии приобретали все бóльшую сложность и внутреннее многообразие на основе использования простых и единообразных элементов своих структур. Для роста степени организованности и устойчивости системы существенное значение имело *качество составляющих элементов*, а не только упорядоченность и глубина связей между ними. Как раз упорядоченность связей возрастала по мере того, как в построении химической структуры участвовали все более однотипные, изоморфные элементы. Внутренняя сложность и многообразие системы, рост ее организованности осуществлялись противоречивым путем, как бы с возвратом к более простым формам организации составляющих систему элементов, что в конце концов приводило и к повышению устойчивости — основному критерию выживания в эволюционных процессах.

* * *

Охарактеризованные выше особенности организации структур делают понятной неизбежность (при определенных условиях) появления на Земле материальных систем более высокого порядка — систем живых организмов. Необходимые к тому условия заключались во всех особенностях развития Земли как планеты, подверженной воздействию солнечной и космической радиации, внутренним закономерностям изменения геологических процессов. И подобно тому, как материальная система Земли представляет собой весьма специфическую область проявления многих общих природных закономерностей, химические системы, входящие в состав геологической целостности, также обладали своей спецификой и развивались прежде всего соответственно своим внутренним характеристикам. Естественно, что эти характеристики могли и не проявиться в других условиях. Но даже в этом случае направленность реализации потенциальных возможностей химических структур зависела бы в значительной степени от них самих. Поэтому изучение и философское осмысление путей химической эволюции и особенностей химических систем имеет большое методологическое значение для конкретной разработки ядра диалектики, учения о решающей роли внутренних противоречий.

ПРОБЛЕМА РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННАЯ ХИМИЧЕСКАЯ АТОМИСТИКА

В XIX в. ломка прежних представлений о мире совпала с утверждением в химии идей атомного учения, учения о дискретном строении вещества. Поэтому проникновение диалектических идей в химическую науку происходило на базе атомизма, ставшего основным принципом теоретического мышления химиков. Достижения химии в исследовании дискретного строения вещества, способствуя утверждению и конкретизации идей атомизма, доставляли вместе с тем новый материал для раскрытия картины развития вещества, для обоснования принципа развития в природе.

Уже одно из первых крупных достижений химии в разработке и конкретизации атомного учения — естественнонаучное обоснование представлений о существовании наряду с атомами молекул как еще одного качественно своеобразного вида микрочастиц вещества — явилось большим вкладом в обоснование принципа развития. Вспомним хотя бы значение успехов химического синтеза на базе атомно-молекулярного учения, сыгравших исключительную роль в преодолении представлений о непроходимой пропасти между живой и неорганической природой, в обосновании представлений о развитии живой природы из неживой¹. Представление о «трехступенчатой» (атом—молекула—макротело) структурной организации вещества, утвердившееся на основе классического атомно-молекулярного учения, тоже содержало, хотя и не в очень отчетливой форме, идею усложнения, развития вещества, существования ряда уровней его структурной организации. Принцип развития содержался и в таких крупных обобщениях химии прошлого века, как периодический закон химических элементов Д. И. Менделеева, учение о гомологических рядах в органической химии. Явление гомологии в сущности отразило одно из ярких проявлений развития молекулярной формы вещества (как периодический закон — атомной формы).

¹ См. К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 79, 82—83, 353, 355—357, 512—513.

В современной химии принцип атомизма получил новые подтверждения, раскрылись новые его стороны и специфические черты. Прежде всего выявлено качественное многообразие химических частиц вещества. Группа открытых дискретных форм вещества пополнилась как в сторону частиц более мелких, чем атомы, так и в сторону частиц, более крупных, чем атомы и молекулы². Современная химия оперирует представлениями о реальном существовании таких химических частиц, как атомы, молекулы, ионы — простые и сложные, свободные радикалы, комплексы, макромолекулы, коллоидные частицы и т. д., не говоря уже об электронах, атомных ядрах и других физических субатомных микрочастицах. Обогащенные и конкретизация идей атомизма и в настоящее время идут рука об руку со все более отчетливым раскрытием и более глубоким обоснованием принципа развития вещества.

* *
*

Теперь, когда открыто и изучено множество субатомных и надмолекулярных дискретных форм вещества от «элементарных» частиц до «биомолекул», естественно, особенно остро встает вопрос об их взаимных связях, о месте химических частиц среди других. И надо сказать, что соотношение различных дискретных форм вещества все более ясно предстает не просто как независимое сосуществование разных структурных единиц материи, а как связь звеньев, уровней, ступеней исторической эволюции вещества.

В настоящее время, особенно на основе открытия субатомных частиц, исследований строения атомов, изучения космохимических и геохимических процессов, постепенно все более четко вырисовывается историческая картина возникновения и развития атомной формы вещества, картина эволюции химических элементов в природе. На основе этого глубже раскрывается философская, мировоззренческая значимость периодического закона Д. И. Менделеева как закона развития вещества. Хотя здесь еще много невыясненного, но осуществление на практике превращений атомов одного вида в атомы другого вида, другого химического элемента, а также синтез искусственных, не встречающихся на Земле элементов дают твердое научное обоснование самому принципу развития в этой области явлений.

Открытие частиц более мелких, чем атомы, прежде всего открытие электронов и изучение их роли в атомах и молекулах, позволило существенно конкретизировать и представления о генетических связях атомной и молекулярной форм вещества. Известно, что при всех различиях видов химической связи между атомами в мо-

² Подробнее об этом см. Б. М. Кедров. Атомное учение. «Философская энциклопедия», т. 1; Р. В. Гарковенко. Качественное многообразие химических частиц и некоторые методологические проблемы химии. «Вопросы философии», 1963, № 5.

лекуле общим для них является такое изменение электронной структуры молекулы по сравнению с распределением электронов в свободных атомных частицах, когда многие электроны (прежде всего с внешних слоев электронной оболочки) оказываются более или менее «обобществленными», принадлежащими одновременно двум или нескольким атомам (это имеет место даже в молекулах с ионными связями). Эта, как бы «цементирующая» молекулу, группа электронов наряду с атомными частицами (соответственно модифицированными в результате химического взаимодействия и «обобществления» электронов, но сохранившими атомный тип структуры — ядро, окруженное электронной оболочкой) сама выступает в роли специфического и относительно самостоятельного элемента структуры молекулы. В каждом конкретном случае состав и строение этой «цементирующей» группы своеобразны и далеко не всегда еще достаточно изучены.

Необходимо также отметить, что и в атоме электроны не выступают в роли совершенно самостоятельных индивидуальных единиц. Там они выступают опосредованно, как части более сложного образования — электронной оболочки, закономерности строения и существования которой накладывают свой отпечаток на поведение и возможности взаимодействий отдельных электронов. В частности, химические свойства возникают не у индивидуальных электронов, а только в атомах, только с появлением электронной оболочки. Электронная оболочка атома — это такой элемент его структуры, который не способен к самостоятельному независимому существованию вне атома (электроны же так существуют). Этот элемент атомной структуры генетически возникает и развивается вместе с ней. Это же относится и к группам «обобществленных» электронов в молекуле. Эти группы электронов, осуществляющих химическую связь, не способны к самостоятельному существованию вне молекулы, не существуют до возникновения молекул и химических связей.

Все это дает основание сделать вывод о том, что генетическую связь субатомных, атомных и молекулярных частиц нельзя представлять только лишь как последовательное укрупнение частиц, где одни, более мелкие, выступают в роли «строительных деталей», из которых складываются более крупные и более сложные частицы. Оказывается, в структуре нового целого (атома или молекулы) появляются вместе с ними и такие характерные элементы структуры, которые не предшествуют ему и, более того, не способны к самостоятельному существованию вне данного целого. В связи с этим яснее становятся и сам «внутренний механизм» возникновения нового качества при переходе от одного уровня частиц к другому. Качество нового целого (молекулы) именно потому и не сводится к сумме его частей (атомов, равно как ядер и электронов), что в новом целом в результате взаимодействия соединяющихся частей появляются и новые части, новые элементы структуры. Возникающая с образованием атомных частиц химическая фор-

ма движения по этой же причине (появление качественно новых элементов структуры и отношений внутри целого) не сводится к простой системе физических взаимодействий ядер и электронов.

Что касается генезиса молекулярной формы вещества, то здесь особенно много нового дало открытие макромолекул полимеров и исследование специфических особенностей этих частиц. Частицы полимерных веществ — макромолекулы — построены, как известно, по типу длинных (более или менее разветвленных) цепей, звеньями которых являются группы из химически связанных атомов. Число этих звеньев (одинаковых или разных, более или менее регулярно чередующихся) достигает десятков и сотен тысяч.

В структуре и свойствах макромолекул открыто столько специфического, что теперь уже есть все основания рассматривать эти частицы не просто как крупные, большие (или длинные) молекулы, а как своеобразный вид частиц, качественно отличных от молекул и обладающих особым типом структуры. Здесь «количество переходит в новое качество». Макромолекула отличается от молекул не только размерами и огромным числом составных частей (групп из химически связанных атомов — остатков молекул), но и особым типом, способом организации этих частей в пространстве макромолекулы: они связываются по принципу звеньев в цепи. Отсюда и особенности внешней формы, и гибкость макромолекул — способность в значительных пределах (от вытянутой нити до свернутого клубка) изменить свою форму. Можно перечислить и множество других особенностей, уже не укладывающихся в рамки свойств частиц молекулярного типа. Например, то, что у макромолекулы число химически связанных в ней атомов может уменьшаться или увеличиваться на сотни и тысячи единиц, а свойства ее при этом заметно не меняются. А у молекулы, как известно, изменение каждого атома сразу существенно отражается и на ее свойствах. Если кратко охарактеризовать специфику макромолекулярного типа частиц, то надо сказать, что она заключается в противоречивом сочетании свойств молекулы (как микрочастицы) и свойств макротела (как совокупности большого числа молекул).

В поведении, в свойствах макромолекулы исключительную роль приобретает способность отдельных ее частей, достаточно удаленных друг от друга, относительно самостоятельно участвовать в разных физико-химических процессах, не переставая быть при этом связанными воедино. Это проявляется и в том, что отдельные участки длинной макромолекулы относительно независимо друг от друга (как молекулы) участвуют в тепловом движении. Это проявляется и в особенностях растворения полимерных веществ, которое начинается с набухания. Последнее заключается в том, что макромолекула переходит в раствор по частям, но при этом она не разрывается, она сохраняется как целое. Причем число этих относительно самостоятельных частей, уподобляющихся отдельным молекулам, таково, что в поведении макромолекулы уже проявляются

статистические закономерности. Макромолекула в известной мере уподобляется макротелу, например капле жидкости³.

Макромолекулы полимеров можно рассматривать как закономерное продолжение, как высшие члены соответствующих гомологических рядов. Молекулы гомологов тоже строятся по принципу многократного повторения однотипных частей. В гомологических рядах при переходе от одного члена к другому (путем добавления соответствующей химической группы) каждый раз совершается скачок, например от молекулы метана — к молекуле этана. Но это скачки в рамках сохранения молекулярного структурного типа. По мере дальнейшего увеличения (удлинения) молекулярных частиц, когда эти качественные скачки становятся все менее и менее ощутимыми⁴, постепенно накапливаются условия для качественного скачка иного рода.

Этот скачок происходит тогда, когда число присоединенных частей (звеньев) увеличивается настолько, что становится возможным проявление статистических закономерностей. Тогда отдельные участки такой цепи, достаточно удаленные друг от друга (их часто называют сегментами), и начинают проявлять себя в разнообразных физико-химических процессах как относительно самостоятельные единицы (молекулы) в системе макромолекулы как целого.

По мере удлинения молекул накапливаются такие условия и отношения, которые вступают в конфликт с коренным качеством, с самой природой и структурой микрочастицы — молекулы, не укладываются в ее рамки, взрывают их «изнутри». Совершается имманентно подготовленная в ходе укрупнения, а главное — удлинения молекулы, ломка молекулярного типа структуры и превращение его в качественно новый — макромолекулярный, для которого характерны и появление нового элемента структуры (сегмента), и новый способ взаимоотношений части и целого. И здесь отчетливо проявляется тот факт, что само объединение исходных структурных единиц (в данном случае — молекул) приводит в образуемое ими целое новые структурные элементы (здесь — сегменты), приобретающие важное значение в структуре и специфических свойствах нового целого. Относительная самостоятельность отдельных частей, участков макромолекулы в разнообразных физико-химических процессах и обуславливает проявление характерной для макромолекул двойственности: сочетание в ее поведении свойств молекулы (как отдельной микрочастицы) и свойств макротела как статистической совокупности микрочастиц. Сочетание физико-химической лабильности частей с прочностью, устойчи-

³ См. В. А. Каргин, Г. Л. Слонимский. Краткие очерки по физико-химии полимеров. Изд-во МГУ, 1960, стр. 20. Работы этих советских ученых сыграли огромную роль в раскрытии двойственности природы макромолекул.

⁴ В ряду предельных углеводородов уже при 30—32 атомах углерода в молекуле различие становится мало заметным. Додекаконтон $C_{62}H_{126}$ практически уже невозможно отличать от соседей.

востью целого и определяет исключительную роль макромолекул в живой природе.

Исследование макромолекул полимеров углубило представления о генезисе молекулярных частиц и о развитии структурной основы перехода от химических структур к биологическим.

В этом отношении необычайно интересным оказалось и исследование коллоидных частиц (мицелл), представляющих, как известно, взвешенные в какой-либо нерастворяющей среде ультрамикроскопических (10^{-5} — 10^{-7} см) размеров кристаллики или капельки различных веществ, окруженные защитной оболочкой из ионов или молекул, препятствующей их слипанию при столкновениях. Эти частицы в тысячи раз более крупные, чем атомы и молекулы, тоже своеобразно сочетают свойства микрочастиц (молекул, ионов) и макротел. С микрочастицами их сближают молекулярно-кинетические свойства (броуновское движение), электрические свойства (способность, подобно ионам, перемещаться под действием электрического тока) и др. С макротелами — наличие поверхностных явлений, кристаллической или жидкостной структуры ядра. Поверхность ядра коллоидной частицы — поверхность раздела со средой, инактивной по отношению к веществу ядра, по существу выступает в роли особого элемента структуры коллоидной частицы, не свойственного, например, молекулам. В отдельных свойствах макротел (например, в адсорбции) этот слой тоже играет заметную роль, но в коллоидных частицах, где доля поверхностных микрочастиц как нигде велика, эта роль становится исключительной.

Нескомпенсированность межмолекулярных взаимодействий поверхностных молекул и ионов обуславливает характерные свойства коллоидных частиц и особенности их структуры (ядро, окруженное защитной оболочкой, как бы снимающей неуравновешенное состояние поверхностного слоя). Исследования коллоидных частиц и их роли в процессах жизнедеятельности показали, что в подготовке скачка от неживого к живому огромную роль сыграло не только появление физико-химической лабильности у крупных химических частиц, но и появление микрогетерогенности, возникновение у них физических поверхностей раздела и связанных с этим специфических поверхностных явлений и свойств.

Характерно, что макромолекулы ряда белков помимо специфики свойств макромолекул обладают и способностью проявлять свойства коллоидных частиц вследствие глобулизации (свертывания макромолекулы в плотный клубок) и образования физической поверхности раздела со средой.

Открытие и исследование новых типов химических частиц, более крупных, чем молекулы, — макромолекул и коллоидных частиц — выявило, таким образом, новые ступени и направления усложнения структурной организации вещества, которые подготовили почву для возникновения жизни, для перехода от химического движения к биологическому. Интересные концепции об иерархии структурных уровней в эволюции вещества от неживого к живому

развиты в работах Дж. Бернала, Ю. А. Жданова⁵ и др. Многие авторы подчеркивают, что возникновение индивидуальных частиц различной степени сложности — это одно из двух основных направлений развития вещества (второе направление — это образование макротел из тел или иных структурных единиц по принципу их бесконечного повторения)⁶. Что касается химических частиц, то здесь, видимо, можно выделить три основные ступени усложнения:

- 1) атомная;
- 2) молекулярная;
- 3) надмолекулярная.

Каждой из этих ступеней соответствует своя группа частиц. На атомной — это атомы, простые ионы. На молекулярной — молекулы, сложные ионы, свободные радикалы, комплексные частицы и т. д. К надмолекулярной нужно отнести коллоидные мицеллы, макромолекулы и разнообразные комплексы из них. У каждой из этих ступенек есть свои границы возможного усложнения и укрупнения частиц, свои границы сохранения свойственного им типа структуры. Известно, что чем крупнее, тяжелее атомы, тем менее они устойчивы. Молекулы, как мы видели, тоже не могут беспредельно расти, не «взламывая» допустимые рамки сохранения молекулярного типа структуры. На каждой из этих ступенек можно выделить и свои генетические связи, можно выделить и более мелкие этапы развития и усложнения. Но, каковы бы ни были детали этой картины, несомненным остается одно: современная химия, открыв и изучив множество дискретных форм вещества, убедительно показывает, что вещество в истории природы прошло ряд этапов усложнения и развития и что одним из важнейших моментов этого развития было образование новых и все более сложных (и крупных) частиц, выступающих как ступени, «узловые точки» этого развития. Возникновение нового типа частиц связано с возникновением новых составляющих, новых элементов структуры, новых видов отношений частей внутри целого. Современные знания о веществе дают все основания для исторического подхода к химической форме движения материи. Причем теперь правомерным стало рассматривать химическую форму движения не только как возникшую на определенном этапе эволюции природы (с появлением соединений атомных частиц), но и как прошедшую ряд этапов усложнения, подготовивших возникновение других, прежде всего биологической, форм движения.

Конкретизация принципа раз-

решения на основе достижений современного химического строения

⁵ См. Дж. Бернал. Градация возникновения жизни на Земле. М. О единстве химического строения

⁶ См. Ю. А. Жданов. Очерк химической школы, 1960, гл. 5; Р. Б. Очерк о проблеме об особенностях химической школы, 1963, № 5.

иц при биопозсе. Сб.: «Вопросы химии», 1957; Ю. А. Жданов. Ростовск. ун-та, 1961.

Вопросы химии. М., «Высшая школа», 1961.

Вопросы химии. М., «Высшая школа», 1961.

Вопросы фило-

и в раскрытии новых сторон в связях между микрочастицами и макротелами.

Хотя многие этапы эволюции вещества в природе далеко еще не выяснены, нет сомнений, что процессы образования макротел из рассеянных микрочастиц (например, предполагаемые процессы их конденсации при образовании небесных тел) занимают немаловажное место в истории природы и что многие процессы образования и развития микрочастиц происходят в макросистемах вещества. Так, со звездами связаны атомные частицы, с образованием планет — возникновение и усложнение молекулярных частиц.

Но надо отметить, что путь атом—молекула—макротело оказался лишь одним из частных случаев в усложнении и развитии структурной организации вещества (он наиболее типичен для органических веществ). Помимо него открыты такие пути, когда макротела образуются непосредственно из простых ионов (например, кристаллы поваренной соли) или когда в цепь атом—молекула—макротело вклиниваются и такие промежуточные между молекулами и макротелами ступени усложнения, как макромолекулы и образующиеся в них сложные структурные образования типа «пачек», сферолитов и т. д. Известно много таких примеров, когда все атомы какого-либо кристаллического (например, алмаз) или полимерного макротела химически связаны друг с другом подобно атомам в молекуле (это иногда рассматривается как основание для того, чтобы называть подобные макротела «гигантскими молекулами»). Теперь уже ясно, что химическое соединение атомов может быть и молекулярной частицей, и макротелом.

Исследования химического и электронного строения молекул и макротел тоже показывают наличие глубоких генетических связей между молекулами и макротелами.

Известно много случаев, когда электроны, осуществляющие химическую связь, делокализованы в поле нескольких атомов. Электронная группа связи, существующая в молекулах, в металлических макротелах по существу перерождается в так называемый «электронный газ», поскольку электронам там приходится двигаться в поле не двух или нескольких атомных частиц, а такого их огромного числа, что наступает полная делокализация этой группы. Металлическая связь, объединяющая ионы металла в макротеле, генетически родственна химической связи, как структура металлов — структуре молекулярных частиц.

В отношении конкретизации генетических связей между микро- и макроформами вещества особенный интерес представляют исследования таких надмолекулярных структур, как коллоидные частицы и макромолекулы. Существенно здесь то, что в особенностях этих частиц переплетаются, смыкаются воедино два основных отмеченных выше направления усложнения вещества: усложнение самих микрочастиц и образование макротел по принципу бесконечного повторения тех или иных структурных единиц (как индивидуальных микрочастиц вещества, так и таких единиц усложнения,

которые не способны к самостоятельному существованию вне данного целого). Коллоидные частицы и макромолекулы, каждое по-своему сочетая свойства микрочастиц и макротел, убедительно свидетельствуют о том, что нет абсолютных граней (но есть существенные качественные различия) между микро- и макроформами вещества, что сам по себе скачок от микро- к макроявлениям может происходить и в форме постепенного накопления элементов нового качества⁷. Для понимания внутреннего механизма самодвижения, саморазвития в природе необычайно важен и тот факт, что подобные переплетения, слияния различных путей развития вещества позволяют как бы закреплять, сохранять, включать в дальнейшую эволюцию результаты, достижения тех направлений, тех форм усложнения, которые сами по себе могут зайти в тупик, утратить внутренние возможности дальнейшего усложнения и развития.

На основе исследований коллоидных частиц принцип развития получил в химии еще одно важное подтверждение, касающееся уже усложнения макросистем вещества. В химии и в физике давно изучались разнообразные макросистемы смеси веществ (взвеси, растворы, природные соки и т. д.). Изучались они разрозненно, в отрыве друг от друга. И именно исследование коллоидных систем (тонких взвесей, «растворов», содержащих коллоидные частицы) впервые позволило представить такие макросистемы в единстве и взаимосвязи. Такие непохожие друг на друга системы, как растворы электролитов, почвы, сплавы, смеси газов, минералы, соки живых организмов, туманы, пены и т. д., предстали как внутренне взаимосвязанные явления, как ступени усложнения физико-химических макросистем (смесей) вещества. Одна из этих ступеней — макросистемы, где все образующие их частицы находятся в виде ионов, молекул (вернее, в виде атомных и молекулярных частиц). К ней относятся так называемые истинные (молекулярные, ионные) растворы. Это — гомогенные системы. Другая качественно своеобразная ступень макросистем — коллоидные системы. Здесь одни вещества тоже находятся в виде молекул или ионов, тогда как другие, смешанные с ними, находятся в виде более крупных коллоидных частиц, обладающих, как известно, поверхностью раздела с окружающей средой (отсюда и другое название этих систем — гетерогенные, а точнее — микрогетерогенные). И гомогенные и гетерогенные системы, объединенные общим названием «дисперсные системы» (в настоящее время этот термин чаще используется в более узком смысле, для обозначения лишь гетерогенных систем, обладающих развитой поверхностью раздела смешанных веществ), предстали благодаря успехам коллоидной химии как единый генетический ряд качественно своеобразных макросистем. В дальнейшем были выявлены особенности истинных растворов полимерных

⁷ Об этом же свидетельствует и существование таких дискретных образований, как двух- и трехмерные «сетки», построенные, как и макромолекулы и макротела, по принципу многократного повторения какого-либо структурного мотива. Например, плоские сетки из углеродных атомов в графите.

чайно перспективными материалами современной техники, но и потому, что они — очень важная ступень химической эволюции вещества, ключ к познанию тайн более сложных его форм — живой материи.

Преращение принципа развития в один из принципов естествонаучного теоретического мышления, происходящее большей частью стихийно, не является процессом простым и гладко идущим. Так, обнаруживаемая генетическая взаимосвязь и единство различных физико-химических явлений часто представляется в форме некоторого непрерывного ряда, различие между членами которого лишь количественное. Еще в начале XX в. один из русских химиков В. В. Курилов, развив интересные представления об «эволюционном принципе в химии», пытался представить различные виды вещества в виде непрерывной цепи от «первичной материи» (электронов) до живой плазмы»⁸.

В. В. Курилов очень верно подметил единство, генетическую связь различных форм вещества, которые обычно представлялись обособленными, оторванными друг от друга. Но, выявляя, подчеркивая эту связь, он на первый план выдвигает именно момент единства, родства, по существу оставляя в стороне момент качественных различий в этих взаимосвязанных явлениях. Аналогично немецким химиком Г. Штаудингером генетическая связь органических молекул, макромолекул и макротел была истолкована как «непрерывный ряд от метана до алмаза». А другой немецкий химик Вольфганг Оствальд (сын известного физико-химика Вильгельма Оствальда), характеризуя раскрытую благодаря исследованию коллоидов внутреннюю связь разнообразных макросистем вещества, подчеркивал, что «коллоиды представляют лишь из практических соображений отграниченную область непрерывного ряда различных дисперсных систем»⁹.

При таком одностороннем подходе, когда преувеличивается момент непрерывности, момент связи, сходства, единства тех или иных явлений, неизбежно игнорируются качественные различия, момент прерывности в этих отношениях, затушевывается и искажается действительное глубоко диалектическое содержание вскрытой общности и генетической взаимосвязи. Не удивительно, что авторы подобных обобщений не шли в них дальше проблем классификации и систематизации добытых фактов, обедняя, а нередко и искажая подлинное содержание и общее естественнонаучное значение выявленных закономерностей. При таком подходе само развитие, сам генезис рассматриваются как простое количественное изменение, как простое увеличение или уменьшение (например,

⁸ См. В. В. Курилов. Эволюционный принцип в химии (принцип непрерывного изменения интенсивности свойств вещества). «Журнал Русского физико-химического общества», ч. хим., 1908, т. 40, стр. 471; его же. Принцип интенсивности свойств вещества. Варшава, 1911; «О переходе от кристаллических к коллоидным телам». «Журнал Русского физико-химического общества», ч. хим., 1906, т. 38, стр. 820—849 и другие его работы.

⁹ В. Оствальд. Мир обобщенных величин. М.—Л., 1930, стр. 34.

числа химически связанных атомов, интенсивности свойств, размеров частиц и т. д.). «С „принципом развития” в XX веке (да и в конце XIX века) „согласны все”, — подчеркивал В. И. Ленин. — Да, но это поверхностное, непродуманное, случайное, филистерское „согласие” есть *того рода* согласие, которым душат и опошляют истину»¹⁰. Сказано резко, но очень точно подметил здесь В. И. Ленин, как за внешней диалектичностью подхода и суждений о развитии может незаметно протаскиваться старая метафизическая концепция, по существу искажающая его суть и действительную объективную связь явлений.

И до сих пор принцип развития, явно вытекающий из множества новых и новых фактов, нередко получает в химии довольно искаженное отражение, хотя именно химия необычайно много дала и дает для его естественнонаучного обоснования. Взять хотя бы химию полимеров. Теперь уже достаточно хорошо изучены специфические особенности макромолекул, их роль в развитии вещества, в переходе от неживой материи к живой. Уже есть все основания рассматривать макромолекулы как качественно своеобразный этап эволюции вещества. Но когда сопоставляют молекулы и макромолекулы, то чаще всего это представляется как отношение малых и больших молекул, т. е. различие их по существу представляется чисто количественным. Нередко их сопоставляют как «обычные» и «необычные» молекулы, причем последние объявляются чуть ли не аномалией, отклонением от «нормы». Подобное же явление имеет место и в попытках неправомерно широкого применения понятия молекулы, причем не только по отношению к микрочастицам, но и к макротелам (кристаллы, полимерные тела и др.). При этом тоже по существу стираются качественные различия между разнообразными дискретными формами вещества, между микрочастицами и макротелами.

Недооценка принципа развития или искажение его (обычно сопутствующие стихийному его применению) мешают осуществлению более глубоких и широких теоретических обобщений новых достижений химии, раскрытию их подлинного мировоззренческого и методологического значения, снижают и «работоспособность» получаемых выводов, их эвристические возможности.

Генетический метод, который играет важную роль в таких дочерних химических науках, как геохимия, биохимия, космохимия, в самой современной химии не получил еще достаточно отчетливого выражения. И здесь характерно, что проникновение его, происходящее с объективной необходимостью логики научного познания, часто очень завуалировано. Так, генетическим подходом пронизана по существу вся бурно развивающаяся в наше время химическая кинетика. Главная ее задача — раскрыть ход, развертывание, этапы химических процессов, изучить развитие этих процессов, их механизм.

¹⁰ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 229.

Завуалированность генетического подхода в химических исследованиях в известной мере обуславливается и тем, что для химиков одной из главных задач всегда было раскрытие внутреннего механизма процессов химических превращений, а принцип развития, изменения, перехода одного в другое, как нечто само собой разумеющееся, не требующее особых обоснований и доказательств, уже содержится в самой постановке задач исследования. Не удивительно поэтому, что именно выявление внутреннего механизма обусловленности свойств и превращений вещества особенностями его строения принесло столько ярких и убедительных фактов, которые не только подтверждают объективную значимость и всеобщность принципа развития, но и раскрывают все более богатую и конкретную научную картину исторической эволюции вещества в природе, картину его самодвижения и саморазвития. Структурный принцип (свойства вещества зависят не только от его состава, но и от строения), утвердившийся в химии на базе идей атомно-молекулярного учения и получивший особенно отчетливое выражение в бутлеровской теории химического строения, стал в современном учении о веществе одним из основных принципов научного мышления. И этот структурный принцип в теоретическом мышлении современных естествоиспытателей все более тесно связывается, соединяется с принципом развития, поскольку именно исследование генезиса различных форм вещества как генезиса структур позволяет понять и объяснить внутренний механизм и движущие силы превращения вещества, его развития в истории природы.

Но принцип развития для химии имеет не только мировоззренческое или методологическое значение. В свое время знаменитый химик М. Бертелло подчеркивал, что химия имеет громадное преимущество перед многими другими науками, поскольку свою генетическую классификацию объектов она реально воспроизводит путем синтеза.

Но химическая наука не только может воспроизводить реальный генезис вещества, но и сама становится все более мощным фактором его эволюции в природе. Она позволяет двигать историю вещества природы дальше, включив в этот процесс не только естественные действия химических частиц, но и силу человека, знающего законы этих взаимодействий и целесообразно управляющего ими. Производственная деятельность людей становится все более существенным фактором химической эволюции вещества в природе. Химизация, которая уже оказала огромное влияние на историю вещества нашей планеты, в настоящее время становится особенно стремительной по своим темпам и масштабам, поскольку она основывается на знании законов строения вещества, законов перехода от одного его вида к другому. При такой стремительности темпов и грандиозности масштабов преобразования вещества природы знание законов его эволюции, его развития становится насущно необходимой, практической потребностью.

О СООТНОШЕНИИ ХИМИЧЕСКОЙ И ОРГАНИЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ

До сих пор в теоретическом анализе эволюции действует консервативная по существу тенденция, резко ограничивающая сферу применения основных понятий биологической эволюции узким «моментом» возникновения жизни на Земле и более того — сферой биологической эволюции. Тем самым невольно разрывается единая нить эволюционного развития. Принцип эволюции оказывается обедненным отсутствием последовательно генетического подхода. Специфика закономерностей более высокоорганизованной формы движения неожиданно выступает препятствием к исследованию путей становления этой специфики. Поэтому философский анализ новой синтетической отрасли естествознания, исследующей становление и возникновение жизни, призван прежде всего обнаружить «жизненную силу» применяемых понятий, установить их конкретное содержание и специфику проявления в химической и органической эволюции. Именно критерий познавательной плодотворности того или иного понятия, на наш взгляд, объединяет естественнонаучный и философский подходы к его анализу.

Рассматривая связь химической и биологической эволюции, мы должны обратиться прежде всего к работам А. И. Опарина, Дж. Бернала, М. Кальвина и др., развивающим биохимический подход к проблеме химической эволюции. Основные идеи этого подхода состоят в определенной биологизации рассмотрения эволюции химических процессов и структур. Сфера развивающегося химизма, исследуемая под биохимическим углом зрения, без всякого искусственного биологизирования химических систем рассматривается как потенциальная биосфера. Такой подход дает возможность проследить с единой точки зрения становление того фундаментального биохимического механизма, который явился химической основой всего необъятного богатства биологической эволюции. Эволюционный процесс отбора определенных структур и систем химических процессов происходил за период времени, гораздо больший периода биологической эволюции (порядка двух миллиар-

дов лет). Его результатом было образование уникальных и единообразных структур, позволившее перенести развитие в новую сферу — сферу органической эволюции, и развить в ней колоссальное многообразие новых форм.

Необходимо отметить с самого начала, что биохимический подход к проблеме химической эволюции, рассматривающий ее прежде всего как процесс становления жизни (биопоз — по определению Н. Пири), является более плодотворным, чем чисто геохимический подход, стремящийся объяснить пути химической эволюции исключительно из геохимических условий на первичной поверхности Земли и ее атмосферы. Планетарный фактор химической эволюции имеет определяющее значение главным образом только для самых начальных этапов, когда еще не оформились такие системы и такие закономерности развития этих систем, которые носят уже не геохимический, а фактически биохимический характер¹. В ходе химической эволюции происходит сглаживание, унифицирование различий ее первоначальных путей. Если неопределенность геохимических данных о состоянии первичной атмосферы и поверхности Земли приводит к слишком большой неопределенности возможных путей эволюции химических форм вещества, то биохимический подход, напротив, вносит внутреннее единство в это возможное многообразие, стягивая его к центру — следующей, высшей форме структурно-динамической организации вещества — жизни. Здесь вспоминается известное высказывание К. Маркса: «Анатомия человека — ключ к анатомии обезьяны... намеки более высокого у низших видов животных могут быть поняты только в том случае, если само это более высокое уже известно»².

Биохимический подход к проблеме химической эволюции позволяет дать вместо отрывочных и порою противоречивых сведений физико-химической «палеонтографии» определенно целостную картину развития химического вещества по некоторым принципам, представляющим известное перенесение основных биологических принципов на предбиологическую сферу. В действительности такие понятия, как «эволюция» и «отбор», имеют сами по себе более широкий и всеобъемлющий смысл, чем это можно было бы предположить, исходя только из их чисто биологического значения. В ходе химической эволюции происходит биологическая конкретизация абстрактно-общего содержания понятий «эволюция» и «отбор». Определенные и явно развитые лишь в организме биохимические характеристики и закономерности, касающиеся прежде всего взаимодействий систем, возникают до их развитых носителей — организмов.

Таким образом, в известном смысле закономерность возникает раньше, чем объект, реализующий ее в развитом виде. Поэтому

¹ «Возникновение жизни на Земле». Тр. Международного симпозиума 19—24 августа 1957 г. М., Изд-во АН СССР, 1959, стр. 43.

² К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 12, стр. 731.

формирование и развитие объекта протекают под определяющим воздействием этих новых закономерностей в их столкновении с закономерностями той сферы, внутри которой рождается это новое.

Если действие естественного отбора в химической эволюции принимается многими исследователями, то понимается оно различным образом. Когда биохимическое строение организмов рассматривается *post factum*, то нельзя обойтись без выражения «отбор» как по отношению к сочетаниям реакций, так и по отношению к отдельным молекулам, включенным в целостность организма. Однако отдельные молекулы подчиняются общим эволюционным закономерностям не только в составе целостного организма, но и в составе предбиологических многомолекулярных систем с пониженной относительно организма целостностью. Согласно Опарину, важнейшая биологическая закономерность естественного отбора возникает до появления организмов. Он считает, что действие естественного отбора в химической эволюции строго ограничено той стадией, которая непосредственно предшествует жизни. Это стадия образования многомолекулярных систем, эволюция которых привела к возникновению живых систем.

Другие исследователи считают, что понятие естественного отбора применимо и к тем стадиям химической эволюции, когда еще не образовались сложные молекулярные системы, т. е. к отдельным молекулам. Эту точку зрения разделяют главным образом Н. Горюхи и М. Кальвин. Однако, расширяя применимость понятия отбора во времени, Кальвин суживает содержание этого понятия, сопоставляя отбор исключительно с автокаталитическим механизмом, действующим как фактор отбора отдельных молекул. Согласно М. Кальвину, механизм отбора в химической эволюции совпадает с усилением автокаталитических свойств отдельных молекул. Несомненно, что автокатализ, точно так же как принцип Хиншеллвуда, дает реальную схему отбора в химической эволюции. Принцип Хиншеллвуда определяет накопление того химического соединения, которое образуется в ряду сопряженных реакций с максимальной скоростью. Автокаталитические свойства приводят к накоплению соединения, способного ускорять свое собственное образование. Однако ни автокатализ, ни принцип Хиншеллвуда никоим образом не исчерпывают возможных механизмов отбора и являются скорее его простыми моделями, чем единственными проявлениями. Несомненно, что и автокатализ, и протекание процессов в согласии с принципом Хиншеллвуда отражают реальное течение химической эволюции на ее определенных стадиях и в определенной мере, однако их нельзя отождествлять с отбором как таковым. Точка зрения Опарина шире, оставляя больше места для поисков конкретных путей и механизмов отбора, чем точка зрения Кальвина, по существу отождествляющая отбор с автокатализом молекул. Однако, отрицая применимость понятия отбора на молекулярной стадии химической эволюции, Опарин, возможно, в некоторой

степени суживает применимость понятия отбора, понимаемого достаточно общим образом.

Отбор молекул — факт, доказанный специфическим молекулярным составом организмов, но как происходил этот отбор: в некоторых сложных системах (например, в комплексных коацерватах) или же непосредственно среди «голых» — изолированных — молекул? Нам кажется, что, задавая этот вопрос, нужно прежде всего точнее указать, о каких же именно молекулах идет речь. Если имеются в виду специфические по структуре полимеры, то вряд ли их образование возможно без систем, без некоторого, пусть еще недостаточно развитого единства структуры и функции. Если же речь идет об относительно простых мономерных молекулах, то, по-видимому, их отбор не требует таких весьма организованных и пространственно ограниченных систем с определенными намеками на некоторую внутреннюю структуру.

Разумеется, сказанное подразумевает отказ от концепции случайного образования высокоспецифических полимерных молекул, являющихся центральными в молекулярном составе организма, такого случайного образования, которое в качестве счастливого «катаклизма» устраняет всякую потребность в направленном эволюционном процессе. Мы считаем, что отбор действует на всех стадиях химической эволюции. Однако на заключительной стадии комплексных многомолекулярных систем резко изменяются механизмы отбора. Таким образом, само содержание процесса отбора в химической эволюции развивается в направлении усиления его биологической специфики. Имея в виду концепцию Кальвина и подобные ей, нужно сказать, что отбор в химической эволюции в конце концов идет не по какому-либо одностороннему изолированному признаку или свойству, как, например, автокатализ. Отбор в химической эволюции идет в направлении конкретизации, т. е. в направлении нарастания многообразия характеристик систем в определенном и тоже нарастающем единстве.

На наш взгляд, основным определением направленности процесса химической эволюции является конкретизация форм устойчивости эволюционирующих систем. Именно перелом в формах устойчивости характеризует переход от химизма к организму. Теория Опарина рассматривает как раз этот перелом и дает обоснованную его картину, изображая конкретизацию устойчивости как ее динамизацию в повышено динамических условиях внешней среды. Динамизация означает органическое сопряжение устойчивости с изменчивостью в некотором структурном единстве, характеризующемся определенным постоянством изменения. Поэтому динамизация устойчивости, как воплощение тождества противоположных определений, есть вместе с тем конкретизация устойчивости. Отбор по динамизму устойчивости и по динамичности всей системы, подробно анализируемый Опариным в рамках коацерватной гипотезы, является, таким образом, отбором конкретной устойчивости эволюционирующей системы. Опарин не принижает значения

специфической молекулярности живого и прежде всего выдающейся роли нуклеиновых кислот, но он вместе с Берналом в основе жизни и ее становления видит не отдельные молекулы, сколь бы велико ни было их значение, а системность процессов, целостность всей структурно-динамической организации, реализующей единство динамизма и структурности. Становление единства динамизма и структурности в ходе химической эволюции предбиологических систем позволяет выявить определение направленности всей химической эволюции. Это определение органически входит во всеобщий критерий нарастания конкретности, характерного для процесса развития вообще. Действительно, содержанием рассматриваемого определения является как раз соединение различных и противоположных определений: структуры и функции, строения и динамики. Значение всеобщего критерия — конкретности — в том и состоит, что он позволяет свести воедино различные определения эволюционной направленности химизма. Чисто физико-химические принципы, применяемые для объяснения направленности химической эволюции — принципы Хиншелвуда и Пригожина, раскрывают физико-химическую природу динамизации устойчивости открытых взаимодействующих систем. Принцип Хиншелвуда касается просто динамизма как критерия отбора систем и процессов в эволюционирующих образованиях. Принцип Пригожина определяет направленность самопроизвольного протекания необратимых физико-химических процессов в открытых системах вблизи равновесного состояния постоянством минимального прироста энтропии. Это определение касается не динамичности вообще, а именно динамизма устойчивости. Принцип Пригожина является обобщением классического принципа устойчивости Ле-Шателье—Брауна.

Единство строения и динамики, структуры и функции отрабатывается в ходе всей химической эволюции, достигая своей высшей степени в организме. Необходимо отметить, что понятие «функция» применимо к отдельным молекулам весьма условно (как и в случае понятия «отбор», как это было только что рассмотрено).

По отношению к химическому веществу можно с уверенностью говорить лишь о структуре и свойстве, но не о структуре и функции. Отношение функции предполагает более высокий уровень целостности, чем уровень собственно химической — молекулярной — целостности. Функциональные группировки молекул вне многомолекулярных систем не приводят к возникновению отношения функции, а только составляют его необходимую предпосылку, реализующуюся в переходных многомолекулярных системах. Таким образом, условность применения понятия функции к молекулам падает в ходе химической эволюции, приводящей к образованию сложных систем с определенным внутренним порядком процессов.

В таких «субвитальных» (Дж. Холдейн) образованиях понятие функции несет уже полную нагрузку. И если функции здесь еще

не полностью совпадают со структурностью этих систем, то это несовпадение постепенно устраняется эволюционным процессом. Отбор шлифует это единство сначала грубым образом, а затем все более тонким. Рассматривая процесс биопоэза в сложных комплексных коацерватных системах в условиях непрерывности внешнего и внутреннего взаимодействия, Опарин отмечает, что первоначально в таких системах «реакция и структура существуют как бы независимо друг от друга. Но в процессе возникновения и развития жизни эти две стороны организации обязательно должны были сочетаться между собой»³.

Это значит, что в процессе химической эволюции происходит развитие этого единства, постепенное согласование функции и структуры, происходящее благодаря их взаимному развитию в условиях непрерывного взаимодействия и отбора на динамизм устойчивости. Уже органические полимеры и в особенности их развитые стереоспецифические и высокоактивные в каталитическом отношении формы представляют собой ярко выраженную и достаточно высокую в сфере химизма степень развития указанного единства. Таким образом, развитие единства структуры и функции еще раз обнаруживает всеобщий критерий эволюционного процесса, а именно — диалектическое усложнение структур, нарастание конкретности. Это обстоятельство представляет большой интерес для понимания сущности развития природы как процесса раскрытия, развертывания диалектического характера материальных систем.

Принцип постепенной конкретизации предбиологических систем лежит в основе взглядов многих естествоиспытателей, занимающихся проблемой химической эволюции. Так, например, Кальвин исходит из следующего понимания жизни: «Жизнь характеризуется многими признаками, почти каждый из которых мы можем воспроизвести в неживой системе. Только в том случае, когда все они в большей или меньшей степени проявляются одновременно в одной и той же системе, она приобретает свойства живой»⁴. Такое понимание жизни приводит к представлению о биопоэзе как о постепенном сращивании воедино всех порознь не специфических для жизни свойств. Этот постепенный синтез различных свойств в одной, качественно новой, системе и выражает существо химической эволюции, ее направленность как биопоэза. Поэтому химическая эволюция рассматривается Кальвином по сути дела как конкретизация химических форм, как конкретизация всей структурно-динамической организации в ее биологическую форму. Такой же вывод мы должны сделать, рассматривая работы Дж. Бернала. Касаясь вопроса о характере отбираемых химических элементов для по-

³ А. И. Опарин. Жизнь, ее природа, происхождение и развитие. М., Изд-во АН СССР, 1960, стр. 102; «Возникновение жизни на Земле», стр. 345.

⁴ М. Кальвин. Химическая эволюция и происхождение жизни. «Возникновение жизни на Земле». Сб. докладов на Международном совещании в августе 1957 г. М., Изд-во АН СССР, 1957, стр. 342.

строения живого вещества, Бернал подчеркивает, что именно «лабильные атомы серы, фосфора и железа, которые претерпевают очень большие превращения в неорганическом мире, имеют основное значение в биохимии, в то время как стабильные атомы, такие, как кремний, алюминий или натрий, составляющие несравненно большую часть земной коры, играют второстепенную роль или отсутствуют вовсе»⁵.

Отбор химических связей, а следовательно, и химических элементов осуществлялся не по одной лишь устойчивости, но и по лабильности в ее сочетании с определенной устойчивостью. Иными словами, отбор происходил по конкретности форм устойчивости, развиваемых в ходе эволюции различными химическими элементами в специфических геохимических условиях первичной Земли. Этот отбор указывает на формирование качественно нового типа устойчивости — динамической устойчивости, формирование которой в ходе химической эволюции, в особенности на ее заключительных стадиях, и привело к возникновению жизни.

Таким образом, путь химической эволюции в отношении изменения форм устойчивости был путем конкретизации этих форм.

В связи с этим обратим внимание только на одну, хотя и очень важную, стадию в химической эволюции — возникновение органических полимеров. Бернал оценивает возникновение полимеров как первый существенный качественный перелом в ходе химической эволюции, освобождающий ее от тесной связи и зависимости от минеральной формы вещества. Рассмотрим кратко два основных момента полимерной организации вещества: во-первых, характер структуры — статику полимеров, а во-вторых, характер сил, действующих в полимерах, их динамику.

Структура полимеров, обладающих цепочечным строением, соединяет в себе два различных определения агрегатного состояния вещества — жидкого и твердого. Эта структура реализует качественно новое состояние вещества — высокоэластичное состояние. Полимерное тело, представляя собой как бы кристалл вдоль направления основных связей и жидкость поперек этого направления, ярко выражает тем самым конкретность своей структуры.

Структурное своеобразие полимеров тесно связано с их динамическим своеобразием. Полимерность как внешне лишь чисто количественный фактор вносит качественное изменение в динамику молекул. Это изменение состоит в том, что необыкновенно возрастает роль межмолекулярных взаимодействий. Суммируясь вдоль полимерной молекулы, слабые сами по себе силы межмолекулярного взаимодействия достигают величин, достаточно больших для образования новых форм структурно-динамической организации, недоступных мономерным молекулам. Так, например, силы, приводящие к глобулярному закручиванию белковых молекул, достигают

⁵ «Возникновение жизни на Земле». Тр. Международного симпозиума, стр. 113.

500—600 ккал/моль⁶, а обычное межмолекулярное взаимодействие мономерных молекул достигает в лучшем случае примерно 10 ккал/моль. Таким образом, полимерная форма обретает в межмолекулярных слабых силах более совершенную, более конкретную форму своего динамизма: лабильность межмолекулярных связей соединена с устойчивостью, созданной условиями макромолекулы полимера. Отсюда делается понятным значение полимеров для динамизации форм устойчивости систем и, следовательно, значение их в химической эволюции как биопоэзе.

Однако одного фактора полимерности недостаточно для развития высоких форм динамической устойчивости и, следовательно, соответствующих структурно-динамических организаций. Необходимым условием роста динамизма устойчивости, дальнейшей прогрессивной эволюции химических систем является определенная согласованность взаимодействующих структур, молекул. Эта согласованность очень ярко проявляется в принципе комплементарности структур, например, в структуре нуклеиновых кислот. Комплементарность строения ДНК является основным условием механизма репликации ДНК, позволяя осуществлять процесс физико-химического считывания последовательности нуклеотидов благодаря тому, что аденин может связываться водородными связями только с тиминном, а гуанин — только с цитозином. Комплементарность РНК является необходимым условием механизма биосинтеза белка, обеспечивая корреляцию между последовательностью нуклеотидов в нуклеиновой кислоте и аминокислот в белке. Внутренняя организация структур, их высокая специфичность, взаимосогласованность и создают основное условие (после полимерности как таковой) для развития значения слабых межмолекулярных сил в динамике сложных многомолекулярных систем. Динамизм лабильных связей, обогащенный устойчивостью благодаря полимерности и взаимосогласованности структур, является конкретным динамизмом и характеризует химическую эволюцию на ее высших стадиях.

Итак, мы можем резюмировать, что роль слабых сил необычайно возрастает, во-первых, благодаря уже просто полимерности структур молекул, а, во-вторых, в гораздо большей степени благодаря организации полимерных структур, их специфического взаимосогласования. Эти условия приводят к динамизации устойчивости химических систем в ходе химической эволюции. Из сказанного ясна роль полимеров в жизнедеятельности организмов, представляющих собой высшую, относительно химизма, форму структурно-динамической организации с ярко выраженным динамизмом устойчивости. Значение полимеров для развития динамической устойчивости в ходе биопоэза отмечают Бернал, Жданов⁷ и другие исследователи. Значение полимеров в химической эволюции конкрети-

⁶ См. А. Г. Пасынский. Взаимодействие белков с неэлектролитами и органическими электролитами. «Совещание по белку». М., Изд-во АН СССР, 1948.

⁷ См. Ю. А. Жданов. О единстве химического строения и динамики. Изд-во Ростовск. ун-та, 1961, стр. 22.

зирует рассмотренное выше представление Кальвина о химической эволюции как процессе постепенного раскрытия, развития систем с изолированными свойствами в единую динамическую структурно-динамическую систему, обладающую всеми этими свойствами сразу и на высшем уровне.

Но конкретизация в ходе химической эволюции уже чисто теоретически немыслима без обратной тенденции, опосредствующей ее — без абстрагирования в его предметном значении. Если Кальвин подчеркивает в химической эволюции значение процесса синтеза, «сборки», соединения, то Пири, напротив, подчеркивает значение процесса, потери определенных свойств — анализа. Поэтому он ссылается на теорию Львова, основной идеей которого является принцип «обратной эволюции»⁸ как основы наблюдаемой эволюции через потерю элементов в некотором первоначальном «сверхорганизме»⁹. Взгляды Пири на химическую эволюцию состоят прежде всего в выделении роли сужения исходного химического многообразия в процессе эволюции. Пири дает наглядную схему связи биологической и химической эволюций, изображая химическую эволюцию как последовательное сужение многообразия химических элементов, участвующих в активно эволюционирующих системах (фазы биохимического отбора). Эволюционирующие системы — зобонты (по Пири), проходя эти фазы в ходе отбора, формируют в конце концов оптимальный биохимический стандарт, с появлением которого эволюция переходит в совершенно новый — морфологический — план биологической формы движения.

Это ограничение многообразия химических элементов представляет собой поиск, отбор в процессе взаимодействия систем наиболее богатых по своим эволюционным возможностям элементов, наиболее близко подходящих к осуществлению динамических форм устойчивости и динамизации систем вообще. Как мы уже отмечали, такие важные в биологическом отношении элементы, как S, P, Fe и др., отбираются в ходе химической эволюции потому, что они выделяются конкретным характером организации, сочетанием лабильности и устойчивости, что делает их буквально незаменимыми в условиях динамической устойчивости предживых и живых систем.

Таким образом, ограничение многообразия химических элементов в ходе химической эволюции как процесс вычленения, т. е. как своего рода абстрагирование, есть по существу процесс необходимой подготовки на этой «узкой» основе развития самого широкого многообразия качественно новых форм и более высокой ступени организации. Именно такое абстрагирование является плодотворным и в теоретическом мышлении. Речь идет о так называемой «клеточке» познания определенной области действительности, ис-

⁸ «Возникновение жизни на Земле». Тр. Международного симпозиума, стр. 84.

⁹ См. И. Б. Збарский. Молекулярные механизмы регуляции, белков и проблема развития. «Вопросы философии», 1963, № 9, стр. 60.

ходя из которой логически можно воссоздать исторически развившуюся целостность. Мы специально упомянули об этом, чтобы еще раз подчеркнуть, что содержание таких диалектических категорий, как «абстрактное» и «конкретное», имеет как гносеологическое, так и онтологическое значение.

Рассмотрение отбора как конкретизации устойчивости эволюционирующих систем приводит нас к выражению эволюции в виде своеобразного ритма, пульсирующего этапами последовательных «расширений» и «сужений» классов структур, связанных генетически. Категории конкретного и абстрактного могут быть использованы для фиксации глубокого «дыхания» эволюции. Этот ритм в общем не зависит от длины взятого для рассмотрения участка эволюции. Так, мы видим, что из большого многообразия элементарных частиц на построение нового типа организации — атома — «пошли» только нейтроны, протоны и электроны. Из огромного разнообразия атомов химических элементов в построении живого вещества участвуют только немногие элементы — всего лишь 18, считая микроэлементы. Из огромного многообразия полимерных структур выбраны также немногие для образования биополимеров. Известно более 100 аминокислот, но лишь 20 из них участвуют в построении белка. Можно привести немало примеров, показывающих ограничение многообразия в ходе эволюции в качестве необходимого этапа для создания более высокого уровня многообразия. С помощью этого ритма с углубляющейся «амплитудой» раскрывается спиралевидный характер развития, восхождение к конкретности как диалектически противоречивый процесс.

В заключение мы хотим еще раз отметить значение биохимического подхода для воссоздания целостной теоретической картины химической эволюции, позволяющей глубже понять высшие возможности и внутреннюю природу развивающегося химизма. С другой стороны, анализ соотношения биохимической и органической эволюции много дает для понимания самой жизни. С помощью таких понятий, как «отбор», «эволюция», используя при этом собственно философские категории развития, можно плодотворно исследовать проблему возникновения биологических структур на вершинах химической эволюции и тем самым более глубоко понять специфичность биологической формы движения материи.

Е. Е. БИЛЕЦКИЙ

ПРОБЛЕМА РАЗВИТИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА И СОВРЕМЕННАЯ БИОЛОГИЯ

Органический мир представляет собой ту область действительности, где с наибольшей полнотой и яркостью обнаруживается бесконечно многогранный, сложный и чрезвычайно противоречивый процесс развития.

Современная биология, как и прежде, доставляет огромный фактический материал для дальнейшей разработки и углубления проблемы развития. С другой стороны, диалектико-материалистическая концепция развития призвана оказать помощь современной биологии в рассмотрении и обобщении специфических особенностей процессов развития, происходящих в живой природе.

Биологическая наука XIX в. раскрыла основные закономерности эволюции органического мира, выявила некоторые особенности индивидуального развития организмов и общие закономерности связи организма и среды и т. д. Опираясь по преимуществу на описательные методы изучения природы, биологи прошлого сумели установить закономерности, во многих отношениях удивительные по своей глубине и значимости для понимания развития живой природы, хотя им и не удавалось проникнуть в самую суть тех материальных процессов, которые лежат в основе жизни.

Современная биология шагнула именно в эту, неведомую ранее, область элементарных процессов жизни. Передовым рубежом современной биологии являются такие ее отрасли, как биохимия и связанная с ней биофизика, молекулярная биология, современная генетика и некоторые другие. За последние десятилетия интерес многих биологов прикован к этим разделам биологии, и здесь накоплен огромный материал, получены важные практические результаты и выдвинуты глубокие теоретические соображения.

Для решения проблемы развития очень важное и принципиальное значение имеет вопрос об уровнях организации живого. По существу эта проблема возникла в связи с исследованием элементарных жизненных процессов. Закономерности элементарных процессов жизни, раскрытые биохимией, молекулярной биологией,

Вот что, например, по этому поводу пишет акад. Н. П. Дубинин, касаясь вопросов современной генетики: «Громадное значение для всей проблемы наследственности имеет тот факт, что при наличии глубоких генетических и цитологических знаний о хромосомах как о материальном субстрате наследственности оказался также возможным анализ молекулярной и атомной природы важнейших веществ, входящих в состав генетического материала. В результате в настоящее время нам много известно, с одной стороны, о морфологии и химическом составе хромосом и, с другой, — об их молекулярной природе. Одна из главных задач современности состоит в необходимости заполнить брешь между этими знаниями и показать, как особенности молекулярного строения претворяются в клеточные биологические структуры»⁴.

Сформулированная здесь проблема имеет чрезвычайно важное значение не только для современной генетики, но и для всей биологии в целом. Решение именно этой проблемы должно расширить и углубить наше понимание общих законов развития органического мира, а в связи с этим определить ведущие звенья и главные направления развития современной биологии, вскрыть новые огромные возможности и средства практического воздействия и управления развитием организмов.

* *
*

Биохимия, биофизика, молекулярная биология, генетика, цитология и др. являются теперь ведущими разделами современной биологии и разработке проблем этих наук посвящено большинство исследований. Открытие структуры ДНК и механизма биосинтеза белка сравнивается с открытиями Эйнштейна.

Но какое место занимает эта огромная область элементарных процессов жизни и какую роль играет она в жизнедеятельности и развитии целостного организма в его взаимодействии со средой, в системе факторов и общих законов эволюции органического мира в целом?

Этот важный теоретический вопрос настоятельно выдвигается сейчас самым ходом развития современной биологии и широко обсуждается в научной литературе.

Некоторые ученые в прямой или несколько завуалированной форме склоняются к той точке зрения, что теперь движущие силы и определяющие механизмы развития органического мира надо искать не во взаимодействии организма и среды (из чего исходила биологическая наука о прошлом), а более глубоко, во взаимодействиях элементарных процессов молекулярного уровня. В своей совокупности эти процессы составляют целостную и сложную систему органического обмена веществ, лежащую в основе всех про-

⁴ Н. П. Дубинин. Методы физики, химии, математики в изучении проблем наследственности. «Вопросы философии», 1957, № 6, стр. 150.

явлений жизни⁵. Ссылаясь на то, что никакие процессы жизнедеятельности не могут осуществляться иначе как посредством актов элементарных взаимодействий и в живых телах нет решительно ничего, кроме совокупности молекул, атомов и актов взаимодействия между ними, сторонники этой точки зрения утверждают, что именно здесь и нужно искать ключ к пониманию движущих причин и закономерностей развития организмов. Вместе с тем подчеркивается, что эти закономерности вскрываются строго научными методами и имеют гораздо большую доказательную силу, чем неточные, чисто описательные методы и основанные на них теоретические выводы биологической науки прошлых лет.

Эта точка зрения в определенном смысле имеет и логическую убедительность и некоторую фактическую обоснованность, если учесть все то, что теперь уже достоверно известно современной биологической науке о роли нуклеиновых кислот и их структур, о механизме биосинтеза белков и их ферментативной функции в общем обмене веществ. Очевидно, имеются некоторые основания для дальнейшей разработки этой точки зрения, однако необходимо строго учитывать область применимости теоретических выводов, ибо в целом эта точка зрения имеет и слабые стороны, которые вызывают серьезные возражения.

Акад. В. А. Энгельгардт в статье «Специфичность биологического обмена веществ»⁶ приводит интересный материал, который позволяет, на наш взгляд, высказать некоторые соображения относительно места и роли элементарных процессов молекулярного уровня в общем процессе развития органических форм.

Характеризуя общие свойства и атрибуты жизни, В. А. Энгельгардт выделяет из них два наиболее важных, по его мнению, к которым относит, во-первых, специфичность химического состава живых объектов и, во-вторых, своеобразие химических превращений — специфику обмена веществ.

Рост, размножение, воспроизведение себе подобных, подвижность, возбудимость, способность реагировать на изменения внешней среды — все эти свойства живого, как подчеркивает автор, в конечном счете неразрывно связаны с определенными химическими превращениями, без которых ни одно из этих проявлений жизнедеятельности не могло бы осуществиться.

Что же характерно для этой фундаментальной основы жизни — для биологического обмена веществ?

В. А. Энгельгардт выделяет следующие моменты специфики обмена веществ:

а) Одной из чрезвычайно характерных, типичных и специфических черт обмена веществ является то, что на всем протяжении развития органического мира — от бактерий до самой высоко дифференцированной ткани высшего организма — мы встречаемся с

⁵ См., напр., И. Б. Збарский. Молекулярный механизм биосинтеза белков и проблема развития. Сб. «О сущности жизни». М., «Наука», 1964.

⁶ Сб. «О сущности жизни».

биохимическими реакциями, не только внешне сходными, например, по конечным результатам, но абсолютно тождественными во всех деталях многоступенчатых механизмов, последовательности одних и тех же реакций.

«И в микробе, и в листе растения, и в мозговой клетке человека абсолютно тождественным путем совершается, например, процесс анаэробного распада сахара, брожение или гликолиз»⁷.

Далее приводится еще один пример тождественности биохимических механизмов клеточного дыхания. Раз возникнув, эти механизмы сохраняются на всем протяжении миллионы лет происходящего эволюционного процесса. «Через всю бесконечную цепь глубочайших изменений (от одноклеточного организма до человека), — подчеркивает акад. В. А. Энгельгардт, — коренные, фундаментальные процессы обмена веществ пронесены живым миром в их единой, неизменяемой форме»⁸.

б) Характерной чертой биологического обмена веществ является стабильность не только отдельных звеньев в химических превращениях веществ, но и сохранение на всем пути эволюции живой природы тождественных сложных циклических способов осуществления некоторых коренных процессов метаболизма.

«Именно этот принцип циклического протекания ряда важнейших превращений, — подчеркивает автор, — является одной из главных черт специфики реакций обмена веществ»⁹.

в) Характерной чертой обмена веществ является наличие и сохранение на протяжении всей эволюции органического мира явлений саморегулирования при протекании целого ряда биохимических превращений, в том числе таких, которые являются ключевыми, ведущими в общем комплексе метаболических процессов.

Далее приводится фактический материал, показывающий наличие в сложной системе биохимических превращений обмена веществ устойчивых и стабильных механизмов обратной связи, механизмов авторегулирования и самонастройки в метаболических системах и т. д.

О чем говорят все эти факты? Какие выводы напрашиваются относительно материальных основ развития органического мира?

Если исходить из указанной выше точки зрения, рассматривающей область элементарных физико-химических взаимодействий в организме как ту фундаментальную первооснову, где закладываются и возникают движущие силы всего последующего, бесконечно многообразного развития органического мира, то возникает довольно парадоксальная картина. На самом деле, в фундаменте жизни — в биологических превращениях обмена веществ — наука все в большей степени обнаруживает устойчивость, стабильность,

⁷ В. А. Энгельгардт. Специфичность биологического обмена веществ. Сб.: «О сущности жизни», стр. 40.

⁸ Там же.

⁹ Там же, стр. 40—41.

неизменяемость, по крайней мере в основных звеньях этих превращений, в механизмах их реализации, в то время как на высших уровнях организации жизни имеет место бесконечная лабильность, дифференцированность, изменяемость на путях общего развития жизненных процессов и органических форм. И здесь довольно трудно представить себе, каким же образом стабильная и неизменяемая основа может служить причиной (или порождать причины) столь глубокой дифференциации и многогранного развития специализированных клеток, тканей, органов, форм организмов, особей, видов, популяций и т. д.

Учитывая эту трудность, нам кажется, что здесь следует определить несколько иное общее понимание места и роли процессов элементарных химических взаимодействий в историческом развитии органического мира.

Основу развития органического мира и его закономерностей, очевидно, следует искать (и это общепризнано) не просто в совокупности физико-химических превращений, а в строгой и стройной слаженности и сопряженности их, что образует сложную структурную целостность, тот уровень физико-химической организации объекта, на котором у него возникает качественно новая совокупность свойств (свойства живого), не присущая входящим в него элементам, и качественно новый тип взаимодействия со средой.

В живой системе тысячи химических процессов, протекая согласованным образом, поддерживают и воссоздают не только сложные химические компоненты, но и специфическую структуру живого. Каждое звено биохимического превращения или цикл этих превращений в общем процессе метаболизма сами по себе являются чисто химическими реакциями, подчиняющимися законам химии, и ничему более. Единственной отличительной чертой этих химических реакций является то, что, будучи не обособленными реакциями, а включенными в общую систему метаболизма, они ограничены потребностями этой целостной системы по своему объему, направленности, темпам и размерам получаемого продукта. А эти ограничивающие ход биохимических превращений потребности в свою очередь определяются функционированием тех качественно новых свойств, которые возникли на основе целостной структурной организации объекта (организма) и качественно новым типом его взаимодействия со средой.

Таким образом, физико-химические превращения представляют собой механизмы, через которые реализуются биологические функции организма. Без этих механизмов биологические функции не осуществимы. Физико-химические превращения подчинены реализации биологических функций. Сами же эти биологические функции определяются качественно новым типом материального взаимодействия — биологическим взаимодействием целостного организма со средой в самом широком смысле слова. Специалисты подчеркивают, что вся сложность саморегуляции системы биохимических превращений в организме связана не столько с поддержанием

определенных стационарных состояний, сколько с наивыгоднейшим применением живой системы к меняющимся обстоятельствам внешней среды.

Именно на этом и только на этом уровне организации жизни — в процессе качественно нового типа взаимодействия организма со средой — возникают и складываются те закономерности, которые определяют содержание процесса развития целостного организма и органического мира в целом.

Итак, самое общее соотношение между элементарными жизненными процессами молекулярного уровня и процессами жизнедеятельности в последующих звеньях организации живого на общем пути развития органического мира может быть представлено примерно в следующем виде: в ходе развития процессов химической формы движения материи и на основе ее закономерностей возникают сложные высокоорганизованные структурные образования, которые обнаруживают в своей целостности качественно новые свойства — свойства живого. Строго организованная и динамичная система взаимодействующих физико-химических превращений, которая создает эти целостные структурные образования со свойствами живого, является необходимой основой *существования* жизни. Процесс развития на основе химических закономерностей здесь как бы прекращается. Но зато тут же вступает в силу новый тип взаимодействия этих сложных структурных образований и на его основе начинают возникать качественно новые свойства, связи, закономерности, составляющие основу процесса *развития* жизни.

Так, на наш взгляд, может быть представлено это общее соотношение между микро- и макроуровнями организации жизненных процессов.

Но не вытекает ли отсюда, что при таком понимании данного соотношения область физико-химических превращений должна рассматриваться как нечто внешнее по отношению к процессам развития жизни, лишь внешне примыкающее к этим процессам развития?

Отнюдь нет. Физико-химические превращения необходимо входят в биологическую форму движения материи, в процессы развития жизни, как необходимая сторона этих процессов, как процессы не просто химические или физические, а биохимические и биофизические, со всеми вытекающими отсюда их специфическими чертами. Целостная совокупность биохимических и биофизических процессов представляет собой основу существования живого, тот необходимый субстрат, на котором только и могут разворачиваться процессы и закономерности развития жизни — сложная эволюция органического мира.

Вообще процессы, определяющие существование, и процессы, определяющие развитие объекта, в действительности всегда неразрывно взаимно связаны между собой и взаимно проникают друг в друга, составляя единое целое, и нам важно в теоретическом

анализе выяснить лишь место и роль каждой из этой совокупности процессов в общем их взаимодействии.

Неразрывность физико-химической основы существования жизни с процессами ее дифференциации и развития выражается также и в том, что на путях эволюции органических форм, в процессе развития организмов биохимический субстрат жизни, система физико-химических превращений как механизм реализации жизненных процессов, оставаясь в основных своих звеньях стабильным, вместе с тем в общей своей структуре обмена веществ претерпевает изменения и развивается. Но это развитие теперь уже вытекает не из законов химической формы движения материи, а определяется закономерностями биологическими, возникает под определяющим влиянием биологических потребностей организма, складывающихся на основе биологического взаимодействия организма и среды¹⁰.

Высказанное здесь понимание общего соотношения между элементарными биохимическими превращениями и общими закономерностями и процессами развития живой природы нам представляется более приемлемым по той причине, что, во-первых, это понимание находится в согласии с фактическим материалом современной биохимии, который раскрывает удивительную стабильность механизмов биохимических превращений в общем метаболизме; во-вторых, такое понимание не требует кардинального пересмотра или даже перечеркивания тех теоретических знаний закономерностей и движущих сил эволюции, которые были вскрыты биологической наукой в прошлом и которые подтверждены и широко используются практикой; в-третьих, такое понимание процессов природы, совершающихся на стыке химической и биологической формы движения материи, удивительно совпадает с закономерностями процессов, происходящих при переходе от биологической к социальной форме движения материи.

В самом деле, в ходе развития органического мира, совершающегося по законам биологической формы движения материи, возникает, наконец, такая высокоорганизованная форма живых существ (приматы), такой уровень их биологической организации, в котором обнаруживается способность перехода к качественно новому типу материального взаимодействия в основном и необходимом звене жизненного процесса — во взаимодействии организма со средой. Здесь совершается качественный переход от инстинктивно-приспособительного взаимодействия, лежащего в основе биологического процесса развития, к активному, целесообразно-преобразовательному характеру материального взаимодействия со средой. Этот качественный скачок в основном звене материального жизненного взаимодействия по существу кладет конец действию законов биологического развития, конец содержанию и направленности

¹⁰ См., напр., А. Н. Белозерский. Нуклеиновые кислоты и их биологическое значение. М., «Знание», 1961.

этой формы развития, и рождает новые социальные законы, новое содержание и новую направленность процессов теперь уже социальной формы развития. На человеке процесс биологического развития как бы заканчивается. Биологические процессы жизнедеятельности людей остаются относительно стабильными, неизменными, и они составляют тот необходимый субстрат, на котором только и может разворачиваться действие новых, социальных закономерностей, определяющих качественно новое содержание и совершенно новую направленность процессов развития общества и человека.

Таким образом, здесь мы имеем совершенно аналогичное соотношение: биологические процессы жизнедеятельности людей — это те необходимые процессы социальной формы движения материи, которые определяют существование людей и, следовательно, общества. Материальной же основой развития общества и человека являются не биологические процессы, а процессы социального взаимодействия, подчиняющиеся новым, социальным закономерностям и движущим силам. Конечно, биологические свойства людей и биологические процессы их жизнедеятельности, оставаясь в основном своем содержании неизменными, стабильными, вместе с тем в целом претерпевают также некоторые изменения. Но эти изменения определяются теперь уже не действием законов эволюции органического мира, а действием прежде всего и главным образом социальных условий жизни людей и социальными закономерностями. И реагирует на эти изменения не природа биологических процессов человека путем их перестройки, а общество, своими социальными средствами и рычагами создавая более или менее оптимальные условия биологической жизнедеятельности людей (конечно, по-разному в различные исторические эпохи и в разных системах организации общества).

* *
*

В связи со сказанным выше хотелось бы высказать несколько замечаний об отношении новых открытий и теоретических обобщений современной биологии к тому багажу знаний и теоретических выводов, которые были достигнуты биологической наукой прошлого.

Выше уже указывалось, что проведенные за последние десятилетия исследования в области таких разделов современной биологии, как биохимия, биофизика, молекулярная биология, генетика и др., доставили такой колоссальный фактический и теоретический материал, который не идет ни в какое сравнение с тем, что было разработано биологической наукой в прошлом за целые столетия. Достигнутые успехи в изучении элементарных процессов жизни на молекулярном уровне представляют собой революцию не только в области биологии, но и во всем современном естествознании. Они подняли биологическую науку на качественно новую ступень.

И подобно тому, как в начале века революция в физике, связанная с открытием процессов микромира, остро поставила вопрос об отношении физики микромира к классической физике, породив у части специалистов скептицизм относительно ценности законов классической физики, так и теперь успехи современной биологии в области исследования молекулярных процессов жизни вызывают у отдельных ученых несколько пренебрежительное отношение к научной ценности добытых знаний и методов исследования биологической науки прошлого, равно как и к результатам исследования других, давно сложившихся разделов в современной биологии, таких, как ботаника, зоология, систематика, экология, биоценология и др. Сторонниками этой точки зрения утверждается, что вся прошлая биология носила по существу донаучный характер, так как исходила в изучении живой природы в основном из описательных методов и могла делать и делала выводы, не имеющие доказательной силы. И только современная биология может дать подлинно научную постановку и решение своих проблем, так как она исходит в своих исследованиях из точно фиксируемого эксперимента, базируется на точном физико-химическом анализе и поэтому только ее выводы приобретают научную достоверность.

Такая увлеченность достигнутыми результатами изучения жизненных процессов на молекулярном и смежных уровнях их организации толкает к переоценке, а следовательно, и к искажению общего понимания места и роли этих процессов в системе закономерностей общего развития органического мира.

Однако в большинстве работ ведущих ученых, даже тех, которые непосредственно занимаются вопросами биохимии, биофизики, молекулярной биологии, преобладает убеждение, что решение важнейших общих проблем в биологии прошлого имеет важное научное значение.

Так, говоря о достижениях биологии прошлого, Г. М. Франк и В. А. Энгельгардт, например, подчеркивают, что исследователи прошлого, хотя они и не располагали знаниями тех матеральных процессов, которые лежат в основе жизни, устанавливали закономерности, во многих отношениях поразительные по своей глубине и прозорливости. Отсюда авторы делают вывод о том, что наличие или возможность химического и физико-химического анализа явлений жизни отнюдь не является обязательным для обеспечения научности в постановке всех без исключения биологических проблем. Самые общие, например, и кардинальные проблемы биологии, такие, как эволюция живого, закономерности видообразования и др., в настоящее время подлежат строго научному анализу и теоретическому обобщению без непосредственной связи с физико-химической сущностью самих жизненных процессов. Это говорит о том, что на каждом уровне организации явлений жизни имеют место все необходимые и достаточные причины, определяющие ход процессов жизнедеятельности на этом уровне.

Однако не следует забывать и того, что биохимическое и биофизическое рассмотрение элементарных биологических процессов не может не оплодотворять и углублять исследования на всех уровнях организации жизни, в том числе и на самом высоком. Даже здесь, в построении общих теорий эволюции живого, не могут не быть приняты во внимание анализируемые биохимические и биофизические взаимоотношения организма и внешней среды.

Очевидно, главная задача в настоящее время сводится к тому, чтобы добиваться всемерного укрепления и развития складывающейся единой системы экспериментально-биологического исследования, в которой ведущее место принадлежит сейчас исследованиям на молекулярном и субклеточном уровнях, но конечная эффективность которых определяется согласованностью исследований во всех звеньях современной сложной системы биологических наук. Не противопоставлять биологические науки или исторические этапы в развитии биологии друг другу, а всемерно объединять и использовать теоретические результаты всех этапов и всех звеньев общей системы биологических наук с тем, чтобы все в большей мере взаимно обогащать арсенал методов и средств углубляющегося познания и практического преобразования сложной системы процессов существования и развития живой природы.

Но не только усилия системы биологических наук с их чисто биологическими методами важно объединять при нынешнем изучении живой природы. Современный уровень и глубина исследований жизненных процессов таковы, что они самым настоящим образом требуют всестороннего привлечения теоретических знаний и методов огромного числа смежных наук о природе, вынуждая ученых быть во всеоружии средств, какие только способны представить современное естествознание вообще для познания явлений жизни.

Современное исследование жизненных процессов на субклеточном и молекулярном уровнях базируется главным образом на биохимическом и биофизическом анализе сущности элементарных жизненных явлений. Это требует всемерного использования новейших достижений современной химии и физики. Через химию и физику, равно как и прямым, непосредственным образом, в биологию широким фронтом вторгается мощный познавательный аппарат математического анализа. Бурно развивающаяся теперь кибернетика вооружает биологов новыми возможностями и методами познания жизненных процессов и т. д. А практика научного исследования за последние десятилетия убедительно показала, что привлечение новых методов в биологическое исследование не только вооружает теоретиков новыми средствами, но и часто открывает целые области жизненных явлений, не подвергавшиеся и недоступные ранее изучению.

Чрезвычайно плодотворным для современного этапа развития биологии является не только непосредственное изучение химических и физических сторон жизненных процессов путем эксперимента на

биологическом объекте, но и широкое применение в исследованиях жизненных явлений методов моделирования. Моделирование поэтому является плодотворным, что, не претендуя на воспроизведение всего явления в целом, дает возможность рассматривать отдельные стороны или некоторые общие принципы изучаемого объекта. В то же время моделирование позволяет выйти за пределы только для данных определенных целей построенной модели и чисто теоретическим путем открывать новые закономерности.

Это широкое проникновение теоретических достижений и методов многих смежных наук в область биологического исследования не только неизмеримо расширило и углубило наши знания жизненных явлений, подняв современную биологию на качественно новую ступень, но и обнаружило обратный процесс — процесс широкого проникновения и плодотворного влияния теоретических достижений современной биологии на проблематику и направления исследований многих наук о природе, да и не только о природе. Возникновение и бурное развитие такой совершенно новой отрасли знания, как бионика, есть яркое свидетельство того, насколько плодотворными и перспективными оказались выход и приложение знаний и идей современной биологии в область технического творчества.

Качественно новый уровень теоретических знаний современной биологии обогащает пути, методы и средства практического воздействия на развитие живой природы, и здесь важно также не противопоставлять старые методы управления развитием организмов, вытекавшие из прежнего уровня биологических знаний, новым возможностям и средствам практического воздействия на развитие органических форм.

Биологическая наука прошлого не располагала знаниями сложной системы биохимических превращений в обмене веществ, составлявших необходимую основу существования жизненных процессов и свойств организма. Поэтому практические пути и методы воздействия на развитие организма могли определяться и определялись лишь на уровне рассмотрения процессов взаимодействия целостного организма с изменяющимися условиями среды. Методы скрещивания, длительного наблюдения и отбора, воздействие измененными факторами среды и т. п. — вот основные звенья того круга средств, которыми вооружала биология прошлого практику преобразования и управления развитием организма. И эти средства давали свой практический результат, ибо базировались они на знании и использовании факторов, определяющих развитие органических форм в природных условиях. Но пределы преобразующего воздействия этими путями и средствами были в известной степени ограниченными и лимитировались необходимостью при выборе воздействующих факторов не выходить за рамки природных требований в условиях протекания тех циклов и систем биохимических превращений в обмене веществ, которые сложились в ходе эволюции органического мира, остаются стабильными и составляют не-

ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЬЮ И ТЕОРИЯ РАЗВИТИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

При изучении законов развития органического мира очень важным является вопрос об управлении этим развитием. Природа вообще, органический мир в частности, развиваются по своим собственным законам, но степень познания этого развития, сам характер наших представлений о нем, существенно зависят от степени и характера воздействия человека на этот процесс.

Оценивая ту или иную теорию по данным практики, важно не забывать, что сама практика вносит в процессы природы качественные изменения. С возникновением человека природные процессы включаются в материальное производство в форме предмета труда, средства производства и продукта труда. С этих пор развитие природы перестает быть чисто природным процессом. Более мощное социальное движение материи вовлекает ее в такие формы взаимодействия, которые не присущи ей самой по себе; под воздействием человека происходит не только количественное перераспределение ее богатств, но может измениться само направление природных процессов.

Наиболее сильно и многообразно воздействие человека именно на органический мир, потому что он представляет собой непосредственную предпосылку возникновения человека, из органического мира выходит человек и с ним он связан непосредственно в своем дальнейшем развитии.

Необходимость при изучении природы учитывать воздействие на нее человека особенно стала очевидной в связи с проникновением физики и химии в цикл биологических наук и сельскохозяйственную практику. Нигилизм к вопросу о роли человека в развитии природы приводит к неправильному решению некоторых философских вопросов и мешает правильно оценить специальные вопросы биологической науки.

Проникновение физики и химии в цикл биологических наук составило новый этап в познании и преобразовании живой материи. Раскрытие физико-химических основ биологических процессов дало

возможность создать физико-химические методы изменения организмов и условий их существования. По мере этих успехов появились различные мнения по вопросу о сущности жизни, о соотношении в ее развитии биологических и физико-химических процессов, о соотношении биологических и физико-химических методов познания и преобразования жизни.

Некоторые биологи и философы считали, что если развитие органического мира обладает качественной спецификой, которая не исчерпывается законами физики и химии, то биологические методы должны быть ведущими и в познании сущности живого, и в его преобразовании. Претензии биохимиков и биофизиков познавать сущность жизни и создавать физико-химические методы изменения организмов рассматривались либо как механицизм, сводящий живое к неживому, либо как тенденция к механицизму. Для доказательства правильности этих представлений обычно ссылались на принципы соотношения высших и низших форм движения материи: всякая более сложная форма движения материи включает в себя все более простые, но не сводится к ним по своей сущности; более простые формы движения материи включаются в более сложные как подчиненные. Заранее оговоримся, что положение диалектического материализма о несводимости высших форм движения материи к низшим подтверждено данными естествознания, практической деятельностью людей и означает признание многокачественности материальных процессов. Однако несводимость законов развития органического мира к физико-химическим не означает невозможность управлять жизненными процессами с помощью физико-химических средств, не отрицает возможности познавать сущность жизни физико-химическими методами.

Многие биологи и философы апеллировали к практике, показывающей, что физико-химические методы воздействия на живое могут быть более эффективными, нежели биологические методы, что с помощью физико-химических методов можно внести значительный вклад в познание сущности жизни. Успехи в этом направлении иногда расценивались как доказательство отсутствия у биологических процессов какой бы то ни было качественной специфики по сравнению с процессами физико-химическими. Появились попытки показать, что в основе развития организмов и условий их существования лежат только физико-химические процессы, что именно они являются ведущими в развитии органического мира. Не секрет, например, что предложения расширить сферу применения минеральных удобрений, критика травосеяния как единственного средства оструктурирования почвы, успехи в области гидропоники — все это рассматривалось как опровержение идеи о ведущей роли биологического фактора в почвообразовании, как доказательство абиотической природы плодородия. На этом основании предлагалось вернуться к геологической теории почвообразования.

Правда, многие ученые специально обращали внимание на неправомерность такой постановки вопроса, при которой отождест-

влялись физико-химические методы познания и преобразования природы, создаваемые человеком, и закономерности физической химической форм движения материи в природе. Они писали о безграничной возможности качественно изменить природу и закономерности устанавливать принципиальную границу для «химизации» биологической науки и сельскохозяйственной практики¹. Появились также работы философов, в которых показывалась неправомерность противопоставления биологических и химических методов в познании и преобразовании органического мира, неправомерность противопоставления биологических и физико-химических процессов в ее развитии².

Вопрос о сущности жизни и законах ее развития рассматривается в предшествующих статьях. В данной статье автор стремится показать, что успехи физико-химического познания и преобразования живой материи сами по себе не являются достаточным основанием для отрицания качественной специфики развития органического мира по сравнению с физико-химическими процессами. С другой стороны, несводимость биологического развития к физико-химическим законам не ставит принципиальных границ для применения физико-химических методов в познании и преобразовании живой природы. По нашему убеждению, ссылаясь на диалектический материализм при попытке поставить границы для физико-химического познания и преобразования организмов и условий их существования неправомерно. Марксистская философия отрицает наличие таких принципиальных границ. При этом необходимо обратиться к марксистскому пониманию сущности человека, социальной формы движения материи, к пониманию роли человека в развитии природы. Одним из методологических предпосылок нигилистического отношения к физико-химическим методам познания и преобразования жизни с другой стороны некоторых философов и биологов было непонимание сущности социальной формы движения материи и значения проблемы «человек и природа» для современного естествознания.

Раскрывая сущность социальной формы движения материи К. Маркс показывает, что специфически человеческой деятельностью являются труд и складывающиеся в процессе труда общественно-экономические отношения. Анализ элементов труда, данный К. Марксом в «Капитале», раскрывает труд как целесообразную деятельность человека, преобразующего природу при помощи орудий производства. Для рассматриваемого вопроса очень важно обратить внимание на три свойства, в которых выражена специфика

¹ См. Н. Н. Семенов. О соотношении химии и биологии. «Вопросы философии», 1957, № 10; Г. М. Франк, В. А. Энгельгардт. О роли физики и химии в исследовании биологических проблем. «Материалы к Всесоюзному совещанию по философским вопросам естествознания». М., Изд-во АН СССР, 1957; Н. А. Качинский. Структура почвы. Изд-во МГУ, 1963.

² См. И. Т. Фролов. Очерки методологии биологических исследований. М., «Мысль», 1965; Р. С. Карпинская. О философских вопросах молекулярной биологии. «Вопросы философии», 1966, № 1.

ка труда: труд есть целесообразное изменение природы; труд есть качественное изменение природы; труд есть изменение природы при помощи орудий. Орудие труда К. Маркс определяет следующим образом: «Средство труда есть вещь или комплекс вещей, которые человек помещает между собой и предметом труда и которые служат для него в качестве проводника его воздействий на этот предмет. Он пользуется механическими, физическими, химическими свойствами вещей для того, чтобы в соответствии со своей целью применить их как орудия воздействия на другие вещи... Так данное самой природой становится органом его деятельности, органом, который он присоединяет к органам своего тела, удлинняя таким образом, вопреки библии, естественные размеры последнего»³.

Следовательно, орудие и средство производства представляют собой как бы искусственное воспроизведение природных процессов иными средствами, нежели это делает природа сама по себе вне человеческой деятельности.

Показывая качественное отличие воздействия человека на природную среду по сравнению с животными, Ф. Энгельс отмечает три момента, характеризующих воздействие человека на природу: один общий у человека с животными — человек может присваивать предметы природы такими, какими они возникают в природе сами по себе; второй — человек изменяет природу, но средствами же самой природы в той форме, в какой они созданы природой; третий, составляющий сущность человеческой деятельности, — «При помощи разных искусственных приемов разведения и выращивания растения и животные так изменяются под рукой человека, что становятся неузнаваемыми... Коротко говоря, животное только пользуется внешней природой и производит в ней изменения просто в силу своего присутствия; человек же вносимыми им изменениями заставляя ее служить своим целям, господствует над ней. И это является последним существенным отличием человека от остальных животных, и этим отличием человек опять-таки обязан труду»⁴. Сущность человеческой деятельности состоит в том, что он создает искусственные средства преобразования природы. Они созданы из вещества природы, но преобразованы человеческой трудовой деятельностью на основе познания законов развития природных процессов и идеальных целей самого труда. И только с этого времени можно говорить о последовательном целенаправленном господстве человека над природными процессами. В истории развития материального производства и естествознания можно обнаружить наличие этих трех моментов.

В период господства натурального хозяйства, основанного преимущественно на ручном труде производителя, который находится в личной зависимости от собственника орудий и средств производства, естествознание было эмпирическим и описательным. Так, био-

³ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 23, стр. 190.

⁴ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 494—495.

влялись физико-химические методы познания и преобразования природы, создаваемые человеком, и закономерности физической и химической форм движения материи в природе. Они писали о безграничной возможности качественно изменять природу и непрерывности устанавливать принципиальную границу для «химизации» биологической науки и сельскохозяйственной практики¹. Появились также работы философов, в которых показывалась непрерывность противопоставления биологических и химических методов в познании и преобразовании органического мира, неправомочность противопоставления биологических и физико-химических процессов в ее развитии².

Вопрос о сущности жизни и законах ее развития рассматривался в предшествующих статьях. В данной статье автор стремится показать, что успехи физико-химического познания и преобразования живой материи сами по себе не являются достаточным основанием для отрицания качественной специфики развития органического мира по сравнению с физико-химическими процессами. С другой стороны, несводимость биологического развития к физико-химическим законам не ставит принципиальных границ для применения физико-химических методов в познании и преобразовании живого. По нашему убеждению, ссылка на диалектический материализм при попытке поставить границы для физико-химического познания и преобразования организмов и условий их существования неправомерна. Марксистская философия отрицает наличие таких принципиальных границ. При этом необходимо обратиться к марксистскому пониманию сущности человека, социальной формы движения материи, к пониманию роли человека в развитии природы. Одно из методологических предпосылок нигилистического отношения к физико-химическим методам познания и преобразования жизни с стороны некоторых философов и биологов было непонимание сущности социальной формы движения материи и значения проблемы «человек и природа» для современного естествознания.

Раскрывая сущность социальной формы движения материи, К. Маркс показывает, что специфически человеческой деятельностью являются труд и складывающиеся в процессе труда общественно-экономические отношения. Анализ элементов труда, данный К. Марксом в «Капитале», раскрывает труд как целесообразную деятельность человека, преобразующего природу при помощи орудий производства. Для рассматриваемого вопроса очень важно обратить внимание на три свойства, в которых выражена специфика

¹ См. Н. Н. Семенов. О соотношении химии и биологии. «Вопросы философии», 1957, № 10; Г. М. Франк, В. А. Энгельгардт. О роли физики и химии в исследовании биологических проблем. «Материалы к Всесоюзному совещанию по философским вопросам естествознания». М., Изд-во АН СССР, 1957; Н. А. Качинский. Структура почвы. Изд-во МГУ, 1963.

² См. И. Т. Фролов. Очерки методологии биологических исследований. М., «Мысль», 1965; Р. С. Карпинская. О философских вопросах молекулярной биологии. «Вопросы философии», 1966, № 1.

ка труда: труд есть целесообразное изменение природы; труд есть качественное изменение природы; труд есть изменение природы при помощи орудий. Орудие труда К. Маркс определяет следующим образом: «Средство труда есть вещь или комплекс вещей, которые человек помещает между собой и предметом труда и которые служат для него в качестве проводника его воздействий на этот предмет. Он пользуется механическими, физическими, химическими свойствами вещей для того, чтобы в соответствии со своей целью применить их как орудия воздействия на другие вещи... Так данное самой природой становится органом его деятельности, органом, который он присоединяет к органам своего тела, удлинняя таким образом, вопреки библии, естественные размеры последнего»³.

Следовательно, орудие и средство производства представляют собой как бы искусственное воспроизведение природных процессов иными средствами, нежели это делает природа сама по себе вне человеческой деятельности.

Показывая качественное отличие воздействия человека на природную среду по сравнению с животными, Ф. Энгельс отмечает три момента, характеризующих воздействие человека на природу: один общий у человека с животными — человек может присваивать предметы природы такими, какими они возникают в природе сами по себе; второй — человек изменяет природу, но средствами же самой природы в той форме, в какой они созданы природой; третий, составляющий сущность человеческой деятельности, — «При помощи разных искусственных приемов разведения и выращивания растения и животные так изменяются под рукой человека, что становятся неузнаваемыми... Коротко говоря, животное только пользуется внешней природой и производит в ней изменения просто в силу своего присутствия; человек же вносимыми им изменениями заставляя ее служить своим целям, господствует над ней. И это является последним существенным отличием человека от остальных животных, и этим отличием человек опять-таки обязан труду»⁴. Сущность человеческой деятельности состоит в том, что он создает искусственные средства преобразования природы. Они созданы из вещества природы, но преобразованы человеческой трудовой деятельностью на основе познания законов развития природных процессов и идеальных целей самого труда. И только с этого времени можно говорить о последовательном целенаправленном господстве человека над природными процессами. В истории развития материального производства и естествознания можно обнаружить наличие этих трех моментов.

В период господства натурального хозяйства, основанного преимущественно на ручном труде производителя, который находится в личной зависимости от собственника орудий и средств производства, естествознание было эмпирическим и описательным. Так, био-

³ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 23, стр. 190.

⁴ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 494—495.

логическая наука того времени кропотливо собирает и накапливает фактический материал. Собираются коллекции растений, описываются животные и растения, накапливаются данные об их географическом распространении. Описательный характер имели в этот период и знания об условиях жизни организмов. В «писцовых» книгах России можно обнаружить многочисленные эмпирические сведения, касающиеся почв; подробно описываются земельные угодья, механический состав почв, их цвет и т. д. В этот период изменения, вносимые человеком в природу, в органический мир, не имеют последовательно целенаправленного характера. Человек преимущественно собирает органические формы, созданные самой природой. Развитие мореплавания и знакомство с органическим миром других стран приводят к обмену различными организмами: из Америки в Европу завозят картофель, кукурузу, фасоль, табак. В земледелии в этот период господствуют различные формы залежных систем земледелия. Восстановление плодородия в этих системах было рассчитано на стихийное действие природных факторов в течение длительного времени. Использованные участки земли надолго выключались из сельскохозяйственного производства, зарастали кустарником, лесом, травой. Затем они вновь использовались. В этот период человек отбирает полезные органические формы и не ставит перед собой цели управлять развитием органического мира, вывести организмы с заранее заданными свойствами.

Возникновение капиталистического производства вызвало появление теоретических основ естествознания, в частности биологических знаний. Развитие машинного производства и разделение труда, придающее производительным силам общественный характер, уже при капитализме требуют управления материальным производством, что невозможно без знания законов развития природных процессов, на которые направлен труд человека. Поэтому возникновение капиталистического производства связано с бурным развитием теоретического естествознания. В это время естествознание вообще, а система биологических наук в частности переходят от описательного эмпирического познания природы к раскрытию связей и отношений в органическом мире. Делаются попытки раскрыть законы развития организмов, закладываются первые принципы теории развития условий существования органических форм (Ч. Дарвин, В. В. Докучаев), формулируются законы изменчивости органических форм, идеи о генетических связях между организмами, принципы естественного отбора; в науке о почве закладываются основы генетического почвоведения: открываются факторы почвообразования, в их число вводится фактор времени.

Но сначала познание этих законов касается больше формы, в которой осуществляется развитие органического мира. Известна оценка теории Ч. Дарвина, данная Ф. Энгельсом: «Действительно, когда Дарвин говорит о естественном отборе, он отвлекается от тех *причин*, которые вызвали изменения в отдельных особях, и трактует прежде всего о том, каким образом подобные индивидуальные от-

клонения мало-помалу становятся признаками определенной расы, разновидности или вида. Для Дарвина дело идет прежде всего не столько о том, чтобы найти эти причины, — они до сих пор частью совсем неизвестны, частью же могут быть указаны лишь в самых общих чертах, — сколько о том, чтобы найти ту рациональную форму, в которой их результаты закрепляются, приобретают прочное значение»⁵. Эта оценка теории Ч. Дарвина имеет значение для всей биологической науки данного исторического периода. Так познание факторов почвообразования, роли живых организмов в создании плодородия, выяснение отношения организма и среды осуществляются еще в самой общей форме, без раскрытия механизма этих процессов.

По мере познания законов развития органического мира начинают создаваться методы управления этим развитием: методы отбора, прививок, гибридизации и воспитания гибридных форм. Познание законов питания растений вызывает плодопеременную систему земледелия; раскрытие роли биологического фактора в почвообразовании вызывает применение зеленых удобрений, травосеяние как средство оструктурирования почвы и т. д. В этот период человек начинает сознательно ставить перед собой цель создавать организмы с определенными, желательными человеку свойствами. Однако на первых стадиях целенаправленного изменения организмов и условий их существования человек преимущественно изменяет природу средствами самой природы, в значительной степени копируя ее. Так, в естественной природе существует отбор, который сохраняет признаки, полезные организму для выживания в условиях среды, и человек сознательно начинает отбирать индивидуумы с признаками, полезными для самого человека; в естественной природе идет скрещивание разных органических форм и соответственно появляются новые, человек искусственно скрещивает органические формы для получения организмов в соответствии со своими интересами, создает новые. В процессе почвообразования, например, бобовые растения обогащают азотом почву; человек, культивируя бобовые растения, обогащает азотом необходимые ему участки почвы.

Но сущность труда как специфической для человека деятельности состоит в качественном изменении природы искусственными средствами, что проявляется в создании орудий и средств производства. Уже самые первые орудия труда представляют собой не что иное, как искусственное продолжение и усиление естественных органов человека. Специфичным и существенным для процесса труда является то, что человек может воспроизводить свойства природных процессов иными средствами, иным способом, нежели это делается в самой природе. Так, в природе шелковая нить создается биологически — деятельностью шелкопряда, шерстяное волокно тоже создается биологически в форме волоса животного.

⁵ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 70.

животных. Человек может культивировать этих животных и получать соответствующую пряжу, т. е. воспроизводить природный процесс так, как он происходит в самой природе. Однако человек может воспроизводить свойства этого природного процесса иными средствами, искусственными, например химически — созданием искусственного, синтетического волокна.

Элементы пищи растений в природной почве создаются под воздействием микроорганизмов, которые превращают нерастворимые и неусвояемые растениями соединения в растворимые и усвояемые. Но вместо того, чтобы дожидаться восстановления природного плодородия естественным путем, человек создает на заводах химическим путем элементы воднорастворимой пищи растений. Известно, что в последнее время получают распространение опыты выращивания растений вообще без почвы, на растворах, имеются парники, где точкой опоры для растений является гравий, а пища растениям дается в готовых растворах⁶.

На концах корней растений и веток располагаются так называемые «точки роста». В них вырабатываются особые вещества ауксины, или «гормоны» роста, управляющие сложными биохимическими процессами. Природные ауксины представляют собой очень сложные по химическому составу вещества. Однако оказалось, что человек может химически создавать гораздо более простые соединения, стимулирующие рост растений. В Ботаническом саду Московского государственного университета испытывались химические стимуляторы роста растений, созданные на химическом факультете МГУ. Так, под воздействием препарата ИК-4 из 12 черенков розы укореняются 10 черенков, в то время как без обработки всего один, у жасмина с обработкой укореняются все 100% черенков, без обработки — всего 20%⁷. При помощи различных химических средств регулируют и другие биологические процессы: прерывают состояние покоя у растений, ускоряют созревание плодов, стимулируют образование плодов, уменьшают их предуборочное опадание, продлевают цветы у плодовых деревьев, производят предуборочное высущивание растений и целый ряд других⁸.

Очень интересным химическим средством, влияющим на индивидуальное развитие растений, является гиббереллин. Кроме стимулирующего действия на рост клеток и стеблей он оказывает воздействие на сроки цветения растений, на пробуждение спящих почек. Так, побеги свеклы, обработанные гиббереллином, дают много побегов и зацветают на первом году жизни, хотя свекла является двулетним растением. Озимая рожь обычно начинает стеблевание и колошение после воздействия низких температур; обра-

⁶ См. З. И. Журбицкий. Физиологические основы выращивания растений без почвы (гидропоника). «Вести. АН СССР», 1964, № 4.

⁷ См. К. Брагина. Применение стимуляторов в декоративном садоводстве. Моск. Бот. сад. Изд-во МГУ, 1962.

⁸ «Химия в сельском хозяйстве», под ред. чл.-корр. АН СССР Я. В. Пейве. М., «Колос», 1964.

ботанные гиббереллином озимые начинают стеблевание и колошение без воздействия низких температур⁹.

Серьезные исследования ведутся по использованию в растениеводстве ионизирующих излучений для смещения доминирования признаков, для преодоления нескрещиваемости при гибридизации разных видов растений, для облучения пыльцы при опылении¹⁰.

Важными для рассматриваемого вопроса являются работы, проводимые по химическому созданию структуры почвы. В естественной почве комковатая водопрочная структура создается в рыхлокустовой стадии лугового дернового процесса под покровом многолетних бобовых трав и рыхлокустовых злаков. На основе этого природного процесса, как его воспроизведение, было предложено для оструктурирования почвы вводить в севооборот злаково-бобовые травосмеси. Однако этот способ замедленный и применимость его ограничена климатическими условиями произрастания многолетних трав. Созданная под травами, в случае их высокого урожая и хорошо развитой корневой массы, структура сохраняется не более 5—4 лет. Срок же, необходимый для оструктурирования почвы этим способом, от 2 до 5 лет. Если еще учесть, что трава является экономически менее выгодной, нежели другие зерновые культуры, то становится очевидным ограниченность этого способа.

Раскрытие химических основ процесса структурообразования дало возможность предложить химические искусственные средства для восстановления структуры почвы. Среди отечественных средств называют приготовленные по рецепту акад. С. И. Вольфовича лигносульфат аммония — АК-1, лигносульфат кальция — АК-7; из зарубежных препаратов называют Vama-CRD-186 кальциевая соль сополимера винилацетата и малеиновой кислоты (США), Verdiskung AN — двойная натриево-аммониевая соль гидролизованного полиакрилонитрила (ГДР). Применение химических структурообразователей значительно увеличивает урожай¹¹.

Современное производство и наука дают много материала для иллюстрации того, как человек заменяет природные процессы искусственными, более эффективными. Для нас важно отметить принципиальное решение вопроса. Анализ труда, данный К. Марксом, показывает, что так же, как нет в природе процессов, которые человек в принципе не мог бы познать, так же нет в природе процессов, которые человек в принципе не мог бы воспроизвести искусственно, более быстрыми и качественно иными средствами, нежели это делает сама природа. Прогресс в развитии человеческого общества наряду со многими чертами характеризуется возрастанием господства человека над природой, его относительной независимостью от природных процессов, степенью воспроизведения природных процессов качественно иным образом.

⁹ См. М. Х. Чайлахян. Гиббереллины растений. М., Изд-во АН СССР, 1961.

¹⁰ См. Н. Ф. Батыгин, В. Н. Савин. Использование ионизирующих излучений в растениеводстве. Л., «Колос», 1966.

¹¹ См. Н. А. Качинский. Структура почвы. Изд-во МГУ, 1963, стр. 70, 80.

Марксистское понимание сущности социальной формы движения материи показывает, что природные биологические процессы могут быть смоделированы, воспроизведены, управляемы не только биологическими, но и химическими средствами. Никаких принципиальных границ для такого воспроизведения, моделирования нет, а ссылка на принцип несводимости высших форм движения материи к низшим для установления некоторых границ не очень-то правомерна. Ведь химизация средств управления жизнью сама по себе не означает механического сведения биологического движения материи к химическим процессам. Искусственные химические средства воздействия на организмы и условия их существования нельзя рассматривать как химическую форму движения материи, заменяющую природный биологический процесс.

Возможность воспроизвести в материальном производстве свойства биологического процесса искусственными химическими средствами не означает возможности исчерпать природный биологический процесс законами химической формы движения материи. Нужно учитывать, что в данном случае мы имеем дело не просто с природными процессами, а с такими, которые включены в материальное производство и качественно им изменены, которые в определенной степени есть создание человека. Поэтому эффективность химических средств в управлении биологическими процессами не является достаточным основанием для отрицания качественной специфики биологического развития по сравнению с процессами неживой природы.

Нигилистическое отношение к физико-химическому объяснению жизни, ее происхождения и развития, часто вызывалось непониманием того, что соотношение биологических и физико-химических процессов в развитии органической природы и моделирование, воспроизведение этих природных процессов в материальном производстве представляют собой различные вещи. Критикуя как механицизм претензию физико-химическими методами познавать сущность жизни, законы ее развития, физико-химическими методами управлять развитием жизненных процессов, некоторые философы и биологи по существу отождествляли природные биологические процессы с теми, которые создает человек в материальном производстве. Получалось на первый взгляд парадоксальное явление. Биологи и философы, желающие вести борьбу с «химическим механицизмом», который вообще-то имел место, не заметили, как начали критиковать то, что к механицизму не имеет отношения, и сами допустили элементы механицизма. Отождествление, механическое перенесение всех свойств преобразованного человеком природного процесса (продукта труда) на исходный природный процесс как раз и представляет собой механицизм, который не учитывает специфику социальной формы движения материи, того принципа, по которому законы высших форм движения материи не действуют в низших формах движения материи. Желая критиковать механицизм в форме сведения биологических процессов к физико-

химическим, они допустили механицизм в форме распространения особенностей социальной формы движения материи на природные процессы.

Механицизм в биологической теории развития проявлялся в отрицании всякой качественной специфики биологического развития по сравнению с физико-химическими процессами. Предложения управлять развитием организмов и условиями их существования физико-химическими средствами будут иметь связь с механицизмом только в том случае, если эти методы абсолютизировать и применять без всякого учета качественных особенностей живого по сравнению с неживым. Если же эти химические средства есть искусственное воспроизведение свойств биологических процессов, то они никакого отношения к механицизму не имеют и являются результатом прогрессивного развития науки и практики. Химические средства управления жизнью в данном случае являются искусственными средствами труда в форме химических соединений, искусственным средством производства. Основная масса сортов растений и пород животных, используемых в настоящее время, получена биологическими методами при помощи скрещивания, отбора, воспитания. Эти биологические методы и дальше будут составлять положительный арсенал сельскохозяйственной практики. Однако познание химических механизмов биологических связей дает возможность создавать принципиально иные методы управления развитием органического мира, более быстрые и эффективные.

В природных биологических процессах ведущими в отношении качественной специфики, определяющими ее являются биологические отношения, не сводимые к физико-химическим законам. Но методы познания и преобразования органического мира зависят не только от характера природного процесса, но всегда выражают степень развития науки и практики, степень развития и потребности материального производства. Поэтому на определенных стадиях развития науки и материального производства ведущими могут стать физико-химические методы познания жизни и ее преобразования. Наличие биологической качественной специфики в развитии органического мира не только не отрицает необходимости физико-химического исследования жизни, но и предполагает его. Прежде всего потому, что причины возникновения органического мира лежат в противоречиях абиотических физико-химических процессов. Само выделение качественной специфики живого по сравнению с неживым возможно только при наложении на биологические процессы законов физико-химических превращений, как раз при физико-химическом познании жизни. Кроме того, все биологические процессы имеют физико-химические механизмы, и, пока последние не раскрыты, человек в значительной степени вынужден копировать природный биологический процесс; искусственное воспроизведение природного биологического процесса оказывается возможным только на основе познания физико-химических механизмов биологических связей.

А. В. НАПАЛКОВ

КИБЕРНЕТИКА И ПРОБЛЕМА РАЗВИТИЯ ФУНКЦИЙ МОЗГА

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Сравнительно-физиологические исследования высшей нервной деятельности занимают особое место в изучении проблемы эволюции мозга. При исследованиях этого типа оказывается возможным изучать сложные информационные процессы в условиях учета всех поступающих в головной мозг сигналов и всех элементарных двигательных ответов (входов и выходов системы управления). Благодаря этому становится возможным обнаружение элементарных законов переработки информации. Важно подчеркнуть, что при этом вскрываются общие правила и принципы работы мозга, а не частные рефлекторные реакции. Например, таким свойством обладают все выявленные И. П. Павловым и его учениками правила выработки условных рефлексов. Эти правила применимы при действии любых раздражителей.

В отличие от этого в случае, когда опыты проводятся не с элементарными раздражителями (имеющими характер абстрактных символов), а с конкретными предметами, выявляются принципы, применимые только к данному животному и только к данной конкретной экспериментальной ситуации. Например, методика, которую использовал знаменитый немецкий зоопсихолог Келлер, связанная с применением обезьянами ящиков, палок и других конкретных предметов, оперируя с которыми животные получали пищу, выявляла тактику поведения животных, применимую только в данных конкретных условиях, данными животными. При постановке экспериментов на других животных, имеющих другой опыт, результаты могут получиться другими.

С точки зрения современной теории кибернетики описанные выше особенности методики Павлова могут быть определены как особенности, позволяющие в условиях эксперимента проводить

«выявление алгоритмов работы мозга» или «алгоритмическое описание».

Как известно, под алгоритмом понимается система правил переработки информации, которая позволяет решать определенный класс задач. Как будет показано ниже, многие сложные формы работы мозга могут быть с точки зрения кибернетики рассмотрены как решение задач по переработке информации определенного класса. К таким формам работы мозга могут быть отнесены, например, узнавание, решение проблем, доказательство теорем, самообучение и т. д. Основными свойствами алгоритмов являются массовость и детерминированность. Это означает, что все правила, входящие в алгоритм, должны быть описаны в точной, абстрактной форме и результат их применения не должен зависеть от того, кто применяет данную систему правил. Например, если та или иная форма работы мозга описана алгоритмически, то вычислительная машина, осуществляющая данный алгоритм, должна работать так же успешно, как и головной мозг.

Свойство массовости требует, чтобы алгоритм был применим к целому классу задач, а не к одной конкретной задаче. Так, правила выработки условных рефлексов представляют собой с этой точки зрения алгоритм, так как они определены в весьма точной форме и обеспечивают решение задачи самообучения в новых условиях среды. Методика Келлера, которая дает точное описание решения животным частных задач, не приводит непосредственно к выявлению алгоритма, так как описанная система правил поведения применима только к данной конкретной ситуации, на данном животном.

Описанные выше особенности методики исследования высшей нервной деятельности делают ее особенно важной при исследовании проблем развития функций мозга.

Большое значение в разработке этого направления исследований имели работы Л. Г. Воронина, А. В. Напалкова, Н. А. Чигвариной и др. Ими были установлены основополагающие факты, что скорость выработки и скорость угашения условных рефлексов и развития других видов условного торможения не могут служить критерием высоты организации нервной системы и не являются тем фактором, по которому шел процесс эволюции нервной системы.

Был выдвинут критерий биологической адекватности двигательных условных реакций, который явился основой для разработки методики исследования динамики нервных процессов, обеспечивающей возможность сравнения результатов опытов на животных, стоящих на различных ступенях эволюционной лестницы. Как известно, в ряде проведенных ранее исследований были сделаны ошибочные выводы в связи с тем, что не учитывался фактор адекватности.

Было показано, что одним из важных путей эволюции было развитие способностей к аналитико-синтетической деятельности мозга. У низших животных оказалась невозможной выработка рефлексов

на сложные комплексные раздражители. В дальнейшем выяснилось, что одним из наиболее важных факторов развития нервной системы являлась способность к системной деятельности коры больших полушарий. Были проведены опыты, показавшие, что при изучении мозга важно учитывать не только элементарные условно-рефлекторные реакции, но и те сложные системы, в которые объединяются рефлексы.

Был сделан вывод, что системы условных рефлексов как целостные явления обладают особыми свойствами и в них проявляются закономерности, которые не свойственны одиночным условным рефлексам. В этой связи представляет интерес точка зрения А. Н. Леонтьева, который рассматривал психическую деятельность как взаимодействие сложных систем условных рефлексов, каждая из которых приобретает свойство целостности и функционирует как специфичный целостный орган.

Было выяснено, что для формирования сложных систем условных рефлексов недостаточно тех правил, которые лежат в основе выработки одиночных рефлексов: необходимы дополнительные принципы переработки информации. Среди этих принципов большое значение имеет ряд правил, которые обеспечивают формирование новых систем подкрепляющих раздражителей разных типов и уровней. Эти подкрепляющие раздражители, в отличие от условных рефлексов второго порядка, имеют стойкий характер, и они обеспечивают дальнейший отбор нужной и достоверной информации при выработке сложных систем условных рефлексов. Выявился ряд правил, которые определяют, какой именно из поступающих из внешней среды раздражителей станет таким новым подкрепляющим раздражителем.

Эти факты оказались важными для анализа процесса эволюции высшей нервной деятельности. Животные более высокого уровня развития обладают такими принципами переработки информации, которые обеспечивают формирование более сложных систем рефлексов. Например, у человека оказывается возможным формирование систем рефлексов, имеющих очень сложную разветвленную структуру, и систем рефлексов, имеющих так называемый полифазный характер. Наряду с этим у низших позвоночных животных, например у черепах, возможна выработка только коротких цепей рефлексов, состоящих из трех, четырех звеньев.

Было выяснено, что в системах условных рефлексов проявляются закономерности, которые не свойственны одиночным рефлексам.

Например, включение одного из условных раздражителей системы оказывает влияние на активность других условных рефлексов, входящих в ту же систему. Причем характер этого влияния определяется структурой построения системы, а не самими условными раздражителями. Были выявлены различия, которые имеют место у животных, стоящих на разных ступенях эволюционной лестницы.

При изучении явления направленной иррадиации возбуждения

и торможения у различных животных также были обнаружены отличия. Так, у крыс при угашении условного рефлекса, входящего в систему, иррадиации процесса возбуждения, которая проявляется в возникновении двигательных реакций, имеет вполне определенные законы распространения. Сначала возникают движения, непосредственно предшествующие угашаемому условному рефлексу. Затем возникают движения из той же цепи рефлексов. После этого возбуждение иррадирует на другие цепи рефлексов данной же системы, и уже затем возникают случайные движения. При проведении опытов на черепахах выявляется совершенно другая система правил, определяющая движение процесса возбуждения. Таким образом, были сделаны выводы о тех основных путях, по которым шло развитие нервной системы. Эти пути были связаны с формированием более сложных законов переработки информации и более сложных законов динамики нервных процессов.

Следует, однако, признать, что это весьма перспективное направление исследований еще не смогло решить многих актуальных вопросов развития нервной системы. В настоящее время еще сохранился большой разрыв между исследованиями на психологическом уровне и исследованиями на уровне физиологии. В психологических исследованиях выявлено существенное отличие способностей животных, стоящих на различных ступенях эволюции, к решению различного типа задач. Однако анализ тех механизмов, которые лежат в основе этих отличий, еще не осуществлен. Вместе с тем физиологические исследования, которые проводятся на уровне выявления элементарных принципов переработки информации, часто имеют дело с относительно простыми процессами. До сих пор не удается также установить действительные взаимосвязи между изучением эволюции физиологических функций и развитием в процессе филогенеза мозга как сложной структуры, объединяющей сложным образом организованные нервные сети.

В решении этих вопросов большое значение приобретают методы кибернетики.

КИБЕРНЕТИКА И ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Развитие кибернетики и использование метода моделирования оказали большое влияние на изучение мозга. И. П. Павловым было выдвинуто предположение об условных рефлексах как о механизме, обеспечивающем точное соответствие поведения животного с условиями внешней среды. Выявленные правила выработки условных рефлексов оказываются весьма важными в этом отношении. Они обеспечивают отбор полезной и достоверной информации и выработку на этой основе целесообразных систем действий, ведущих к удовлетворению потребностей (получение воды, пищи и т. д.). Принципы, лежащие в основе формирования сложных систем условных рефлексов, существенным образом дополняют эти

выводы. Они обеспечивают формирование целесообразного поведения в условиях, когда для достижения пищи нет прямого пути и необходимо отыскание сложного, косвенного способа достижения цели, связанного с постановкой в ходе поиска новых дополнительных «подцелей», т. е. новых подкрепляющих раздражителей.

Представлялось естественным на этой основе попытаться создать автоматы, которые могли бы, подобно живым организмам, самообучаться сложным системам целесообразных действий в новых условиях. Если в ходе опытов было действительно достигнуто полное алгоритмическое описание процесса самообучения, то алгоритм, вложенный в вычислительную машину, должен был обеспечить автомату те же способности, которыми обладал ранее головной мозг. Такие автоматы, после того как перед ними человеком была бы поставлена цель, должны были бы сами находить пути к достижению этой цели. Метод моделирования имеет большое значение в связи с тем, что он позволяет выяснить действительно ли дано полное алгоритмическое описание работы мозга. Такая модель была создана в Московском энергетическом институте под руководством доцента Ю. Н. Кушелева.

Однако при этом оказалось, что хотя автомат был весьма полезен в определенных условиях, однако он не мог обучаться столь же эффективно, как живые организмы. Это указывало, что необходимо изучение более сложных правил переработки информации, которые обеспечивают эффективную работу мозга в условиях, когда автомат работать не может. Анализ работы автомата указал также на те дефекты, которые были сделаны при изучении нервной системы, что позволило наметить планы новых опытов, связанных с изучением мозга.

Автомат работал в определенных, узко ограниченных условиях внешней среды. Таким образом, развитие этой проблемы натолкнулось на ряд принципиальных трудностей, которые требовали применения некоторых новых подходов к исследованию. В самом деле, стала очевидной необходимость изыскания способа решения вопроса, может ли выявленная в опытах сумма правил переработки информации обеспечить ту или иную сложную форму деятельности. Например, могут ли принципы, выявленные при выработке сложных систем условных рефлексов, обеспечить процесс самообучения в реальных условиях внешнего мира? Оказалось также, что очень важно выявить те границы и те условия, в которых оказывается эффективной та или иная сумма правил переработки информации. Для решения всех перечисленных выше вопросов весьма полезным в настоящее время оказывается применение математического аппарата теории алгоритмов. Как мы уже говорили, алгоритм — это система правил, при помощи которой можно решить задачу того или иного класса. Например, если рассматривается способность мозга проводить различные вычислительные операции (делить одно многозначное число на другое, умножать и т. д.), то оказывается, что основой этих форм деятельности является использование

определенного алгоритма. В настоящее время стало ясным, что многие другие способности мозга, например способность к самообучению, узнаванию, решению проблем, основаны также на том, что мозг использует специальные алгоритмы. Эти алгоритмы отличаются от алгоритмов, применяемых в математике, главным образом тем, что они возникли в процессе эволюции, а не созданы человеком в ходе его творческой деятельности. Сложные формы деятельности мозга могут быть представлены также в виде задач определенных классов и может быть точно определен тот алгоритм, который может решать данную задачу. Например, самообучение понимается в настоящее время кибернетикой как задача создания «внутренней модели внешнего мира». Как известно, внешний мир представляет из себя сложную систему взаимосвязей¹ между явлениями и процессами, которые находятся в постоянном движении и изменении. В головном мозгу животных и человека создается некоторая модель этой системы внешних закономерностей. При этом существенным является то, что выявление законов внешнего мира может производиться только путем активных воздействий, направленных на внешнюю среду. В результате этих воздействий возникают новые раздражители, которые по определенным законам перерабатываются (сравниваются с другими раздражителями, запоминаются или вычеркиваются из памяти), что приводит к возникновению новых действий, направленных на исследование внешнего мира. В целом вся эта сложная система взаимодействий может быть формально определена с точки зрения теории алгоритмов как задача некоторого класса. Результатом решения задачи должно быть создание точной копии внешнего мира. Орудием ее решения является алгоритм.

Такое абстрактное рассмотрение имеет важное значение, потому что оно позволяет сделать вывод, действительно ли данная система правил (алгоритм) может решать задачи этого класса. Может быть также выяснен вопрос, насколько широк тот класс задач, который решает данный алгоритм. Таким образом, от чисто экспериментального изучения работы мозга в настоящее время можно перейти к разработке математической теории процесса обучения. Эта теория может привести к выводу о том, что алгоритм, выявленный в опытах, недостаточен для решения данной задачи, и дать рациональные рекомендации для проведения дальнейших опытов. Эти новые подходы к изучению мозга имеют большое значение для анализа путей развития нервной системы. Если раньше можно было говорить об изменении в процессе эволюции отдельных принципов и механизмов работы мозга, то в настоящее время может быть сделан вывод, что животные, стоящие на различных ступенях эволюционной лестницы, решают одни и те же задачи на основе использования различных по своей природе алгоритмов. Дело в том, что алгоритм представляет собой целостную систему правил, из которой нельзя изъять или заменить какое-либо одно правило переработки информации, ибо это приводит к тому, что

весь алгоритм оказывается непригодным. Таким образом, трудно представить себе процесс развития мозга как некоторый процесс непрерывного накопления все более и более сложных правил переработки информации. Видимо, его надо рассматривать как некоторый скачкообразный процесс, в котором постепенное накопление количественных изменений приводит в конце концов к качественному скачку. Последний выражается в том, что полностью исключается старый алгоритм и включается в действие алгоритм нового типа. Этот процесс подобен процессу перехода от использования дыхания при помощи жабер к дыханию при помощи легких.

Приведенная аналогия справедлива и в том отношении, что смена алгоритма, используемого при работе мозга, приводит также к резкому изменению той среды, в которой обитает животное. Как стало ясно в последние годы, хотя разные виды животных живут в одном и том же мире, он оказывается для них совершенно различным. Применение более совершенных алгоритмов позволяет вскрыть более глубокие системы связей, существующие во внешнем мире. Например, черепаха способна вскрыть и использовать в своей деятельности только простейшие причинно-следственные связи, непосредственно ведущие к получению пищи. В этих же условиях человекообразная обезьяна на основе использования более совершенных алгоритмов вскрывает сложные и глубинные явления внешнего мира и создает другую внутреннюю модель. Таким образом, возникновение каждого нового алгоритма в процессе эволюционного развития переносит животное как бы в новый, более сложный мир.

Использование теории алгоритмов при изучении деятельности мозга перекидывает мост между психологией и физиологией. Все физиологические данные, связанные с изучением законов формирования условных рефлексов, очевидно приобретают большое значение как составная часть тех алгоритмов, которые выработались в процессе эволюции и которые позволяют животным решать сложнейшие задачи по переработке информации. Психические процессы, такие, например, как узнавание, самообучение, решение проблем, использование прошлого опыта, мышление, представляют собой уже окончательный суммарный результат действия данного алгоритма. Здесь мы сталкиваемся с ярким примером перехода количественных изменений в новое качество. Сумма простых правил по переработке информации в целом приводит к новому в качественном отношении явлению. В этом можно убедиться на простом примере использования алгоритма при решении математических задач. Уже алгоритм деления одного многозначного числа на другое обеспечивает довольно сложную способность в деятельности мозга. Однако если начать перечисление отдельных правил, входящих в этот алгоритм, таких, как «подпиши одно число рядом с другим, отдели три первых знака и т. д.», то одно это перечисление правил не объясняет, как алгоритм работает в целом, и кажется элементарно простым. Вполне очевидно, что решающую роль здесь играет не

только сумма правил, но и их определенная последовательность. Только вся система обеспечивает успех и замена хотя бы одного звена, очевидно, приведет к полной неэффективности всего алгоритма. Поэтому получается такой большой разрыв между описанием отдельных правил и решением всей задачи в целом. Такой же разрыв имеет место и между явлениями, относящимися к области физиологии и к области психологии. Однако, как мы видели, этот разрыв может быть заполнен в настоящее время на основе использования теории алгоритмов, так как может быть точно показано, что действительно данная последовательность простых правил неизбежно приводит к решению задачи, т. е. к осуществлению той или иной сложной психической деятельности. В настоящее время на данном пути исследования достигнуты очень большие результаты. Они обычно объединяются термином «эвристическое программирование». Дело в том, что описанный выше переход количественных изменений в новое качество может быть с успехом продемонстрирован на цифровой вычислительной машине. Если алгоритм, выявленный при работе мозга, заложить в машину, то машина приобретает способности к сложным формам работы, таким, как решение проблем, доказательство теорем, построение гипотез, ответы на вопросы и т. д. Такие программы для вычислительных машин были созданы, и они послужили серьезным толчком для дальнейшего исследования работы мозга в целях его более полного алгоритмического описания. Проводился последовательный переход от исследования мозга живых организмов к исследованию моделей, и обратно. Такой переход повторялся много раз, причем каждый раз улавливался какой-либо недостаток в работе моделей, и этот недостаток устранялся затем путем нового изучения мозга. Таким путем оказывалось возможным дать исчерпывающее алгоритмическое описание тех или иных форм деятельности мозга.

Проверка обычно проводится таким образом: испытуемым и автомату даются для решения совершенно новые задачи, принадлежащие к тому же классу. После этого прослеживаются все этапы решения, используемые человеком и машиной. Совпадение всех этапов указывает на хорошие качества программы. Этот метод применяется в настоящее время главным образом при изучении высшей нервной деятельности человека. Однако он оказывается весьма эффективным при анализе путей развития нервной системы. В этом плане Н. А. Чичвариной на кафедре высшей нервной деятельности были проведены опыты, которые показали, что при решении задачи самообучения низшие животные, высшие животные и человек используют совершенно различные алгоритмы. У человека система алгоритмов позволяет ему вырабатывать целесообразные действия в условиях, когда подкрепление дается в первый раз, после того как вся система необходимых действий была найдена и применена для решения задачи. Таким образом, все первоначальное формирование целесообразного поведения происходит без подкрепления. У животных эта система алгоритмов отсутствует.

Это приводит к тому, что для животного внешний мир представляется совершенно иным, чем для человека. Животное не может выявить громадного количества закономерностей внешнего мира, которые выявляет человек. Было показано, в частности, что человек способен создавать внутренние модели так называемой многоуровневой внешней среды. Особенностью этой среды является то, что кроме системы связи между явлениями (один уровень) имеется другая система связи, которая изменяет характер связей первого уровня. Примером такой среды может быть система химических реакций (первый уровень) и сложная система ферментов, которая изменяет характер взаимосвязи первого уровня (второй уровень).

Было выяснено, какие именно алгоритмы могут обеспечить самообучение в этих условиях, и доказано, что эти алгоритмы имеются у человека и отсутствуют у собак. Таким образом, оказывается возможным наметить новый подход к рассмотрению процесса развития нервной системы как процесса, связанного не только с количественным усовершенствованием принципов работы мозга, но и скачкообразным процессом перехода от использования одних алгоритмов к использованию других, что обеспечивает радикальное изменение той реальной внешней среды, в которой живет животное. Другой существенной трудностью, с которой встретилось изучение сравнительной физиологии высшей нервной деятельности, было рассмотрение тех внутренних механизмов, которые обеспечивают функционирование алгоритмов. При изучении одиночных условных рефлексов вопрос о внутренних механизмах сводился часто к изучению механизмов замыкания временных связей. Большое количество современных методов физиологических исследований направлено на изучение вопроса, какие именно структуры мозга ответственны за выработку и угашение одиночных условных рефлексов и одиночных временных связей. Обнаружение более сложных многоступенчатых алгоритмов привело к необходимости пересмотра этих представлений. Хотя образование временных связей может быть рассмотрено как основной физиологический механизм, однако так же, как невозможно при изучении строения вещества ограничиваться только анализом строения атома, не проводя одновременно исследования на молекулярном уровне (исследования структуры построения молекул), так же и при изучении мозга нельзя рассматривать только механизмы одиночных временных связей. Важно изучение принципов организации тех сложных структур нейронных сетей, которые лежат в основе создания алгоритмов работы мозга.

Эти алгоритмы нельзя отнести к разряду психических процессов. Нет надежды на то, что они могут быть сведены к каким-то еще более простым правилам переработки информации. Таким образом, встает неизбежная задача рассмотрения тех нервных структур, которые ответственны за работу этих алгоритмов. Такая постановка вопроса оказывается весьма важной для того, чтобы действительно связать функции мозга с теми структурами, кото-

рые ответственны за эти функции, что будет иметь решающее значение для более полного понимания процесса развития нервной системы. Дело в том, что до сих пор при исследовании мозга основные выводы о функции тех или иных структур сводились к утверждению, что этот отдел мозга тормозит или возбуждает условные рефлексы или же оказывает тормозное или возбуждающее влияние на другой отдел мозга. Такое рассмотрение являлось результатом того, что понимание физиологических механизмов как суммы временных связей не приводило к постановке новых задач. В то же время психологическое рассмотрение вопроса, которое имело дело со сложными явлениями, носило столь сложный характер, что психические функции непосредственно не удавалось связывать с работой тех или иных отделов мозга. Признание ведущей роли алгоритмического описания по-новому ставит вопрос об анализе связи структуры и функции. Очевидно, структуры следует связывать не непосредственно с такими сложными психическими явлениями, как мышление, узнавание и т. д., а с теми алгоритмами, которые лежат в их основе. Развитие кибернетики открывает большие новые возможности в этом направлении. На основании теоретической кибернетики, имея алгоритм, всегда можно сделать вывод о том, как должна быть организована та структура, которая способна осуществлять данный алгоритм. Отсюда вполне закономерен вывод о том, что структура не может быть организована более элементарно, чем структура данного типа, а также что в этой структуре должны присутствовать определенные блоки, выполняющие весьма сложные и разнообразные функции. В качестве примера можно сослаться на работу инженеров П. П. Новикова и А. И. Нестеренко, которые разработали такую гипотетическую структуру, используя сведения об алгоритмах работы мозга, лежащих в основе процесса самообучения. Хотя в настоящее время невозможно еще говорить о полной применимости этой гипотезы к анализу работы мозга, однако уже можно сделать выводы о необходимости включения в эту структуру специальных блоков, обладающих сложными функциями. Например, оказался необходимым блок, имеющий структуру в виде матрицы и выполняющий функцию перераспределения отдельных условных рефлексов в системе, далее блок, который обеспечивает тактику выбора новых подкрепляющих раздражителей, а также другой блок, содержащий алгоритм использования этих раздражителей при выработке новых цепей рефлексов. Если отказаться от выделения этих специальных блоков, то придется очень много раз повторять в структуре автомата одну и ту же функцию, что весьма неэкономно. Видимо, следует думать, что при развитии мозга эволюция использовала более экономные принципы. Таким образом, в настоящее время оказывается возможным при рассмотрении функции различных участков мозга говорить не только о торможении или о возбуждении одних участков мозга другими, но о более сложных специфических функциях. Эти новые подходы безусловно принесут

очень много для рассмотрения путей развития нервной системы. В связи с различием алгоритмов может проясниться и путь развития тех структур, которые лежат в основе осуществления правил переработки информации. Точно так, как при рассмотрении эволюции других отделов и систем живых организмов можно говорить о качественных скачках (приводящих, например, к возникновению замкнутой системы кровообращения), и при изучении мозга можно будет понять тот смысл, который имеют различия в строении мозга животных на разных ступенях эволюционной лестницы. Таким образом, развитие современной кибернетики открывает большие новые возможности для изучения процесса развития нервной системы. Эти исследования могут оказаться важными для многих вопросов философской науки. Как известно, современное философское направление «прагматизм» тесно связано с концепцией бихевиористов о том, что в основе работы мозга лежат элементарные принципы «проб и ошибок». Из этого делается вывод, что мозг человека и животных по своей природе не может познать истинную сущность явлений и человечество должно довольствоваться только достижением отдельных конкретных целей, так как невозможно создать научные концепции преобразования человеческого общества. Современная кибернетическая теория показывает ошибочность этих представлений, так как становится ясным, что в основе работы мозга лежит не простой принцип «проб и ошибок», а сложные алгоритмы, которые обеспечивают создание точных «слепков» или копий внешнего мира. Сами эти алгоритмы можно выявить и точно доказать их эффективность путем моделирования. Таким образом, не остается места для необоснованных выводов о деятельности мозга и создается стройная теория, которая всем своим существом подтверждает учение В. И. Ленина об отражении как основном свойстве психической деятельности.

ВЗАИМОСВЯЗЬ РАЗВИТИЯ ЖИВОЙ И НЕЖИВОЙ ПРИРОДЫ

Большой интерес для философского анализа взаимосвязи живой и неживой природы представляет обобщение данных сравнительно новой науки биогеохимии, изучающей взаимодействие между природными телами (живыми и неживыми) главным образом на атомарном уровне. Основоположником биогеохимии в начале XX в. явился известный русский ученый акад. В. И. Вернадский. С позиций биогеохимии было показано глубокое единство живой и неживой природы при всем их внешнем различии. Точно так же, как клеточный анализ, предпринятый Шлейденом и Шванном в 1836 г., подтвердил единство всего органического мира, так атомарный анализ природных явлений показал несостоятельность метафизического противопоставления живых и неживых тел. Остатки метафизических взглядов на соотношение живой и неживой природы еще держатся в различных модификациях витализма (холизм, финализм и т. д.), но данные биогеохимии сильно подрывают его позиции. Идея генетического единства живой и неживой природы получает дальнейшее развитие и обоснование в современной науке.

ДИАЛЕКТИЧЕСКОЕ ЕДИНСТВО ЖИВОЙ И НЕЖИВОЙ ПРИРОДЫ

Диалектические противоположности образуют неразрывное единство именно потому, что они в одно и то же время, в одном и том же отношении и отрицают и полагают друг друга. Диалектику взаимосвязи живой и неживой природы мы проследим в следующих аспектах: генетическом, структурном, функциональном, энергетическом.

Генетический аспект предоставляет богатый материал для анализа характера взаимосвязи живой и неживой природы. Жизнь есть результат длительного развития неорганической материи на поверхности планеты, постепенного возникновения высокополимерных органических веществ и последующего развития их в живые системы по мере усложнения внутренней структуры и внешних связей с окружающей средой. Показательно, что само существова-

Под биосферой В. И. Вернадский понимал поверхностную оболочку Земли, населенную организмами и качественно преобразованную в результате их жизнедеятельности. Границы биосферы определяются пределами расселения организмов в земной оболочке. Эти границы не остаются постоянными, так как, по мнению В. И. Вернадского, процесс расселения организмов и захвата ими все новых сфер обитания продолжается. Живое вещество биосферы продолжает наращивать свою массу, охватывая своим воздействием и делая биогенным все большее количество неорганического вещества нашей планеты.

Результаты воздействия живого вещества на среду обитания грандиозны, и если сначала они остаются незаметными для человека, то только потому, что соизмеримы с геологическими масштабами времени. Так, современный состав атмосферы в значительной мере является продуктом жизнедеятельности организмов. Наука подтверждает органогенное в основном происхождение в атмосфере Земли свободного кислорода, большей части азота и углекислого газа. С появлением свободного кислорода в атмосфере стали возможны интенсивные окислительные процессы на нашей планете и, следовательно, резко увеличилась химическая активность вещества поверхностной оболочки Земли. Как результат жизнедеятельности организмов окончательно сформировался озонный экран в верхних слоях атмосферы, ставший надежной защитой от губительных для жизни ультрафиолетовых лучей.

Велико воздействие жизни на геологические процессы, происходящие в поверхностных слоях земной коры. По мнению Я. В. Самойлова, большинство минералов биосферы, фосфатов, карбонатов, кремнистых, галоидных, сернокислых, битуминозных и других пород этих слоев органогенны по своей природе³, т. е. в их формировании косвенно, либо непосредственно принимали участие организмы. В ходе этого воздействия многие факторы неживой природы приобрели противоположные свойства. Так, химически чистая вода убивает все живое, а природная вода, обогащенная веществами биогенного происхождения, служит важнейшим условием жизни. То же самое можно сказать о космической радиации и приземной радиации. Бесплодная горная порода в результате жизнедеятельности организмов превратилась в плодородную почву.

Таким образом, жизнь, возникнув из неживой природы, остается тесно связанной с ней посредством непрерывного обмена веществом и энергией. Следовательно, чтобы понять организм, нужно его исследовать в единстве с условиями жизни.

В процессе обмена веществом и энергией с неживой природой живое вещество качественно ее преобразует, делая более пригодной для жизни, что способствует дальнейшему развитию органического мира. Причем, как подтверждают данные естествознания, чем выше уровень организации живых тел, тем интенсивнее и глуб-

³ См. Я. В. Самойлов. Биолит. Л., Научхимтехиздат, 1929, стр. 86.

же характер их воздействия на среду обитания. Следовательно как организм не может быть понят вне единства его со средой, так и неживая природа в пределах биосферы не может быть понята в полном объеме без учета воздействия на нее организмов.

В диалектическом единстве живой и неживой природы в условиях развитой биосферы методологически важно учитывать ведущую роль живой природы как более активной и перспективной противоположности единого целого.

Переходим к рассмотрению структурного аспекта взаимодействия живой и неживой природы.

Материальной основой вещественно-энергетического обмена между телами живой и неживой природы является постоянный обмен атомами, или, как говорят геохимики, миграция атомов. В свою очередь условием этого миграционного процесса служит геохимическое тождество элементов, составляющих структуру живого и неживого вещества.

Каково же структурное единство и различие тел живой и неживой природы?

Вещественный анализ показывает, что живые и неживые тела состоят из одних и тех же химических элементов. Не существует в природе специфических биогенных атомов. Обнаружено лишь некоторое отличие изотопных смесей атомов, входящих в состав организмов. Между живыми и неживыми телами происходит постоянный обмен атомами в процессе движения, питания, размножения живого вещества. Для универсального обменного вихря атомов не существует четких границ между телами живой и «мертвой» природы, которые на макроуровне кажутся нам столь обособленными друг от друга. Этот факт подтверждает положение материалистической диалектики о том, что в природе нет жестких разграничительных линий между качественно различными явлениями¹.

Как бы ни был сложен и совершенен организм, в вещественном отношении он не содержит в себе ничего, кроме взаимодействующих атомов, молекул и их составных частей (атомных ядер, электронов, нуклонов и т. д.).

Качественно новое, специфическое для жизни свойство обнаруживается в новом типе связи материальных элементов, составляющих живое тело.

«В живом организме совершенно исчезает всякий след различных элементов как таковых, — писал К. Маркс. — Различие заключается здесь уже не в раздельном существовании различных элементов, а в живом движении отличных друг от друга функций, которые все одушевлены одной и той же жизнью»².

Все физические и химические процессы в организме протекают по собственным или законам, но все они согласуются между собой и направляются на обеспечение жизнедеятельности организ-

¹ См. К. Маркс и Ф. Энгельс. *Соч.*, т. 20, стр. 527.

² К. Маркс и Ф. Энгельс. *Из ранних произведений.* М., Госполитиздат, 1956, стр. 254.

ма. Это уже собственно биофизические, биохимические и т. д. процессы, ибо форма, направление, темпы их протекания определяются биологическими факторами. В организме физические, химические и механические процессы имеют значение только в единстве и могут быть поняты лишь в той связи, которая ведет к этому целостному единству. Именно это имел в виду Ф. Энгельс, когда писал, что «организм есть, несомненно, *высшее единство, связывающее в себе в одно целое механику, физику и химию*, так что эту троицу нельзя больше разделить»⁶.

Атомарный анализ тел живой и неживой природы убедительно показывает их материальное единство. Момент различия в этом единстве на уровне атома затрагивает в основном количественную сторону и проявляется, во-первых, в своеобразных изотопных соотношениях, характерных для живого вещества, и, во-вторых, в неодинаковом количественном соотношении атомов одних и тех же химических элементов, входящих в состав живых тел и неорганических условий их существования.

Однако уже на молекулярном уровне на первый план выступает различие между явлениями живой и неживой природы.

Это и понятно, так как именно здесь сказывается новый тип организационных связей элементов, образующих качественно новую структуру. Молекула — это тот уровень структурной организации материи, который можно рассматривать как исходный для живых организмов. Особенности организации атомов и атомных группировок в молекулах белков и нуклеиновых кислот определяют в основном специфику функций живых тел. Из многих особенностей структурной организации компонентов живого мы остановимся на одной, которая играет большую роль в развитии живой материи, а именно — на свойстве диссимметрии и влиянии этого свойства на функциональное и энергетическое своеобразие жизненных процессов⁷.

На это свойство еще в 1848 г. впервые обратил внимание Л. Пастер, заметив, что в присутствии живого вещества образуются оптические активные диссимметрические молекулы, т. е. способные вращать плоскость поляризованного луча в каком-либо одном направлении — правом или левом. Способность органо-генных веществ к преимущественному образованию и накоплению одного из антиподов (правого — *D* или левого — *L*) диссимметрических молекул и кристаллов Пастер назвал асимметрией. Значительный вклад в дальнейшую разработку идеи асимметрии сделал П. Кюри.

⁶ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 566.

⁷ В. И. Вернадский дает следующее определение этому явлению: «Диссимметрией, свойственной жизни, мы будем называть такое свойство пространства или другого связанного с жизнью явления, для которого из элементов симметрии существуют только оси простой симметрии, но эти оси необычны, ибо отсутствует основное их свойство — равенство правых и левых явлений, вокруг них наблюдаемых» («Биогеохимические очерки». М.—Л., Изд-во АН СССР, 1940, стр. 202).

В. И. Вернадский в этих незавершенных наблюдениях Л. Пастера и П. Кюри увидел факт огромного значения. Он впервые указал на симметрию и диссимметрию как всеобщие свойства материи, специфически проявляющиеся на различных уровнях ее развития. «Явления симметрии недостаточно до сих пор охвачены научной и философской мыслью, — писал Вернадский. — Несмотря на это глубочайшее и основное понятие, проникающее — известным образом — все наше миропонимание»⁸.

С асимметрией живого вещества связаны важнейшие его свойства, столь явно отличающие его от той окружающей неживой природы. В биологических веществах наблюдается резкое различие между разными формами и тех же соединений в зависимости от левости или правости изomerии. Это различие достигает такой степени, что нередко один оптический изомер безвреден для организма, а другой для него — страшный яд. В результате оптической избирательности синтеза органических веществ в живых системах складывается явление какого-либо одного оптического антипора. Например, белок состоит из аминокислот односторонней (левой) конфигурации.

Таким образом, в органических системах молекулярная асимметрия способствует асимметрии вновь синтезируемых молекул. Долгое время полагали, что асимметрический синтез может совершаться только в специфических условиях организма при участии оптически деятельных веществ. Однако асимметрический синтез органических веществ осуществляется и вне живой материи с помощью физических диссимметрических факторов, к которым относятся циркулярно-поляризованный свет и асимметрическая адсорбция (например, на кристаллическом кварце, обладающем кристаллической диссимметрией)⁹. Этот факт с новой силой подтверждает велика общность живой и неживой природы при всем в глубочайшем различии.

Возможность асимметричности молекул живого содержится уже в неорганической природе, поскольку она присутствует в ней как момент, и превратилась в действительность по мере создания благоприятного комплекса условий в ходе обменных процессов. Оптическая активность основных компонентов протоплазмы жив-

⁸ В. И. Вернадский. Биогеохимические очерки. М., Изд-во АН СССР, 1940, стр. 186; Ю. А. Урманцев и Ю. П. Трусов. О специфике пространственных форм и отношений в живой природе. «Вопросы философии», 1961, № 6; их же. О свойствах времени. «Вопросы философии», 1961, № 1; Ю. А. Урманцев. О философском и естественнонаучном значении векторной проявленности правизны и левизны в живой природе. Сб. «О сущности жизни». М., «Наука», 1966; В. С. Готт, Н. П. Депенчук. Симметрия и асимметрия на грани перехода от неживого к живому. Сб. «Философские вопросы современной биологии». Киев, 1962.

⁹ См. А. П. Терентьев и Е. И. Клабуновский. К проблеме абсолютного асимметрического анализа. «Уч. зап. МГУ», орган. химия, 1951, кн. VIII, вып. 151, стр. 145.

го закрепились в эволюции, поскольку она способствовала резкому усилению функций живых систем.

Структурное различие тел живой и неживой природы определяет целый ряд функциональных различий. Так, например, асимметричность и гетерогенность биоструктур придают ярко выраженную индивидуальность химическим соединениям живого. В способности органической материи к созданию практически безграничного количества структур молекул, поскольку все они связаны с индивидуальностью и различны в каждой особи, В. И. Вернадский видел одно из важнейших отличий живых естественных тел от «косных». В то же время индивидуальность химических соединений тел неживой природы весьма неразвита в пределах каждого класса тел.

Возможность бесконечного разнообразия типов структур в живой природе является благоприятным условием для высокой специализации компонентов живого на выполнении строго определенных функций в организме при сохранении в то же время способности к замещению в определенных условиях некоторых компонентов в связи с повреждением или временным отключением их. Молекулярная специализация порождает клеточную, клеточная — органальную. Причем чем выше уровень организации живой материи, тем более развита специализация компонентов живого. Процесс углубляющейся дифференциации органелл и клеток живого сопровождается возрастанием роли интегрального фактора. В постоянной борьбе этих противоположно направленных процессов развивается особый тип целостности живой системы.

С усложнением структуры нарастает целостность живой системы, объединенной общими для этой системы закономерностями. Значение каждой из частей в такой системе неизмеримо возрастает в силу участия каждого компонента в обеспечении циклов обмена веществ организма с окружающей средой. Эмпирически эта закономерность подтверждается различной степенью допустимого нарушения целостности живых систем в зависимости от уровня их развития. Для гидры способность к регенерации исключительно высока, но эта способность становится тем ограниченнее, чем к более высокому уровню организации живой материи мы переходим. Наконец, для человека даже небольшое повреждение коры головного мозга чревато серьезным расстройством психических функций, а то и летальным исходом.

Следует отметить, что и различие в степени целостности систем живой и неживой природы имеет относительный характер. В неживой природе тоже встречаются системы довольно развитого типа целостности (например, географическая оболочка, земная кора и т. д.), но только для органических систем характерен высший тип целостности, т. е. такой, когда ни один из видов сопряженных в системе движений (механическое, физическое или химическое) не может совершаться самостоятельно, а лишь опосредуя друг друга. Видимо, это и следует принять за критерий различия орга-

нических и неорганических целостных систем и употреблять это понятие в соответственном смысле¹⁰.

Рассмотренная вами выше узкая специализация компонентов организма представляет лишь одно из функциональных различий вытекающих из особенностей структуры вещества живого. Есть другие важные функциональные различия тел живой и неживой природы.

В отличие от тел неживой природы, организм обладает свойствами раздражимости, саморегулирования, роста, размножения и передачи наследственных признаков. Все эти отличительные черты в виде возможности прослеживаются и в неживой природе, но в органическом мире они получили свою развитую форму. Так свойство раздражимости живой материи является дальнейшим развитием и усложнением общего для всей материи свойства отражения¹¹. Но если в неживой природе это свойство выражается пассивно, как способность материи запечатлеть то или иное материальное воздействие и отвечать соответствующим изменением структуры, то в живой природе это свойство выражается активно как способность живой материи целесообразно реагировать на поступившее воздействие. Момент активности выражен во все большей степени по мере перехода от свойства раздражимости, присущего уже протоплазме, к ощущению, а от него — к сознанию.

Каждый организм ассимилирует условия окружающей его среды строго избирательно в соответствии со своей внутренней природой. На протяжении длительной эволюции живой материи, постоянном взаимодействии с меняющейся средой у организмов развилась исключительно экономичная способность быстро самонастраиваться на оптимальный режим работы в ответ на новые условия среды. Асимметричность и сложный состав живых структур придают им замечательную лабильность. Причем изменения в организмах, в отличие от неживой природы, носят ярко выраженный необратимый характер, хотя момент обратимости играет существенную роль и здесь, проявляясь в многократном круговороте ферментов, витаминов и их осколков в биохимических реакциях.

В. И. Вернадский прямо связывал явную необратимость процессов, идущих в живом, с особенностями пространства, занимаемого жизнью. Асимметричности пространства, занятого живым, должна соответствовать полярность времени, проявляющаяся в том, что биологические процессы необратимы. И, наоборот, для симметричных в основном структур неживой природы характерна относительная обратимость происходящих в них процессов. Эта обратимость, правда, имеет относительный характер, поскольку в неживой природе нет абсолютной симметричности структуры.

¹⁰ Заслуживает внимания предложение В. И. Кремянского употреблять для развитых целостных систем неживой природы понятие «органичные», в отличие от органических систем живой природы. См. «Вопросы философии», 1958, № 8, стр. 100.

¹¹ См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 40. ,

Поэтому и здесь происходит, хотя гораздо медленнее, чем в живой природе, поступательное развитие. Живая природа в своем развитии дает огромное разнообразие форм, которые весьма быстро сменяют друг друга, образуя единый эволюционный процесс, восходящий к системе все более высокой организации.

До определенного периода физиологическое развитие организма особенно проявляется в его росте, сопровождающемся увеличением массы. Но и после прекращения физиологического роста организм, как правило, продолжает развиваться, так как продолжается аккумуляция воздействий внешней среды. Благодаря способности к передаче наследственных признаков в живой природе эволюция отдельных организмов становится эволюцией вида и рода. Для функциональных отличий органической природы от неорганической характерно резкое возрастание интенсивности химических реакций, что особенно проявляется в скорости и ритмичности их протекания. В значительной степени это является следствием перехода от преобладающих в неорганической природе рацематов, т. е. химических смесей, содержащих примерно одинаковое количество левых и правых оптических изомеров, к оптически активным веществам, составляющим основу живого. Стереоспецифические реакции гораздо богаче энергией, чем реакции, компонентами которых являются рацематы, а это служит важнейшим условием интенсивности биохимических реакций.

Рассмотрим некоторые энергетические различия процессов живой и неживой природы. Следует отметить, что переход от неживой материи к живой сопровождался существенным повышением энергетического уровня, характерного для асимметричных молекул живого. При этом никакого нарушения закона сохранения энергии не происходит. Дело в том, что в симметричных структурах, характеризующихся равновесным, устойчивым положением составляющих элементов, энергия находится главным образом в связанном состоянии. Напротив, в структурах асимметричных значительно большая часть энергии пребывает в свободном, активном состоянии. Поэтому меньшей массе асимметрично организованного вещества может соответствовать гораздо большее количество активной энергии по сравнению с превосходящей массой симметрично организованного вещества, энергия которого находится преимущественно в потенциальном состоянии.

Энергетически активные материальные системы в ходе обменных процессов с окружающей средой вовлекают в свой цикл все большее количество вещества менее активных систем. Так постоянно возникает в природе разность потенциалов энергии и, как следствие этого, происходит направленный ток вещества и энергии от менее активного к более активному полюсу взаимодействия. Применительно к рассматриваемой теме такими полюсами являются живая и неживая природа.

Органический мир развивается в полном соответствии со всеобщим законом сохранения, но, в отличие от энтропийного процес-

са, преобладающего в неживой природе, в результате излучения энергии в окружающее пространство при различных энергетических превращениях, живое вещество способствует накоплению свободной энергии в зоне распространения жизни. Это происходит благодаря космической функции зеленых растений, которые непрерывно аккумулируют лучистую энергию, посылаемую Солнцем. Деятельностью живого вещества и прежде всего зеленых растений создается негэнтропийная тенденция энергетического баланса на нашей планете. Эта негэнтропийная тенденция осуществляется не только путем накопления энергии непосредственно в живом веществе, но и путем накопления богатых энергией биогенных веществ — различных органических остатков, органогенных пород, газов и вод. Плодородие почвы и океана является также функцией органического вещества, остающегося после смерти животных и растений. Энергетические запасы каменного угля, горючих сланцев, торфа давно используются человеком в его практических целях. Все это различные формы преобразования органического вещества, масса которого в результате прогрессивного развития органического мира неуклонно нарастает. Подсчитано, например, что даже в середине палеозоя масса органического вещества составляла 0,00001—0,000001 современной¹². Соответственно возрастает и энергетический потенциал биосферы.

Но биосфера связана обменными процессами также с более глубокими сферами Земли. В. И. Лебедев и Н. В. Белов¹³ обратили внимание на то, что силикаты, образующиеся в биосфере и в магматической оболочке, имеют различную структуру. Поэтому глинистые минералы биосферы, как полагают авторы, обладают большими запасами внутренней энергии, чем полевые шпаты и другие алюмосиликаты, характерные для магматических пород. Источником этой энергии в конечном счете является солнечное излучение, а механизм ее поглощения кристаллическим веществом, возможно, связан с процессом минерализации остатков организмов. Попадая затем при опускании пород из поверхностных слоев в области высоких давлений и температур, глинистые минералы биосферы переплавляются, образуют вновь полевые шпаты, а заключенная в них энергия высвобождается и активизирует магматические процессы. Так в сочетании с радиоактивными элементами алюмосиликатные породы способствуют увеличению внутренней энергии Земли. Очевидно, что современная геология должна учитывать влияние жизни не только на гипергенные геологические процессы, но и на более глубинные, включая и магматические.

Рассмотрение общего и специфического живой и неживой природы в генетическом, структурном, функциональном и энергетическом планах позволяет выявить методологические основы анализа их взаимодействия.

¹² См. К. К. Марков. Палеогеография. Изд-во МГУ, 1960, стр. 202.

¹³ См. Н. В. Белов, В. И. Лебедев. Источники энергии геохимических процессов. «Природа», 1957, № 5.

ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ ЖИВОЙ И НЕЖИВОЙ ПРИРОДЫ В ПРОЦЕССЕ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

В соответствии с данными современной науки развитие в природе совершается путем возникновения все более сложных форм движения материи на основе ранее существовавших простых форм. Каждому уровню развития материи присущ свой характер взаимодействия составляющих объектов. Закономерно то, что низшие формы движения материи при возникновении из них высших форм не уничтожаются, а сохраняются как условия ее существования. В процессе возникновения высшей формы устанавливается определенный порядок взаимосвязи включенных в нее низших форм движения, которые при этом значительно теряют свою самостоятельность, подчиняясь сложной, высшей форме движения.

Все эти общие особенности присущи и характеру взаимодействия, сложившемуся между живой и неживой природой.

Живая материя развивается значительно быстрее неживой. Повсеместное распространение жизни в пределах биосферы накладывает заметный отпечаток на все процессы неживой природы, играя решающую роль в темпах и направлении физических и химических реакций. Следовательно, с возникновением жизни органическая форма движения материи становится главной и ведущей в процессе развития природы. Теперь, когда в общей взаимосвязи форм движения материи выделена главная, в новом свете предстает и основное противоречие в развитии биосферы. Таким основным противоречием, по-видимому, следует называть противоречие, определяющее все остальные противоположные тенденции в развитии, а также общее направление развития.

Для биосферы основным противоречием выступает противоречие между живой и неживой природой. Им определяются все процессы, и оно в своем разрешении выражает тенденцию развития. Противоречие между живой и неживой природой является главным прежде всего в той связи, что его разрешение ведет к дальнейшему развитию органической природы.

Разумеется, что эволюционный процесс живых форм обеспечивается внутренними специфическими закономерностями развития органической материи, но эти закономерности, как и характер их, зависят прежде всего от взаимодействия с неорганической природой как постоянным источником вещества и энергии. Живая материя не только гораздо быстрее развивается, нежели косная, но, что особенно важно, наблюдается постоянное ускорение темпов ее развития по мере усложнения структуры и возникновения более совершенных форм. Соответственно возрастают и масштабы, а также качественная сторона изменений неорганической материи на поверхности Земли.

Ведущая роль живой природы во всех происходящих на земной поверхности процессах особенно сильно проявляется в двух пла-

нах: 1) в миграции вещества; 2) в энергетических превращениях. Остановимся коротко на каждом из них.

В небывало короткий по сравнению с геологическим временем срок живые организмы перерабатывают (пропускают через себя) огромные количества неорганического вещества, способствуя его перераспределению и усложнению. Так, например, в течение 12 лет через организмы биосферы проходит такое количество углерода, которое в 10 раз превышает все содержание его в земной коре¹⁴. И это неудивительно, так как углерод является основой структуры органического вещества. Естественно, что наибольшее воздействие со стороны живой материи испытывают те элементы неорганической природы, в которых более всего нуждаются организмы. Однако лишь небольшое число элементов входит в состав живого в заметных количествах. Это так называемые макроэлементы. Из них особенно выделяются процентным содержанием (более 98%) элементы, получаемые организмами в основном из воздуха — воздушные мигранты: кислород, углерод, водород, азот¹⁵.

Эти элементы обладают довольно значительными «кларками»¹⁶ и для земной поверхности в целом. Однако существует ряд химических элементов, содержание которых в оболочке Земли и в организмах незначительно и тем не менее роль их для биогенного обмена очень велика. Это так называемые микроэлементы: бор, медь, цинк, марганец, кобальт и т. д. Организмы чутко реагируют на малейшие примеси их в комплексе условий жизни. Работы А. Е. Ферсмана, А. П. Виноградова и Д. Н. Прянишникова показали, что в случае даже малейшего недостатка или избытка необходимых для обмена веществ микроэлементов в организме происходят необратимые изменения вплоть до появления различного рода эндемических заболеваний. Почти для всякого химического элемента в биосфере есть организмы, которые его концентрируют, надежно удерживая в цикле своего вида, и этим они геохимически отличаются от других видов организмов. В результате на земной поверхности создаются зоны избыточного или недостаточного содержания тех или иных химических элементов, образуются своеобразные геохимические провинции биогенного происхождения. Большую работу по исследованию роли живого вещества в миграции химических элементов провел Я. В. Самойлов, который доказал, например, органогенность большинства горных пород на поверхности Земли.

Пожалуй, еще более внушительную картину представляет энер-

¹⁴ См. Б. Б. Полюнов. Избр. труды. М., Изд-во АН СССР, 1956, стр. 425.

¹⁵ См. А. И. Перельман. Геохимия ландшафта. М., Географгиз, 1961, стр. 45.

¹⁶ Кларком называется, по предложению А. Е. Ферсмана, единица частоты химических элементов в земном веществе и в космосе.

гетическое воздействие жизни на земные процессы. Главный источник энергетического потенциала нашей планеты лежит вовне — это энергия Солнца. Солнечную энергию улавливают и трансформируют в действенную земную энергию — электрическую, химическую, механическую, тепловую — многочисленные живые организмы, населяющие биосферу, и прежде всего зеленые хлорофиллоносные растения, которые служат источником пищи для всех остальных организмов. Всю биосферу можно рассматривать как область, занятую различными трансформаторами солнечной энергии. Тем самым живое вещество биосферы является источником свободной энергии на нашей Земле.

Количественно живое вещество Земли составляет лишь очень небольшую часть по отношению к массе тел неживой природы. По подсчетам В. И. Вернадского, масса Земли равна $6 \cdot 10^{21}$ т, а масса живого вещества всего 10^{14} — 10^{15} т, или примерно 10^{-7} по отношению к массе Земли¹⁷. Однако благодаря высокой интенсивности метаболических процессов живого качественный эффект воздействия организмов на неживую природу чрезвычайно велик. Все ныне происходящие на земной поверхности химические процессы так или иначе связаны с жизнедеятельностью организмов. «С исчезновением жизни, — замечает В. И. Вернадский, — не оказалось бы на земной поверхности силы, которая могла бы давать непрерывно начало новым химическим соединениям. На ней неизбежно установилось бы химическое равновесие, химическое спокойствие, которое временами и местами нарушалось бы привнесом веществ из земной глубины: газовыми струями, термами или вулканическими извержениями»¹⁸. Поверхность Земли с исчезновением жизни представляла бы собой такое же нагромождение «мертвой» породы, как поверхность нашей спутницы Луны.

Жизнь не только обуславливает в значительной мере химизм внешней оболочки нашей планеты, но способствует возрастанию его интенсивности по мере появления в ходе эволюции более развитых органических форм и по мере возрастания массы живого вещества. Развитие органического мира связано с повышением его энергетического потенциала потому, что в ходе эволюции закрепляются такие органические формы, которые способствуют увеличению биогенной геохимической энергии вида. «Это положение В. И. Вернадского сформулировано им как второй биогеохимический принцип¹⁹. Смысл его заключается в том, что в ходе естественного отбора выживают особи, лучше всего отвечающие требованиям увеличения численности вида. Необходимым условием этого является повышение жизненной энергии особи, что в свою

¹⁷ См. В. И. Вернадский. Очерки геохимии. М.—Л., Грозный—Новосибирск, 1934, стр. 172.

¹⁸ В. И. Вернадский. Избр. соч., т. V. М., Изд-во АН СССР, 1960, стр. 21.

¹⁹ См. В. И. Вернадский. Биогеохимические очерки, стр. 185.

очередь влечет нарастание интенсивности обменных процессов и возрастание воздействия жизни на неорганическую природу. В результате повышается энергетический уровень биосферы в целом, нарастает интенсивность и слаженность вещественно-энергетических процессов.

По мере развития жизни биосфера становится все более обособленным, целостным образованием. Дальнейшее развитие получают в ней процессы обмена веществом и энергией между различными сферами Земли.

В существовавший ранее геологический круговорот вещества и энергии включается, с появлением жизни, биологический круговорот. Организмы стали изымать на свое построение значительное и, по мере развития жизни, все возрастающее количество элементов из геологического круговорота и задерживать их в цепи живой материи на неопределенно долгий срок. Однако рано или поздно некоторые элементы неживой природы, взятые когда-то организмами на свое построение, выносятся за пределы биологического круговорота различными элювиальными процессами. Таким образом, биологическое ответвление от геологического круговорота вновь замыкается на нем, образуя в конечном счете единство обменных процессов в природе.

Итак, проследив роль живого вещества в истории нашей планеты, можно сделать вывод, что для внешней оболочки Земли его роль является определяющей и главной во всех основных вещественно-энергетических процессах.

В связи с этим представляет интерес концепция, развиваемая Н. А. Солнцевым в его статье «О взаимоотношениях «живой» и «мертвой» природы»²⁰. Соглашаясь с тем общепринятым в современной науке положением, что «роль живого вещества в жизни нашей планеты исключительно велика»²¹, Н. А. Солнцев предлагает «рассматривать роль живой природы в жизни Земли и ее ландшафтов... в двух совершенно разных аспектах». Во-первых, с точки зрения суммарного результата «совокупного влияния миллионов организмов на протяжении многих сотен миллионов лет». Во-вторых, с точки зрения «сравнительной оценки силы (мощности) влияния «живой» природы на «мертвую» природу в краткий отрезок времени: сутки, месяц, год»²². Если для первого аспекта им признается хоть и не ведущая, но заметная роль биологического фактора в воздействии на неживую природу, то для второго аспекта ведущая роль признается за «мертвой» природой, к которой живая природа главным образом приспосабливается, т. е. относится пассивно, по словам автора. Соответственно биогенным факторам (почва, растительность, животный мир) отводится последнее место в ряду прочих факторов, перечисленных по силе воздействия на характер развития природы, а на первое место вы-

²⁰ «Вести. Моск. ун-та», сер. геогр., 1960, № 6.

²¹ Там же, стр. 13.

²² Там же, стр. 13—14.

двинуты так называемые литогенные факторы (геологическое строение, литология поверхностных пород, рельеф). Промежуточное место по важности роли во взаимодействии живой и неживой природы заняли, согласно этой классификации, гидроклиматогенные факторы.

С методологической точки зрения обращает на себя внимание неоправданный отрыв оценки значения биогенных факторов для развития биосферы в настоящее время от оценки их роли в развитии природы за продолжительный период — с момента появления жизни на Земле и до наших дней.

Суммарный эффект воздействия живого вещества, значение которого признает и автор статьи, дает о себе знать постоянно, он выступает как вполне реальный фактор в каждом единичном акте взаимодействия живого и неживого, а не существует где-то между прочим. Автор прав только отчасти, выделяя ведущую роль геолого-климатологических факторов для поры раннего существования жизни, когда она была еще слишком неразвита и не был еще столь заметен суммарный эффект ее воздействия на среду. Но с того момента, как жизнь стала повсеместной для нашей планеты и наложила качественный отпечаток на все наружные процессы Земли, именно к живой материи перешла ведущая роль в эволюции природы в пределах биосферы.

Особенно ярко проявилась эта ведущая роль живой материи с возникновением высшего продукта ее развития — человека. Однако и для развития человеческого общества географическая среда на первых порах играла гораздо большую роль, чем затем, когда накопился достаточный суммарный эффект воздействия на нее со стороны человека и была создана резко отличающаяся от окружающей природы искусственная среда его существования — человеческого общества — ноосфера²³.

Ведущая роль живой природы в процессах биосферы позволяет определить общую тенденцию развития системы биосферы как целого. Переход от неживого к живому связан с возникновением нового качественного соотношения между организмом и средой. Поддерживая обмен веществом и энергией, организм постоянно нарушает и в то же время вновь восстанавливает равновесие со средой, которая в свою очередь тоже не остается постоянной. Создается сложная динамическая система обратной связи, обеспечивающая возможность постоянного развития и совершенствования организмов.

Б. Б. Польшов так выразил этот новый тип связи организмов и среды: «Живое вещество является системой, которая находится в принципиальной перманентной борьбе с равновесием»²⁴. Наиболее ярко новый характер взаимосвязи между живым и неживым проявляется в таких специфических для живой природы ассоциа-

²³ См. В. И. Вернадский. Несколько слов о ноосфере. «Усп. совр. биол.», 1944, т. 18, вып. 2, стр. 113.

²⁴ Б. Б. Польшов. Избр. труды. М., Изд-во АН СССР, 1956, стр. 437.

циях как биоценозы. Под биоценозами современная экология подразумевает «исторически сложившиеся устойчивые группировки организмов, связанные общностью главнейших экологических признаков, возникших и возникающих в историческом процессе приспособления организмов к условиям среды»²⁵. В этом понятии справедливо отражена необходимость изучения органического мира в единстве с условиями его существования. Только тогда станут понятны и основные его закономерности и главная тенденция его развития.

Изменения, причиняемые среде в результате жизнедеятельности каждого отдельно взятого вида, носят необратимый характер в сторону уменьшения пригодности среды для жизни этого вида. Однако для других видов организмов именно эти изменения являются необходимыми в процессе жизнедеятельности. Так складывается в органическом мире цепь необходимых связей, замыкающаяся на неорганической природе как через зеленые растения, так и через микроорганизмы — сапрофиты. Без такого симбиотического опосредования друг друга организмами различных групп и видов невозможно было бы осуществление постоянного круговорота вещества и энергии между живой и неживой природой. Условия существования были бы скоро исчерпаны организмами.

Живое вещество биосферы представляет собой по существу хорошо согласованную систему биоценозов. В таком случае биосферу в целом можно рассматривать как систему биоценозов. Связи между биоценозами и внутри них составляют структуру биосферы.

Эти связи одновременно и стабильны, и подвижны. Как отмечалось выше, каждый органический вид в ходе борьбы за существование стремится увеличить свою биогеохимическую энергию. Выживают и развиваются те виды, которые более преуспевают в этом процессе.

В силу тесной обусловленности всех звеньев биосферы изменения в любом ее звене сказываются со временем и на остальных. Следовательно, каждый развивающийся вид способствует общему процессу аккумуляции вещества и энергии в биосфере. По закону обратной связи повышение вещественно-энергетического уровня биосферы сообщает органическому миру новый импульс развития и т. д.

Все это помогает понять то общее положение, что в условиях нашей планеты «восходящее развитие всей живой природы совершенно не подлежит сомнению»²⁶.

Соответственно все быстрее становятся темпы развития органического мира и все более интенсивно совершаются обменные процессы. Однако усложнение структуры и повышение энергетики

²⁵ Б. Г. Иоганзен. Основы экологии. Томск, 1959, стр. 240.

²⁶ Л. Ш. Давиташвили. Очерки по истории учения об эволюционном прогрессе. М., Изд-во АН СССР, 1956, стр. 210.

ческого уровня определенной части материи происходят за счет неравномерного перераспределения вещества и энергии, что связано с неравномерностью самих условий обменных процессов на поверхности Земли. Это привело к неравномерному развитию одних участков материи за счет других. Результатом неравномерности развития материи является ее дивергенция, поляризация на расходящиеся ветви, из которых одна представляет продолжение основной магистрали развития, а другая выступает побочной ветвью по отношению к главной. Для побочных ветвей эволюции природы характерны замедленные темпы развития, иногда даже с частичным упрощением структуры. Однако побочные ветви продолжают находиться в необходимой связи с основной и являются важнейшим условием ее развития.

Так, с разделением материи на органическую и неорганическую природу последняя продолжает оставаться необходимым условием развития жизни, так как связана с ней теснейшим образом обменными процессами. То же самое можно сказать о разделении органической природы на животный и растительный мир и т. д. Становится ясным, что без такой поляризации на расходящиеся ветви невозможно было бы восходящее развитие природы.

Таким образом, поляризация материи есть способ разрешения противоречия между способностью материи к усложнению структуры в результате перераспределения вещества и энергии и необходимостью оставаться в рамках цикличности обменных процессов. Так происходит самодвижение материи и выход ее за пределы цикличности без нарушения цикличности. Через явление поляризации или дивергенции материи возможно диалектическое совмещение цикличности и поступательности в развитии природы.

ОБЩИЕ ЧЕРТЫ НОВЕЙШЕЙ ИСТОРИИ ПРИРОДЫ ПОВЕРХНОСТИ ЗЕМЛИ

Человечеству посчастливилось — оно появилось на грешной планете в период крупнейших изменений природы нашей планеты, ускоривших ее развитие. Было бы неблагоприятным не замечать стройные закономерности в общем ходе событий, потрясавших поверхность нашей планеты вот уже в течение по меньшей мере сотни тысяч лет. Это время называется четвертичным периодом, ледниковым периодом или антропогеном. Первое название предложено более ста лет назад и имеет преимущества приоритета, но не более. Второе — подчеркивает самое яркое и грандиозное природное влияние новейшего геологического времени, а третье — начало истории человеческого общества.

Семья наук о Земле обширна. Много общих закономерностей можно анализировать, опираясь на различные ее разделы. Но именно палеогеография четвертичного периода имеет в своем распоряжении преимущества. Во-первых, четвертичный период отличался от других этапов истории Земли исключительной быстротой и большими масштабами изменений природных ландшафтов и, во-вторых, эти изменения геологически столь молоды, что они упрощаются и подтверждаются с большей достоверностью, чем в осадочных геологических процессах. Среди закономерных изменений природы четвертичного периода следующие являются главнейшими.

РАЗВИТИЕ ПРИРОДЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Развитие воды предполагает общую направленность, необратимость, а значит неповторимость изменений. В четвертичном периоде, несмотря на его малую продолжительность, на земной поверхности происходили неповторимые изменения, которые и следует считать развитием природы. Современный лик Земли после этой эпохи стал иным¹.

Часто развитием природы нередко считают повторно созданные

¹ Подробней об этом см. наша статья «Природа новейшего геологического времени», «Природа», 1962, № 12, стр. 38 и «Общая картина истории Земли», «Известия», 1961, № 5.

изменения — ритмы. Краткость четвертичного периода, несомненно, затрудняет открытие в нем системы неповторимых изменений природы. Вероятно, поэтому подавляющее большинство исследований четвертичного периода ограничивается констатацией ритмических изменений природы. Показательны поистине бесчисленные работы о числе и характере повторных ледниковых и межледниковых эпох. В последнее время также много внимания уделяется ритмам изменения увлажненности материков.

Бесспорно, ритмические изменения природы происходили не только в далеком геологическом прошлом. Они весьма характерны и для четвертичного периода (о чем также подробно говорится в упомянутой выше статье). Но повторные (ритмические) изменения природы не должны для нас заслонять неповторимых ее изменений или собственно развития природы земной поверхности.

Процесс развития предполагает и циклические изменения, но не сводится к ним. Долгое время крайне редки были счастливые исключения из многочисленных работ о повторно ритмических изменениях. К таким исключениям относятся представления В. И. Громова² о развитии фауны млекопитающих, которое рассматривается им в качестве системы неповторимых изменений фауны.

Однако развитие фауны не было изолированным явлением. Ниже приведены в графике следующие примеры развития многих других компонентов природы: на протяжении I — верхнего плиоцена (эполейстоцена), II — предледникового потепления кромер и III — четвертичного периода, или плейстоцена, в наиболее общепринятых возрастных границах (рис. 1, а).

Кривая составлена на основании изучения экологии ископаемых моллюсков из ракушечных песков (крагов) Восточной Англии. Изменения температуры носили неповторимый характер. Этот основной фон изменений осложнялся ритмическими изменениями температуры.

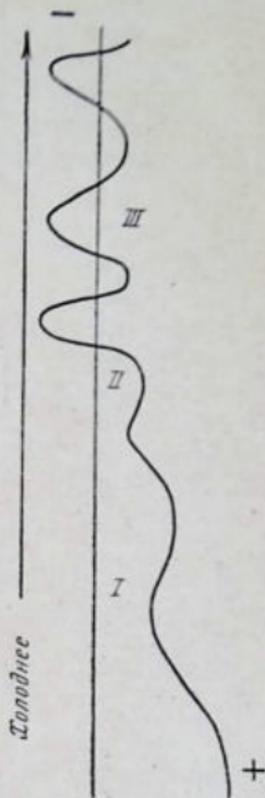


Рис. 1, а. Кривая изменения температуры Восточной Англии (по Ф. Цейнеру)

² См. В. И. Громов. Палеонтологическое и археологическое обоснование стратиграфии континентальных отложений четвертичного периода на территории СССР (млекопитающие, палеолит). «Тр. Ин-та геол. наук АН СССР», геол. сер., № 17, 1948, вып. 64.

В течение четвертичного периода происходило непрерывное развитие слонов из исходной формы, вероятно плосколобого строения. Развитие выразилось в выделении целого ряда новых видов и в дивергенции древних видов. На рисунке видны три различные филогенетические линии. О них будет еще сказано ниже (рис. 1, б).

Реконструкция климата южных предгорий Альп основана на изучении ископаемой флоры верхнего плейстоцена и нижнечетвертичного периода (рис. 1, в).

Для Тиринтария обращает на себя внимание «диагональный» вид диаграммы. Он зависит от того, что с течением времени вы-

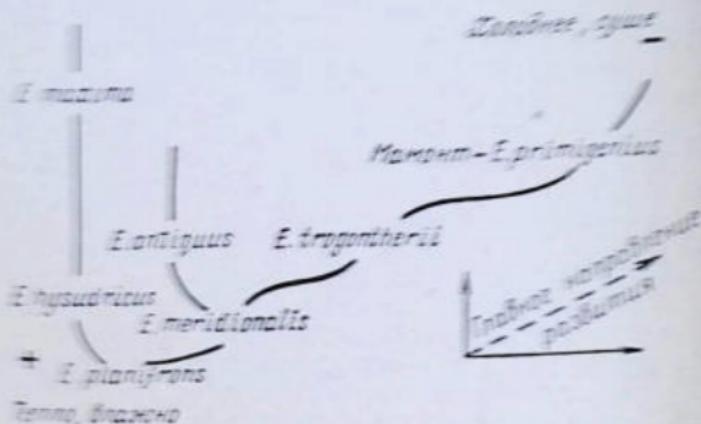


Рис. 1, б. Кривые филогенетического развития древних слонов в Европе (по К. Адльху)

мирали теплолюбивые виды деревьев (слева, внизу) и получали господство холодостойкие виды деревьев (справа, наверху) (рис. 1, в).

Экваториальная часть Тихого океана. При общем похолодании климата оно было значительнее в полярных областях, чем в экваториальном поясе. Отмеченное различие обусловило в четвертичном периоде усиление вертикального круговорота воды мирового океана. Поэтому температура придонного слоя воды повысилась, растворимость карбонатов понизилась и выпадение карбонатов из раствора в осадок увеличилось. Слева — тысячелетия «Р» — граница плейстоцена и четвертичного периода. На фоне направленного похолодания климат ритмически изменяется (ритмичность слева) (рис. 1, в).

Похолодание вод Средиземного моря выражено в градусах Цельсия (цифры наверху). Палеотемпературные кривые составлены по соотношениям содержания изотопов кислорода C_{18} , C_{16} в известковых раковинах фораминифер (рис. 1, в).

В диаграмме изменений микрофлоры Южного океана тоже видна «диагональная» картина. Справа налево различные обозначения показывают экологические группы диатомовых, от тропических (справа) до антарктических (слева). На фоне общего похолодания происходили ритмические потепления вод (рис. 1, ж).

Кривая изменения температуры летних месяцев в течение 600 тыс. лет основана на закономерностях, установленных М. Миланковичем. Земная поверхность воспринимает переменное количество солнечной радиации вследствие изменения экспозиции поверхности Земли по отношению к Солнцу, что вызывается непостоянством различных элементов движения самой Земли (в особенности изменением угла наклона земной оси к ее орбите). Фазы наибольшего похолодания зачернены. Видно, что они нарастают с приближением к современности и что они прерывались потеплением климата на фоне направленного — нарастающего похолодания климата (рис. 1, з).

Число примеров развития природы в четвертичном периоде можно увеличить. Так, например, изменяется направленно ритмическим образом литология лесса (от красновесов к типичным палевым лессам, по А. С. Кесь). Направленно ритмический характер имеет изменение минералогического состава аллювия (по Н. Г. Судаковой) и т. д.

Остановимся еще на одном графическом примере. Он изображает названные закономерности наиболее полно. Я имею в виду рис. 2, заимствованный у известного польского палеоботаника В. Шафера (1961). Рисунок изображает географические элементы третичных и четвертичных флор Польши в их историческом развитии. Процесс развития флор заключался в вымирании древних элементов флор (тропических, субтропических, в том числе восточноазиатских, североамериканских и средиземноморских), в появлении и распространении новых элементов флор — голарктического, но в особенности арктического и антропогенного элементов. Хорошо видны также ритмические изменения. Таким образом, и фауна млекопитающих и флора высших растений испытали принципиально совершенно сходное развитие.

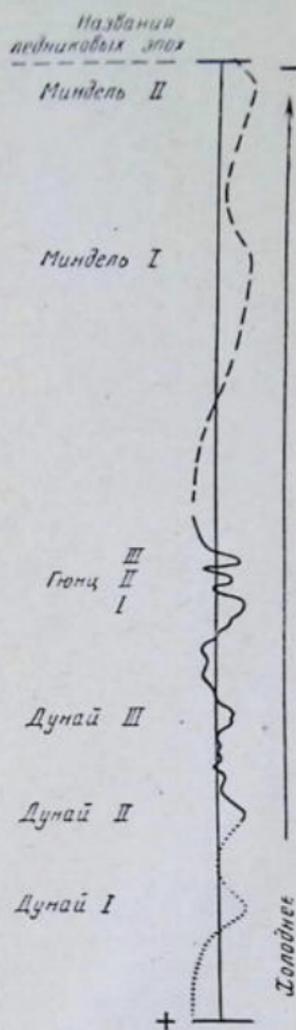


Рис. 1, в. Кривая изменения температуры южных предгорий Альп (по С. Венцо)

Примеры выбраны нами для различных компонентов природы (зоологически, фауна, млекопитающие и микрофауна, высшая растительность, микрофлора, изменение состава осадочно-испарения, изменение радиационного баланса земной поверхности). Хотя примеры относятся к различным географическим поясам земной поверхности (экваториальный, субтропический и два умеренных пояса), результат получен общий для всей поверхности. Развитие



Рис. 1а. Схематизированная пьезовая диаграмма четвертичных отложений Приангарья (по М. П. Гринчу)

природы земной поверхности, осложненное ее ритмическими изменениями, вызвано похолоданием климата в течение плицена — четвертичного периода³.

Заметим, что авторы приведенных примеров сами не имели в виду подобного вывода. Тем более примеры выглядят убедительными. Палеогеографическая их сущность заключается в качественном разнообразии, т. е. комплексности изменений природы. Это дает право говорить о развитии зонально-полюсной системы Земли. Развитие последней характеризовалось следующей особенностью: географические зоны (полюса) тем моложе, чем выше их широтное положение⁴. Верхом развития зонально-полюсной системы было возникновение в четвертичном периоде континентальной и ледниковой зо.

³ Похолодание происходит в начале плицена.

⁴ См. К. К. Марков, Палеогеография, М., Географгиз, 1959.

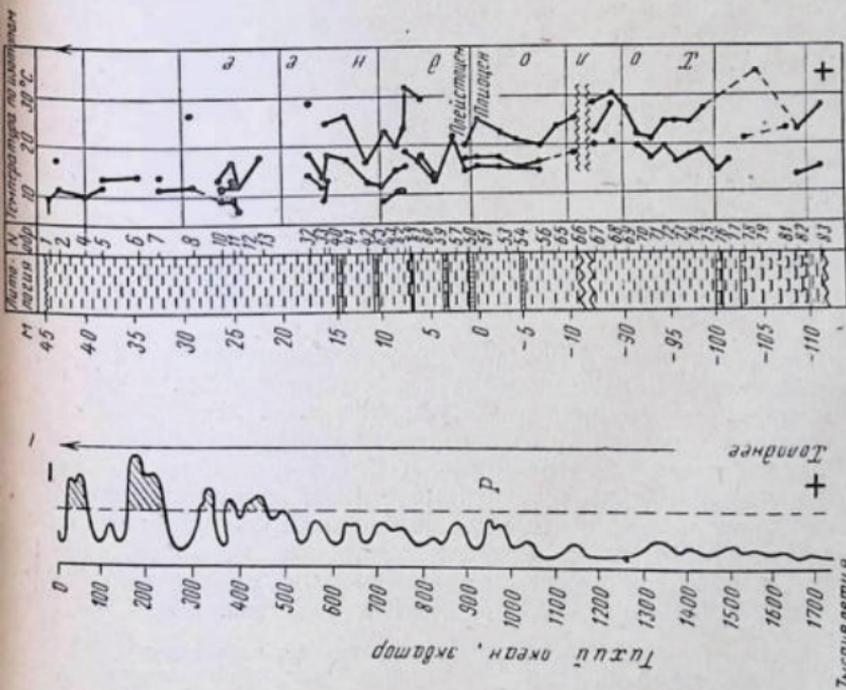


Рис. 1, д. Нарастание карбонаты осадков в течение плиоцена и четвертичного периода (по С. Арренусу)

Рис. 1, е. Похолодание вод Средиземного моря (Сицилия) в плиоцене — плейстоцене (по Ц. Эмилиани)

Различные группы ископаемых диатомовых водорослей

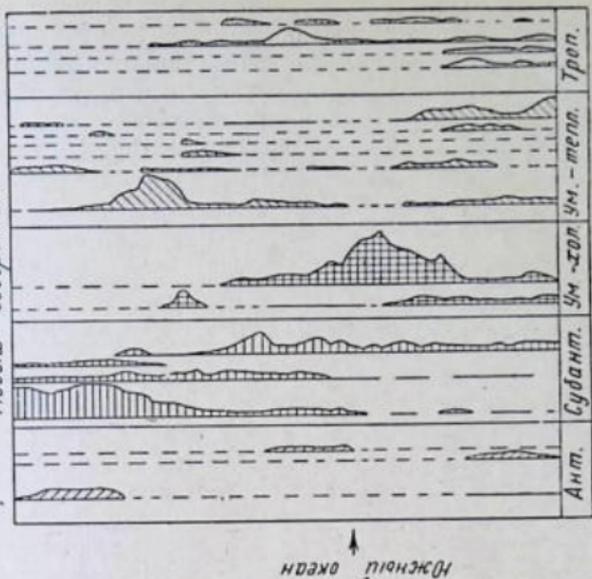


Рис. 1, ж. Изменение микрофлоры диатомовых водорослей в колонке осадков Южного океана (меридиан Южной Африки, умеренный пояс) (по А. П. Жузе)

НЕРАЗРЫВНОСТЬ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

На этом втором важнейшем вопросе остановимся весьма кратко, отослав читателя к недавно опубликованной статье («Природа», 1965, № 5) и к некоторым другим нашим работам⁵.

В предыдущем изложении были даны иллюстрации развития природы, иначе — иллюстрации ее временных изменений. На одном из отмеченных графиков (16) показана пространственно-вре-

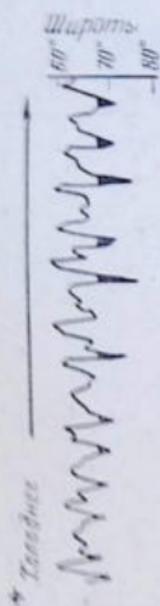


Рис. 1. а. Изменение температуры летних месяцев года вдоль 60° с. ш. за 60 тыс. лет (по А. Вокеру)

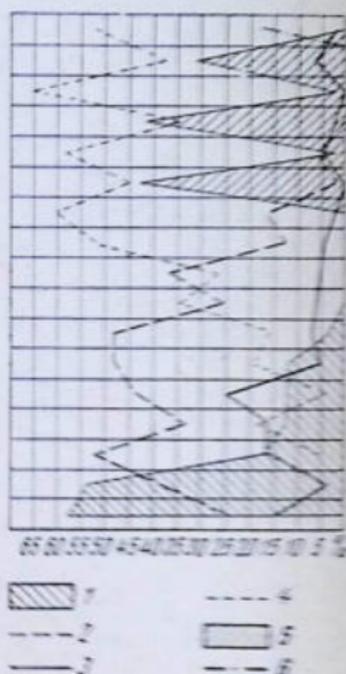


Рис. 2. Развитие и ритмические изменения фауны Польши (по Б. Шафферу, 1961)

менная связь изменений фауны. Видны три линии развития древних слонов, а не одна линия, потому что в разных районах с отличающимся комплексом природных условий, т. е. с различными условиями среды, развитие слонов происходило неодинаковым образом (появлялись различные формы). Слева показано развитие слонов в морском западноевропейском климате, справа изображено развитие слонов в континентальном восточноевропейском климате. Развитие слонов происходило повсеместно, но особенности развития определялись местными особенностями природы. В упомянутой выше статье приведены и другие примеры. В ней поз-

⁵ См. К. К. Марков. Проблемы развития природы территории СССР в четвертичном периоде. «Тр. Комиссии по изучению четвертичного периода АН СССР», 1962, т. 19.

зано, например, что мастодонты вымерли в Европе около миллиона лет назад, а в Северной и Южной Америке — 6200 лет назад, а может быть и в историческое время. Такими примерами можно также охватить все компоненты природы, показав местные различия в темпах и в направлении развития целых географических поясов или секторов отдельных географических поясов. Сходные явления в определенных закономерностях пространственных сочетаний устанавливались разновременно, точно так же, как различные явления могли устанавливаться одновременно. Эта закономерность получила название метахронности (греч. «чередование времени») развития. Общий смысл упомянутой закономерности заключается в неразрывности пространственно-временных связей явлений. Они неразрывны потому, что свойство материи — движение, зависит от конкретных условий, а последние изменяются в зависимости от пространственного положения, от места к месту.

Общепризнанно, что в сфере наиболее общих научно-философских понятий, таких, как «пространство», «время», «движение», законодательствуют физические науки. Однако науки о Земле, в частности геология и география, также могут внести и вносят много нового и интересного в проблему связи форм бытия материи. Так как географы и геологи имеют дело с более высокими формами движения и видами материи, перед ними раскрывается специфическая картина соотношения пространственно-временных характеристик развития природы земной поверхности.

РОЛЬ ОБРАТНЫХ СВЯЗЕЙ В РАЗВИТИИ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ

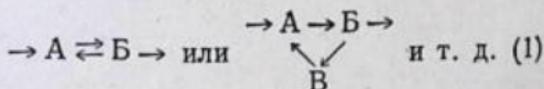
Каждый территориально-природный комплекс, изучаемый физической географией, является динамической системой, т. е. системой, способной изменять свои состояния. К этой категории относятся, например, ландшафт — основная таксономическая единица физической географии. Постоянное поступление из внешней среды тепла, света и влаги — необходимые условия функционирования такой системы. Если параметры этих потоков энергии и вещества меняются во времени, то они вызывают соответствующие преобразования и в структуре внутренних связей, специфичных для каждого ландшафта. Можно говорить, что вновь возникшая структура включает в себе в преобразованном, закодированном виде «воспринятые» ландшафтом изменения внешней среды. Охарактеризованный в терминах кибернетики ландшафт является управляемой системой, а поданные на его «вход» и трансформированные дальше, внутри него, воздействия — «командами», информацией, управляющей этой системой. Каждая капля дождя, каждая порция энергии, «усвоенная» ландшафтом, ликвидируют неопределенность в какой-то его части и потому несут в себе определенную информацию. Так, обмен энергией с окружающей средой постоянно разрешает существующую в любом физическом теле неопределенность, которая преодолевается одним из трех качественно различных путей: 1) сохранение энергетического уровня неизменным; 2) повышение и 3) понижение уровня. В каждый следующий момент эта неопределенность возникает и разрешается вновь. Поскольку информация обычно определяется как «мера определенности», как величина, обратная энтропии, постольку любое изменение состояния ландшафта под влиянием воздействий среды может изучаться как процесс получения и переработки информации.

Передача и преобразование информации в низкоорганизованных «механизмах» природы затушеваны тем, что происходит одновременно с перемещением значительных количеств вещества и энергии. Это отличает природные комплексы — биогеоценозы — от биологических и других совершенных управляемых систем.

Информационная природа внешних воздействий вскрывается яснее в тех случаях, когда эти воздействия служат лишь сигналами для реализации «программы», заложенной в самой структуре природного комплекса. При этом в энергетическом отношении импульс может быть меньше, чем вызванные им процессы. Так, увеличение количества осадков может стать сигналом к вытеснению менее устойчивых видов растений более влаголюбивыми даже в том случае, когда экологическая широта первых еще допускает их существование в новых условиях. Увеличение поверхностного стока, сопровождаемое врезанием рек, способно вызвать к жизни или усилить гравитационные процессы на склонах. В обоих примерах перестройка систем явилась результатом не прямого воздействия повышенного количества влаги, а той информации, которая в связи с этим воздействовала на «входы» биоеоценозов.

В отличие от высокоорганизованных — биологических и технических — информационных систем, природные комплексы могут не иметь четко дифференцированных «входов», «каналов связи», «элементов памяти», «блоков управления» и «выходов». Функции этих элементов обычно недостаточно определенно поделены между подсистемами природных комплексов, их пространственные границы могут быть размытыми, информационная роль подсистем меняется в пространстве и во времени. Некоторые элементы, обычные для высокоорганизованных систем, например блок управления, в природных комплексах вообще бывает трудно обнаружить. «Входами» ландшафта, на которые поступает информация, приносимая прямой и рассеянной солнечной радиацией, можно считать весь объем тропосферы над данным участком суши, всю освещенную поверхность растений, поверхность почвы и освещенный объем поверхностных вод. В качестве отдельных «блоков» машины-ландшафта, преобразующих информацию по своим «программам», можно выделить компоненты комплекса: растительность, почвы, рельеф, гидрографию и т. д. Полное количество каналов связи внутри каждого ландшафта чрезвычайно велико, однако можно существенно упростить задачу их изучения, выявляя и оценивая лишь существенные связи между отдельными «блоками».

Совершенно особую роль в функционировании природных комплексов играет обратная связь, т. е. такая связь, которая следствием какого-либо явления ставит в один ряд с причинами дальнейших изменений этого явления. При этом части динамической системы соединяются по схеме¹:



Системы с обратной связью проявляют большую или меньшую независимость от воздействий внешней среды. Такие комплексы

¹ См. У. Р. Эшби. Введение в кибернетику. М., ИЛ, 1959; см. также Л. А. Петрушенко. Принцип обратной связи. М., «Мысль», 1967.

приобретают способность сопротивляться повышению энтропии в своей структуре. Наряду с регулированием извне возникает саморегулирование. Так, на песчаном дне водного или ветрового потока в определенном диапазоне скоростей с неизбежностью возникают волны ряби. Образовавшееся позади каждой волны завихрение взаимодействует с юной формой рельефа по принципу обратной связи: обе структуры взаимно усиливают друг друга. В результате волны ряби спонтанно растут независимо от мелких колебаний скорости потока и глубины, а по достижении предельного размера проявляют своего рода «живучесть», устойчивость. Она сказывается в том, что изменение, в некоторых пределах, внешних условий — рельефа дна, поля скоростей, состава грунтов и др. — не уничтожает ни самих образований, ни основных особенностей их формы, а вносит лишь второстепенные деформации. Искусственно разрушенная песчаная гряда восстанавливается.

Достаточно хорошо известна аналогичная роль обратных связей в развитии равнинных и горных ледников², хотя само понятие «обратная связь» для этих случаев и не употреблялось.

Известно два типа обратных связей: положительная и отрицательная. Первая из них влияет на систему в том же направлении, в котором она изменяется и сама. Получается непрерывное самоусиление, вызывающее лавинообразное нарастание процесса. Роль отрицательной обратной связи противоположна: она препятствует, сопротивляется всякому отклонению системы от среднего состояния. Благодаря отрицательной обратной связи система приобретает способность к сохранению устойчивого равновесия. Система песчаная волна — вихрь связана положительной обратной связью, чем и объясняется устойчивый рост структуры на первом этапе развития. Положительная обратная связь образовалась с возникновением жизни на Земле в системе биосфера—атмосфера. Растительность создала условия для ускоренного развития живых организмов путем насыщения атмосферы кислородом и образования вследствие этого озонового экрана³. Обычны в живой и неживой природе автокаталитические реакции, в которых также осуществляется положительная обратная связь.

Примеры отрицательной обратной связи и обусловленной ею устойчивости динамической системы дают обратимые химические реакции. Концентрации реагентов в этих случаях автоматически приходят к равновесию независимо от исходных состояний и сохраняются в равновесии неопределенно долгое время. При изменении параметров системы (температуры, давления и др.) точка равновесия меняет свое положение в соответствии с принципом

² См. Ч. Брукс. Климаты прошлого. М., ИЛ, 1952; К. К. Марков. Палеогеография, разд. I. М., Географгиз, 1951; М. В. Троинов. О некоторых закономерностях развития ледников. «Тр. Комиссии по изучению четвертичного периода АН СССР», 1957, т. 13.

³ См. А. А. Григорьев. О некоторых взаимоотношениях основных элементов физико-географической среды и их эволюции. «Пробл. физ. геогр.», 1936, сб. III.

Ле-Шателье, но в общем случае устойчивость сохраняется. Здесь налицо сочетание саморегулирования с управлением извне.

Аналогичная картина наблюдается и в макросистемах живой и неживой природы, снабженных обратными связями. Так, стационарное состояние ледников регулируется серией отрицательных обратных связей. К ним относится, например, зависимость между атмосферным давлением, которое повышается над охлажденной поверхностью ледника, и количеством выпадающих на него осадков, а также другие. При изменении внешних условий, играющих роль параметров: количества осадков, температуры воздуха и др., состояние ледника смещается к новой точке равновесия. Здесь также наблюдается соответствие с постулатом Ле-Шателье.

Из сказанного выше очевидно, что природные комплексы с отрицательной обратной связью изменяют свои характеристики лишь после «толчка» извне, смещающего положение параметров. Дальнейшее движение системы (переходный процесс) направлено к равновесию и постепенно затухает. Ярким примером такого саморегулирования является система поток — наносы. Вследствие присутствия в схеме нескольких обратных связей (схема 2) само



⁴ Знак — у стрелок обратных связей указывает на характер связи, в данном случае — отрицательный.

чаяная волна—поток, нивальный кар—снежник, почва—растительный покров и др. В доступных изучению системах указанного типа обычно начало процесса связано с преобладанием положительных связей, а конец — отрицательных. Возможно, это является в какой-то степени общей закономерностью.

В результате такой смены связей графическое изображение лавинообразных процессов имеет в общем случае характер S-образной логистической кривой Пирля. Как указывает Н. И. Кобзев, при резком преобладании прямого процесса над обратным кривая принимает вид ветви параболы, которая прерывается лишь в точке, где условия, допускающие развитие процесса (например, исходный субстрат), оказываются исчерпанными. Как видно на схеме (3), подавление обратного процесса ликвидирует основную часть отрицательных обратных связей (блок, обведенный пунктиром), вследствие чего система и переходит в неравновесное состояние. Остается лишь одна отрицательная обратная связь, которая «смягчает удар» при приближении системы к пределу и обуславливает присутствие верхнего изгиба S-образной кривой даже при необратимом характере процесса.

Примеры закономерной смены преобладающего влияния положительных обратных связей преобладанием отрицательных связей свидетельствуют о том, что механизм «ультраустойчивости» присутствует не только в высокоорганизованных — биологических или искусственных — системах, но наблюдается и в неживой природе. Смысл «ультраустойчивости» в том, что лавинообразный процесс, контролируемый положительными обратными связями, при переходе через некоторые критические значения переменных сам становится сигналом для ввода в действие уравнивающего механизма (отрицательных обратных связей). Таким образом система сохраняется от разрушения.

Очевидно, что устойчивость и ультраустойчивость — свойства, значительно слабее выраженные у естественных объектов неживой природы по сравнению с живыми тканями и организмами. Но несомненно и то, что необычайно развитая в процессе отбора способность биологических объектов к сохранению равновесия имеет ту же природу, что и примитивная устойчивость более низко организованных систем. Важно, что принципиально единые структуры (структуры обратных связей) и там и тут обусловили наличие одинаковых в существенных чертах свойств.

Почти каждый ландшафт объединяет элементы растительного и животного мира с компонентами неживой природы. В соответствии с этим в один комплекс включаются «подсистемы» с неодинаковыми свойствами. Способность противостоять внешним воздействиям в большей степени характерна для животных и растительных сообществ и слабее развита у неорганических составных частей комплекса. Система, построенная из такого разнородного материала, в целом также обладает устойчивостью. Каждое нарушение равновесия одной из составных частей ландшафта вводит

в действие внутренние обратные связи, в результате чего вся система через ряд промежуточных состояний снова приходит к равновесию. Если первоначальное изменение обратимо, то равновесие восстанавливается около прежнего состояния. Так, после искусственного уничтожения растительных ассоциаций они через некоторое время реставрируются. Денудация и аккумуляция выравнивают возникшие так или иначе формы рельефа. В случае необратимых изменений состояние равновесия отыскивается в другой точке. Почвенно-растительный покров изменяется, когда денудация обнажает на поверхности коренные породы иного состава, чем были прежде. При неизменных внешних условиях ландшафт как динамическая система может иметь больше одного равновесного состояния. Необходим внешний толчок для того, чтобы «перекинуть» систему через «водораздел» критических значений, после чего она спонтанно изменяет соотношение элементов до достижения устойчивости в новой точке. Лесная растительность близ северной границы своего распространения, очевидно, находится недалеко от критических значений параметров, определяющих ее существование. Фитоценозы способны неопределенно долго сохраняться в этих условиях и восстанавливаться при незначительных нарушениях сложившихся связей. Но вырубка леса приводит к сокращению транспирации и заболачиванию территории, что исключает регенерацию лесной растительности. На месте прежнего леса воцаряется и устойчиво существует тундровый ландшафт.

Для изучения ландшафтов как систем управления важным является то, что различные «блоки» этих систем — растительные, климатические и другие компоненты — имеют разный «временной шаг». Проще говоря, скорость их изменений различна, в связи с чем каждый из компонентов имеет свой период, в течение которого он восстанавливает утраченное равновесие. Для зоогеографических элементов ландшафта этот период измеряется годами, для растительности — десятками лет (в среднем), для почв — от нескольких десятков до сотен лет, для рельефа — от десятков тысяч до десятков миллионов лет. Наиболее «подвижен» микроклимат ландшафта. Отсюда вытекает, что со всяким идущим извне изменением в системе «осваиваются» прежде всего компоненты с наименьшим периодом уравнивания. Однако вследствие продолжающегося изменения других, более инертных составных частей комплекса «пионеры» в дальнейшем продолжают изменяться, но уже вынужденно, следуя «в поводу» у первых. Полное равновесие может наступить в условиях неизменных внешних условий, очевидно, только после пенепленизации территории, т. е. после уравнивания наиболее реакционного элемента ландшафта — рельефа. Сейчас мы знаем, что на каждую ячейку физико-географической среды непрерывно воздействует ряд переменных: климат, тектонические движения, распределение суши и моря и др., что делает практически недостижимым полностью равновесное состоя-

ние ландшафтов. Можно наблюдать лишь постоянную тенденцию к установлению равновесия и различные стадии его осуществления.

Следует иметь в виду, что равновесие в природе — это не всегда неподвижность. При наличии так называемой перерегулированной отрицательной обратной связи система может длительно существовать, испытывая периодические колебания около точки равновесия⁶. Связь такого рода проявляется в колебаниях популяций взаимозависимых видов животных, таких, как лемминги и питающиеся ими песцы и полярные совы. Самопроизвольные колебания испытывают по той же причине продольные профили рек.

Таким образом, географический ландшафт, как и его составные части, обладает многими признаками систем управления. Очевидно, что управление в этом случае производится стихийно, слепыми силами природы, например солнечной радиацией или магматическими процессами в глубине Земли. Встает вопрос, имеет ли смысл рассматривать такие более или менее случайно сложившиеся, не подчиненные какой-либо цели, системы связей, как аналоги машин, осуществляющих управление? Большинство ученых, занятых проблемами управления, считают, что кибернетические методы исследования следует применять лишь к целенаправленным системам⁷. Нельзя полностью согласиться с таким мнением. Во-первых, кибернетические методы способны значительно увеличить вооруженность исследователей в решении основного вопроса физической географии — вопроса о взаимосвязи и взаимодействии компонентов географической среды. Во-вторых, только изучение стихийно возникших систем регулирования в природе дает ключ к целенаправленному управлению ими на пользу человеку.

Кибернетический подход к явлениям природы предусматривает применение специфических методов, употребляемых при изучении любых сложных систем управления. Требования жизни уже заставили географов направить усилия по двум направлениям, известным в кибернетике как микроподход и макроподход. Первое направление — аналитическое — сводится в основном к изучению элементов, составляющих систему, структуры связей между ними, их функционирования. Это задачи главным образом частных географических наук. Изучение системы географических объектов как целого — макроподход — характеризует современное ландшафтоведение. Как известно, для системы с большим количеством обратных связей даже полная информация об элементах, структуре зависимостей между ними, данных, поступающих на вход, еще недостаточна для предсказания поведения системы. Поэтому, а также вообще из-за большого количества и недостаточной изученности связей в природе, с неизбежностью возникло использование

⁶ См. Н. Винер. Кибернетика. М., «Советское радио», 1958.

⁷ См. А. И. Берг. Проблемы управления и кибернетика. Сб.: «Философские вопросы кибернетики». М., Соцэкгиз, 1961.

географами метода «черного ящика» — одного из основных методов кибернетики. Он состоит в установлении зависимостей, в географии — большей частью корреляционных, между переменными величинами, внешними для данного комплекса, и изменениями управляемой системе. Методом «черного ящика» выясняется, например, связь фенологических явлений с характеристиками погоды, влияние многолетних изменений климата в бассейне Волги и уровень Каспия. Типичными «черными ящиками» являются установившиеся для геоморфологического, гидрологического и другого экспериментирования. Таким образом, с позиций кибернетики подтверждается правомерность и необходимость параллельного существования макроподхода и микроподхода к физической географии.

Выше был высказан тезис о том, что устойчивость организмов по отношению к изменяющимся условиям среды имеет общую природу с устойчивостью неорганических систем. В настоящее время все большее распространение приобретает взгляд на живые организмы как в первую очередь на системы управления. Наиболее характерные свойства, присущие жизни, в частности приспособляемость, наследственность и др., объясняются в первую очередь структурами связей, не столько конкретной физико-химической природой организмов, сколько их «конструкцией». В таком случае, очевидно, уже у истоков жизни, в момент выделения живого из неживого, должны были возникнуть структуры, способные обеспечить первичным организмам, во-первых, устойчивость, во-вторых, способность к расширенному самовоспроизведению. Неживая природа подготовила эту революцию в жизни Земли путем создания саморегулирующихся автокаталитических систем, обладающих в зачатке некоторыми свойствами жизни. Наиболее «удачное» воплощение саморегулирующейся структуры, очевидно получили в первичных нуклеопротеидах, в которых молекула белка оказалась катализатором, обеспечившим синтез именно того вещества, которое потребно для дальнейшего роста молекулы. Возникшая при этом положительная обратная связь, в совокупности со свойством нуклеиновой кислоты неограниченно воспроизводить одну и ту же структуру, должна была сразу обеспечить молекулам с таким строением особое положение среди прочих. Молекулы нуклеопротеидов приобрели способность расти и «размножаться», сначала путем механического разламывания. Безусловно, в структурах этих молекул должны были существовать какие-то отрицательные обратные связи, пока не известные, которые способствовали сохранению их от распада. Можно предположить, что уже на этой, молекулярной, стадии развития сказалось первое действие естественного отбора, который мог влиять только в сторону укрепления и усложнения структуры обратных связей⁸. Особенности живой материи, конечно, далеко не сводятся

⁸ См. Д. Ф. Петров. Новое в вопросе о происхождении жизни на Земле. «Вопросы философии», 1963, № 3.

только к высокоразвитой системе обратных связей. Здесь важно только подчеркнуть, что коренные свойства жизни — устойчивость и способность к расширенному самовоспроизведению — унаследованы от определенных структур неживой материи.

В итоге можно сформулировать следующие выводы.

1. Сложные комплексы природных объектов, изучаемых физической географией, например ландшафты, можно и целесообразно рассматривать как системы управления, в некоторых отношениях аналогичные биологическим и техническим системам.

2. Уже сейчас географы применяют методы исследования, которые считаются специфическими методами кибернетики («черный ящик»). С возрастанием информации о количественной стороне физико-географических зависимостей это родство методов должно выявиться еще сильнее.

3. Особую роль играют обратные связи в физико-географических комплексах, которые придают последним ряд свойств, сближающих их с системами регулирования иной природы. Саморегулирование, возникающее как следствие обратных связей, обуславливает известную автономность природных комплексов. С отрицательными обратными связями появляется тенденция к повышению устойчивости природных комплексов; положительные обратные связи, наоборот, способствуют возникновению лавинообразно нарастающих процессов.

4. Развитие лавинообразных процессов ограничивается противодействием отрицательных обратных связей, восстанавливающих равновесие, или исчерпанием возможностей, которые представляет для развития системы окружающая обстановка.

5. Поведение «машин», сложившихся при взаимодействии объектов живой и неживой природы, регулируется как внутренними, в том числе обратными, связями, так и воздействием изменяющихся внешних условий. Как те, так и другие зависимости возникают стихийно в процессе эволюции географической оболочки Земли и не направлены на какую-либо цель. Однако это, по-видимому, не может служить основанием к тому, чтобы исключать природные системы из сферы компетенции науки об управлении — кибернетики. Если в настоящее время управление в природе осуществляется в основном «оператором с завязанными глазами», то в наступающей эпохе разумного преобразования природы только знание этих естественных систем позволит перейти к целенаправленному управлению ими.

6. Если рассматривать управление как основную черту живых организмов, то намечается унаследованность ведущих свойств живой материи от структур с обратной связью неорганического мира. Это не исключает того, что чрезвычайно сильное количественное развитие саморегулирования привело на биологической стадии развития материи к новому качеству, к возникновению жизни со всей суммой ее отличительных признаков.

В. С. ЛЯМИН, Л. Н. САМОЙЛО

ЛАНДШАФТОГЕНЕЗ — ВАЖНЫЙ ЭТАП В РАЗВИТИИ ПРИРОДЫ ЗЕМЛИ

Природа в географическом значении этого слова — в границах ландшафтной, или географической, приповерхностной оболочки нашей планеты — представляет собой совершенно особую систему видов и форм движения материи. По аналогии со смежной географической системой, с которой они пространственно перекрываются, ее можно назвать географической системой.

Находясь в непрерывном движении и развитии, географическая система подготовила и в большой мере обеспечила возникновение живой природы, а затем — появление на Земле человека. Ландшафтогенез, т. е. становление и развитие этой системы, следует расценивать в качестве исключительно важного звена, крайне необходимого для скачка от неживого к живому и для дальнейшего усложнения всей системы форм движения материи в природе. Названный этап непременно должен был предшествовать развитию органической жизни и человеческого общества. Со своей стороны эти последние коренным образом преобразили первично безжизненные ландшафты, внесли в них новые структурные элементы и инициировали ряд новых закономерностей ландшафтогенеза по сравнению с абиотическим этапом, которые появились уже к кайнозойской эре и особенно ярко запечатлелись в современном облике географических ландшафтов. Географическая материальная система, будучи субстратом ландшафтогенеза, служит для человеческого физико-географической средой. Как известно, без расширяющихся взаимосвязей с этой средой немислимы не только общественный прогресс, но и само функционирование общества, невозможно социальная форма движения материи. Нечего и говорить, насколько важно познать и правильно учитывать законы движения и развития физико-географической среды как мобильной системы, ее противоречия и структурные особенности.

В данной статье выдвигается положение о том, что специфика географической системы и особенности ее поэтапного развития в первую очередь определяются первоначальным набором и послед-

дующим сложным сочетанием ряда взаимодействующих форм движения материи, органически сплетенных в некоторое относительно самостоятельное целое.

Сама по себе проблема соотношения форм движения материи в ландшафтной оболочке и географической среде так или иначе намечалась в географической¹ и философской литературе², но до сих пор не получила достаточно детальной разработки. Между тем анализ проблемы развития, как и других актуальных проблем географической науки, не может считаться полным до тех пор, пока не выяснены формы материального движения, соответствующие объекту географии. Содержание географии не замыкается в рамки вещественного субстрата изучаемых ею явлений. Ввиду динамичности и необратимой изменчивости последних внимание географов сосредоточено на функциональных отношениях и процессах, в которые вовлечены эти явления. Иными словами, изучаются конкретные формы материи, энергии, движения и развития, включая отношения между ними. Тем самым создается возможность преодоления односторонности в подходе к сущности географической системы, к процессу ее возникновения и развития.

Попытаемся вычленить узловые моменты ландшафтогенеза, используя для этой цели в качестве методологии современное диалектико-материалистическое учение о формах движения материи и их соотношении в природе³. Совершенно ясно, что ландшафтогенез зародился в процессе взаимодействия уже существовавших к этому времени форм движения, поэтому его место в системе всех форм движения можно обнаружить только путем прослежи-

¹ См. А. А. Григорьев. Предмет и задачи физической географии. Сб. «На методологическом фронте географии и экономической географии». М.—Л., Соцгиз, 1932, стр. 48; его же. Проблемы динамической физической географии. «Тр. первого всес. геогр. съезда». Л., Изд-во АН СССР, 1934, вып. 2, стр. 66; его же. Теоретические основы современной физической географии. «Вопросы философии», 1963, № 3, стр. 98; А. Д. Гожев. К методологии физической географии. «Изв. Гос. геогр. о-ва», 1934, т. 66, вып. 4, стр. 512; Б. Н. Горюнов. Основные положения физической географии и ее преподавание. «Уч. зап. ЛГПИ им. А. И. Герцена», 1946, т. 49, стр. 11; Ю. К. Ефремов. О месте геоморфологии в круге географических наук. «Вопросы географии». М., Географгиз, 1950, сб. 9, стр. 43; Д. Л. Арманд. Предмет, задача и цель физической географии. «Вопросы географии». М., Географгиз, 1957, сб. 40, стр. 95; В. Б. Сочава. Определение некоторых понятий и терминов физической географии. «Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока». Иркутск, 1963, вып. 3, стр. 57; А. Г. Доскач. К вопросу о месте физической географии в системе естественных наук. Сб. «Развитие и преобразование географической среды». М., «Наука», 1964, стр. 27; В. В. Крючков. Жизнь земли, сб. 4. Изд-во МГУ, 1967.

² См. В. М. Букановский. Принципы и основные черты классификации современного естествознания. Пермь, 1960, стр. 177—178; Ю. П. Трусов. О классификации современного естествознания. «Вопросы философии», 1961, № 7, стр. 170.

³ Современный этап развития этого учения представлен помимо книги В. М. Букановского в трудах Б. М. Кедрова: «Предмет и взаимосвязь естественных наук». М., Изд-во АН СССР, 1962; «Классификация наук», т. 2. М., «Мысль», 1966, а также в сб. «Диалектический материализм и вопросы естествознания». Изд-во МГУ, 1964 (ст. Е. А. Куражковской и А. Е. Фурмана).

вания исторического процесса возникновения и развития отдельных форм движения материи в условиях Земли и оценки их роли в становлении географической системы и прогрессивном усложнении ее структуры.

Процесс возникновения и развития планет как составных частей целостных материальных систем во главе с центральным светилом, очевидно, является планетной формой движения материи. Тот же процесс для планет земной группы (Меркурий, Венера, Земля, Марс) можно представить более конкретно — как геопланетную форму движения. Перечисленные планеты, вступив в геологическую стадию развития, несут в себе уже более высокую по своей организации и законам форму движения материи — геологическую, связанную с появлением и эволюцией твердой коры⁴.

По последним данным геохимии (работы акад. А. П. Виноградова)⁵, наружные оболочки Земли имеют эндогенное происхождение, являясь продуктом дегазации мантии и земной коры в ходе зонного переплавания первичного космического вещества Земли под действием радиоактивного разогрева. Не следует только упускать из виду то обстоятельство, что появление атмосферы и гидросферы можно рассматривать также в качестве необходимого продукта роста планеты в условиях медленно уменьшающейся активности солнечного излучения⁶. Согласно этой гипотезе, вещество самых подвижных оболочек нашей планеты пополнилось за счет включений льда в метеориты, которые растущая планета аккумулировала во все больших масштабах. Так или иначе формы движения внешних оболочек Земли (в том числе ландшафтная форма) имеют самые тесные генетические связи с предшествующими ей космическими процессами и с геопланетарной формой движения материи. В свою очередь, как уже отмечалось, ландшафтогенез послужил необходимой предпосылкой для возникновения еще более сложных форм движения материи, в частности биологической формы движения. Качественно новые условия, обеспечившие развитие неорганической материи в направлении биогенеза, возникли именно на том этапе, когда вещество Земли отчетливо дифференцировалось на три агрегатных состояния: твердое — земную кору, газообразное — атмосферу и, наконец, жидкое — гидросферу.

По-видимому, начиная с некоторой стадии совершенствования материальной организации, приобретающей необратимый характер, можно говорить уже не просто о форме движения, но *форме развития материи*. С этой точки зрения геолого-географические

⁴ См. Е. А. Куражковская. О классификации форм движения материи и месте в ней геологической формы. «Вопросы философии», 1964, № 12.

⁵ См., в частности, сб. «Возникновение жизни на Земле». М., Изд-во АН СССР, 1959, стр. 26, 33.

⁶ См. И. Ф. Зубков. Диалектика возникновения и развития геологической материальной системы. Автореф. канд. дисс. М., 1965, стр. 11.

процессы, не говоря уже о возникновении и эволюции живой природы, в своей совокупности можно рассматривать именно как формы развития материи.

И еще одно обстоятельство общего порядка должно быть учтено при определении места ландшафтогенеза в системе форм движения материи. Оно состоит в следующем. В настоящее время вполне очевидна принципиальная невозможность сведения всех форм движения материи в один линейно восходящий ряд. Гораздо большей информационной емкостью обладают те классификации форм движения материи, которые учитывают, что с возникновением высших форм движения материи на базе низших последние продолжают развиваться по самостоятельному, хотя и боковому, руслу, сосуществуя с высшей формой движения материи, а те их разновидности, которые участвуют в высшей форме движения материи, поднимаются на новую ступень своей организации. Происходит своего рода раздвоение низшей формы движения материи. Ведь развитие — это всегда сложный многоплановый процесс, в котором непрекращающиеся количественные изменения порождают качественно новые состояния материи, а новые причинные связи готовят не существовавшие ранее возможности для скачков⁷. Вот почему развитие идет не по прямой, а по ломаной линии, постоянно меняя направление и разветвляясь на множество составляющих, причем каждая из этих составляющих приводит к качественно своеобразным результатам. В подтверждение этих выводов можно сослаться на те же процессы дифференциации вещества Земли, которые привели к образованию ряда геосфер: ядра, мантии, твердой земной коры — литосферы, затем атмосферы, гидросферы, снежного и ледового покрова, коры выветривания, почвенных горизонтов и т. д. Отчетливая нарастающая дивергенция характерна не только для неживой природы, но и для органического мира (ветви бактерий, растений и животных; внутри них еще ряд ветвей).

Несомненно, что науки о соответствующих формах движения: физика, химия, биология, социология — намечают в общих чертах наиболее прогрессивную ветвь в развитии материальных систем и форм их движения. Но это направление никогда не осуществилось бы без достаточных предпосылок и условий. Их-то обеспечила другая ветвь «форм движения—условий», как можно было бы ее назвать. В «Диалектике природы» Ф. Энгельс обращает исключительно большое внимание на роль геологических, метеорологических и прочих условий перехода от химической формы движения материи к жизни. Он считает геолого-географическую «историю Земли» «реальной предпосылкой органической природы»⁸. Эти

⁷ Подробнее см. С. Т. Мелюхин. О диалектике развития неорганической природы. М., Госполитиздат, 1960, стр. 242.

⁸ Ф. Энгельс. Диалектика природы. М., Госполитиздат, 1955, стр. 198—199.

процессы не вписываются в однолинейный ряд форм движения материи, образуя особую ветвь их систематизации.

Указанные две ветви сложно взаимодействуют между собой и членятся дальше. Но, по-видимому, они имеют общие истоки в физических процессах глубин космоса. И вот здесь обнаруживается любопытная деталь. В некотором роде главная перспективная ветвь развития также оказывается условием. Для космических процессов таким условием служат физические формы движения материи, а для геологических — химическая. Вместе с тем прочные химические связи и разнообразные сложные химические превращения, лежащие в основе геологических процессов, возможны только на геологической стадии развития планет⁹. В этом смысле химические процессы и минералогенез — не только основа, но и условие геологических процессов и наряду с этим последние — неперемейное условие химизма.

Последующее геологическое развитие нашей планеты, после появления гидросферы и ее взаимодействия с нижней частью атмосферы — тропосферой, дало принципиально новое звено в сети развития — ландшафтогенез, с новыми законами изменения и развития, не сводимыми ни к сумме, ни тем более порознь к законам отдельных геосфер. Сформировавшаяся ландшафтно-географическая обстановка явилась предпосылкой и условием зарождения жизни¹⁰. Поэтому если основу жизни дали процессы органической химии, то условия — геологические и географические процессы. При возникновении человеческого общества естественно-географические предпосылки (плодоносящие леса жаркого пояса, изменение климата в начале четвертичного периода) также играли значительную роль, которая впрочем, еще не достаточно изучена в качестве стимулирующего, хотя и далеко не главного, фактора антропогенеза. Во всяком случае сумма физико-географических условий как условие материальной жизни общества всегда содержится в «снятом» виде геологическую обстановку земных недр (тектоника, литология, гидрогеология, ископаемые богатства). Со своей стороны ландшафтогенез через экзогенные процессы оказывает на земную кору обратное влияние в качестве более высокой по отношению к ней формы движения материи (посредством обратных связей). Короче говоря, соотношение форм движения материи в ряду «форм—условий», который изучают астрономия, геология и география, полностью подчинено тем же принципам участия и несводимости, которые установлены Ф. Энгельсом для основного перспективного направления развития. Но вернемся к истокам географических закономерностей.

⁹ См. Е. А. Куражковская. О классификации форм движения материи и месте в ней геологической формы. «Вопросы философии», 1964, № 12, стр. 132.

¹⁰ См. Л. Н. Самойлов. Географический аспект книги Ф. Энгельса «Диалектика природы» (к 40-летию опубликования рукописи в СССР). «Вестн. Моск. ун-та», сер. география, 1966, № 3, стр. 8—14.

Большую ценность для обнаружения материальной основы географических закономерностей имеют работы выдающегося русского географа и климатолога А. И. Воейкова, который впервые попытался вычленить географический процесс в его наиболее чистом виде, абстрагируясь от внешних осложняющих влияний. С этой целью он рассмотрел соотношение тепла и влаги над океанами, поскольку $\frac{2}{3}$ поверхности Земли занимают океаны, так что этот процесс является наиболее распространенным и типичным для всей природы поверхности Земли. Тем более что, по данным исторической геологии, на ранних этапах развития земной коры океанический режим доминировал еще больше. На примере средней части Атлантического океана А. И. Воейков анализирует процесс тепловлагообмена между тропосферой и поверхностными водами океана, свободный от постороннего влияния рельефа, растительности и т. д. Формирование климата над океаном следует, по его мнению, считать нормальным, а над материками в этот правильный процесс включаются факторы, отклоняющие его течение в ту или иную сторону¹¹.

Если принять эту концепцию, тогда взаимодействие верхней части гидросферы и воздушных масс тропосферы выступает основной главных географических закономерностей, основой целостности ландшафтной оболочки, немногие первичные компоненты которой цементировались именно характерным соотношением обмена тепла и влаги. В самом деле сама взаимосвязь океанических и возникших позже обширных материковых ландшафтов осуществляется посредством циркуляции атмо-гидросферы и обмена вод суши и океана, в результате чего на Земле устанавливается большой круговорот тепла и влаги.

Характерно, что полвека спустя советский географ и гидролог С. Д. Муравейский также называет в числе интегрирующих географических факторов именно климатический процесс и процесс стока, благодаря которым воздушные массы тропосферы и поверхностные воды осуществляют адвекцию тепла и влаги¹².

Итак, в своем первоначальном виде географическая материальная система строилась из двух разнородных взаимопроникающих компонентов: тропосферы и гидросферы. Их сложные взаимоотношения послужили движущим фактором диалектического развития данной системы. Но что в ней является собственно географическим видом материи, специфически отражающим воздействия всех других компонентов ландшафта? Обратимся сначала к методологии.

Очевидно, наиболее глубокое содержание ландшафтогенеза можно выяснить прежде всего не путем сведения к входящим в

¹¹ См. А. И. Воейков. Соч., т. I. М.—Л., Изд-во АН СССР, 1948, стр. 425.

¹² См. С. Д. Муравейский. Роль географических факторов в формировании географических комплексов. «Вопросы географии», сб. 9. М., Географгиз, 1948, стр. 95—110.

его структуру низшим формам движения материи, а путем *выведения* ландшафтогенеза из этих форм. Речь идет о сложной теоретико-познавательной процедуре, которая не может обойтись без предварительного анализа абстрактных схем, своего рода модельных построений, с помощью которых сначала вычленяются самые существенные связи и отношения. При этом неизбежна попытка сначала представить ландшафтогенез как особую модификацию и одновременно ответвление от какой-либо более низкой и простой формы движения материи, генетически ему предшествующей. Здесь, видимо, не удастся избежать различных упрощений, но именно они позволят увидеть качественный скачок, в ходе которого сложились основные связи и взаимодействия, присущие уже собственно первичному ландшафтогенезу как более высокой форме движения материи.

Еще А. И. Воейков указывал на то, что такие водные образования, как реки и озера, специфически реагируют на изменение состояния тропосферы, на те или иные сочетания тепла и влаги. При одинаковой температуре, например, быстрее высыхает тот водоем, над которым сильнее ветер. В зависимости от соотношения тепла и влаги меняется и густота речной сети: рек больше там, где много осадков и небольшое испарение. Поэтому А. И. Воейков называл реки продуктом климата¹³, а крупные водоемы, в особенности озера, — зеркалом изменений климата. В самом деле, на состояние процессов тропосферы наиболее чутко реагируют водный режим рек и водный баланс озер, приход и расход энергии и вещества ледников и снежников, снежного покрова, мерзлых горных пород и вообще грунтовых вод, содержащихся в коре выветривания и почвах (в той мере, в какой их режим и зональное распределение контролируются физико-географическими, а не геологическими условиями данной местности). Видимо, все эти природные явления и образуют то, что можно назвать географическим видом материи.

Общие закономерности происхождения и распространения этих сугубо географических объектов связаны с глобальной циркуляцией атмосферы и водных масс океанов, с их зональной природой, в то время как детальный план их расположения на материках зависит также и от локальных условий рельефа (характер расчлененности, крутизны и экспозиции склонов и т. д.). Сущность названных водных образований следует искать в их обмене веществом и энергией с прилегающими к ним воздушными массами тропосферы, мезо- и микроклиматические воздействия которой отражаются в динамической структуре этих объектов, в то время как местные особенности их функционирования, динамики и локализации определяются чисто внешним влиянием рельефа. Важно отметить, что воздействие последнего опосредствованно опять же

¹³ См. А. И. Воейков. Соч., т. I, стр. 243.

перераспределением тепла и влаги, изменением и усложнением стока и циркуляции воздушных масс.

Перечисленные выше природные тела, состоящие из воды в ее жидкой и твердой фазах, находятся в неразрывном единстве со средой своего существования. Очевидно, именно они представляют собой наиболее типичные формы географического вида материи, а вся динамическая географическая система «вид материи плюс условия существования» может быть названа *ядром ландшафта*. Она же будет субстратом ландшафтогенеза.

Теперь покажем, как географический вид материи и соответствующая ему форма движения генетически и структурно связаны с геологической формой движения материи. Как известно, в числе сугубо геологических процессов часто называют минералообразование, или минералогенез. Одним из самых распространенных на земной поверхности минералов является вода, удивительный минерал как по своим физико-химическим свойствам, допускающим три агрегатных состояния, так и по характеру распространения в земной коре. Вода стоит особняком в ряду других минералов прежде всего благодаря своей исключительной подвижности. «Свойства воды, — отмечает В. И. Вернадский, — охватывают всю атмосферу. Они создают климат и основным образом определяют термодинамику атмосферы»¹⁴. С аккумуляцией и перераспределением воды на земном шаре рождается климат как географическое явление, а с ним новый — географический — тип взаимодействия. Стало быть, лишь одна ветвь геологических процессов, связанная с водой, приводит к появлению географического типа взаимодействия. В географическом обмене веществ и энергии вода участвует уже не просто как минерал, а в виде водных бассейнов, рек, ледников и снежников, которые обладают и своим особым географическим типом, отражения. Это не просто механическая сумма минерала воды, но качественно новое образование, с новыми закономерностями развития — основа элементарной географической системы. Как и все диалектические системы, эта система открыта со стороны постоянно циркулирующей тропосферы, которая образует условия существования этого географического вида материи.

Итак, процесс спонтанного *разветвления*¹⁵ геологической формы движения материи породил качественно новый процесс — ландшафтогенез, исходной «клеточкой», элементарным ядром которого, по всей видимости, явилось взаимодействие¹⁶ участка суши, окруженного первичным океаном, с воздушной оболочкой планеты (с метеорологическими явлениями), точнее — *сначала двух*

¹⁴ В. И. Вернадский. Соч., т. IV (2). М., Изд-во АН СССР, 1960, стр. 17.

¹⁵ Термин употребляется в том смысле, который придал ему В. И. Ленин: «Если мир есть движущаяся материя, — ее можно и должно бесконечно изучать в бесконечно сложных и детальных проявлениях и разветвлениях этого движения...» (В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 18, стр. 365).

¹⁶ Энергетически это взаимодействие обеспечивается постоянным, хотя и несколько флуктуирующим, притоком солнечной радиации на Землю.

последних между собой, а затем уже с участком суши. Термин «клеточка» требует некоторого пояснения.

В своем фрагменте «К вопросу о диалектике» В. И. Ленин отмечает, что в «Капитале» К. Маркса, который служит классическим образцом эффективного применения диалектической методологии в научном исследовании, сначала анализируется самое простое фундаментальное отношение буржуазного товарного общества: обмен товаров. В этой «клеточке» анализ вскрывает все противоречия современного общества и дальше остается лишь проследить, как они разворачиваются и усложняются¹⁷. К. Маркс пользуется здесь ценным методологическим приемом, имеющим, кстати, всеобщее значение, т. е. применимым во всех науках. Так, происходящая в последнее десятилетие ломка старых представлений в биологической науке также приковала всеобщее внимание к элементарным актам, к самому простому уровню организации той природной ячейки, из которой собственно вырастает весь комплекс биологических процессов. Речь идет прежде всего о функционировании ДНК как материального носителя наследственной информации в единстве с белковым окружением, что в совокупности как раз и образует «ядро», или исходную клеточку всей биологической формы движения. Развитие современной биологии, а еще раньше создание марксистской политической экономии убедительно показывают, что принцип восхождения от абстрактной элементарной ячейки к конкретному содержанию развитого явления открывает наиболее плодотворный и кратчайший путь к построению теории любой науки, будь то естественная или общественная наука.

Аналогичная задача ставится и перед методологией географической науки: выявить и изучить самые элементарные, зародышевые в теоретико-познавательном смысле, географические явления, раскрыть их геофизико-геохимическую природу и на этой строгой, в идеале математизированной основе построить все здание географической теории и методологии. В частности, должно быть ясно, как синтезируются эти элементарные акты в многообразные и подчас сложные географические процессы на нашей планете, да и не только на нашей. Далее, каков механизм их взаимодействия, «стыковки», соподчинения и корреляции? Наконец, предстоит открыть те законы, по которым протекало эволюционное усложнение их структурной организации.

В физической географии методологический прием анализа исходной «клеточки» приобретает, на наш взгляд, следующий смысл. Сначала анализируется самое простое, обычное, основное, миллиарды раз встречающееся отношение *тепло- и влагообмен* (обмен веществ и энергии между тропосферой, верхней гидросферой и верхней литосферой при участии солнечной радиации и внутрен-

¹⁷ См. В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 318.

него тепла Земли). Заметим, что этот обмен в своей основе является геофизическим и непременно гидрохимическим¹⁸ в их теснейшем переплетении и взаимодействии и, кроме того, включает элементы информационного обмена¹⁹, так что для его анализа помимо традиционных физико-химических методов должны привлекаться некоторые принципы и методы кибернетики. Большой интерес представляет выяснение специфики передачи информации с помощью обратных связей, ее сохранения и накопления. Разумеется, еще лучше, если модель исходной «клеточки» ландшафтогенеза даст возможность ввести количественные параметры и коэффициенты, т. е. станет математической моделью самых интимных «механизмов» ландшафтогенеза. Пристального внимания заслуживает при этом анализ устойчивости первичной географической системы, так как формы этой устойчивости во многом определили дальнейшие судьбы ее развития в качестве целостной системы. Истоки устойчивости обычно коренятся в статистической взаимозависимости, корреляции компонентов в составе данной целостности²⁰.

Методологический принцип восхождения от абстрактного к конкретному особенно ценен тем, что позволяет отыскать и классифицировать основные движущие противоречия. В самом простейшем, но уже географическом явлении (в этой элементарной географической системе, «клеточке», «ядре» ландшафтогенеза) анализ вскрывает все противоречия ландшафтных комплексов (зародыши всех противоречий). Дальнейшее исследование должно показать развитие (и рост, и движение) этих противоречий и структуры ландшафтной оболочки, в сумме ее отдельных частей, от самых ее истоков, через появление различных географических зон, пустынь, развития покровных оледенений, через возникновение жизни, почвенного покрова и, наконец, человеческого общества — вплоть до современного облика ландшафтной оболочки и перспектив ее развития.

Во всяком случае ясно одно. Развитие в лоне ландшафтогенеза биологического и социального движения материи означало, что исходное взаимодействие и отправное противоречие дополнительно опосредуются органическим миром и человеческим обществом. К тому же последнее начинает особенно активно воздействовать на ландшафтогенез, вследствие чего он последовательно достигает все более высокого уровня своей организованности.

¹⁸ См. идеи Б. Б. Полюнова об элементарном геохимическом ландшафте («Вопросы геофизики», сб. 33. М., Географгиз, 1953).

¹⁹ См. ст. А. Д. Арманда в настоящем сборнике.

²⁰ См. Л. Н. Самойлов, И. Ф. Зубков. «Целостность» как категория материалистической диалектики и ее место в системе категорий. «Вестн. Моск. ун-та», экономика, философия, 1965, № 2, стр. 63—67; Л. Н. Самойлов. Корреляция как форма диалектической связи. «Вопросы философии», 1965, № 3, стр. 47—57.

Ландшафтогенез претерпел три качественных этапа в своем развитии: абиотический, биогенный и антропогенный.

По общему мнению, на абиотическом этапе, который продолжался, возможно, более 1 млрд. лет, имели место ландшафты первичных пустынь, лишенные жизни. Они размывались ливнями и потоками, стекавшими в океан. Например, согласно акад. Н. С. Страхову, первичный ландшафт древнейшего периода геологической истории (катархей) был вулканическим. Плоские пространства между спорадически разбросанными вулканическими конусами были заняты неглубоким первичным океаном, который окружал со всех сторон архипелаги островов. «Эта физико-географическая обстановка, — замечает Н. М. Страхов, — исключала существование литогенеза ледового и аридного типов, ибо для их развития необходимы крупные устойчивые континентальные площади, которых на азойском этапе еще не было»²¹. Данный вывод свидетельствует о признании геологами важной роли континентального ландшафтогенеза для темпов и направленности геологических процессов осадконакопления.

На абиотическом этапе примитивная зональность ландшафтной оболочки все же была выражена, хотя и не подчеркнута, не усилена зональным распределением органического мира. Климатическая зональность природы на земной поверхности документально подтверждается начиная с архея, т. е. когда еще не было живых организмов. Ландшафтная форма движения материи в своем первоначальном виде сложилась до появления жизни как еще более высокой формы движения. Поэтому исходное специфическое противоречие ландшафтогенеза нет смысла искать в связи с биологической и тем более социальной формами движения, ибо последние возникли гораздо позднее. По-видимому, ведущее противоречие ландшафтогенеза восходит к процессам *перераспределения* тепла и влаги в атмо- и гидросфере, особенно при взаимодействии последних с поверхностью и неоднородными породами литосферы.

В создании структуры первичной ландшафтной формы движения материи, стало быть, приняли участие два противоположных звена — приповерхностные геологические и главным образом атмосферно-гидрогенные процессы, но ядром ландшафтогенеза послужили, как было показано выше, процессы взаимодействия атмосферы и гидросферы. В качестве побочных форм движения в ландшафтогенез несомненно входят и все остальные низшие формы: физические, химические и т. д. Структура ландшафтной формы движения материи определяет и исходное специфическое противоречие, которое находит свое проявление прежде всего в единстве зональных и аazonальных свойств и тенденций развития ландшафтов земной по-

²¹ Н. М. Страхов. Этапы развития внешних геосфер и осадочного породообразования в истории Земли. «Изв. АН СССР», сер. геол., 1962, № 12, стр. 5.

верхности. Далее, ландшафтогенез вместе с геологической формой движения материи явился необходимым, но не достаточным условием возникновения жизни на нашей планете. По данным палеогеографии, «жизнь — продукт суммы географических условий как целого»²². Но по отношению к биологической форме движения материи ландшафтогенез оказался низшей, побочной формой движения. При этом противоречия и законы ландшафтной формы движения материи сохраняются в биологической форме движения, но только в своем «снятом» виде, т. е. они продолжают там действовать, но испытывают преобразующее обратное влияние жизни как более высокой формы движения материи. Закон географической зональности (поясности) продолжает действовать в биологической форме движения материи, обуславливая распространение органического мира по материковым зонам и вертикальным поясам. Но жизнь обладает своими специфическими противоречиями и законами, несводимыми к законам ландшафтогенеза.

Обратное воздействие жизни на ландшафтогенез достигает огромных масштабов. За время своего существования биологические организмы существенно изменили газовый состав тропосферы; привели к концентрации в ней свободного кислорода. Организмы создали особый производный компонент ландшафта — почву, которая стала фокусом всех связей и взаимодействий, своего рода управляющим информационным центром ландшафта. Резко усилились процессы физико-химического выветривания горных пород. Поэтому глубоко и всесторонне познать ландшафтную форму движения материи биогенного этапа уже невозможно в отрыве от мощного воздействия на ландшафты и протекающие в них процессы со стороны саморазвивающегося органического мира.

На втором — биогенном — этапе развития ландшафтов Земли, который начался около 3 млрд. лет назад, к исходному специфическому противоречию, рассмотренному выше, добавляется новое противоречие, новая диалектическая противоположность — между живой и неживой природой как средой обитания, в том числе между ландшафтной и биологической формами движения материи. Некоторые географы (А. Д. Гожев, П. С. Кузнецов, А. И. Перельман и др.) даже склоняются к тому, чтобы именно противоречие между живой и неживой природой считать главным внутренним противоречием ландшафтогенеза: «Эта форма движения часто в основном определяется взаимоотношениями неорганического мира с органическим»²³. В самом деле, названное противоречие заметно сказывается как на облике ландшафта, его структуре, так и направлении развития (особенно местных территориальных единиц), выдвигаясь довольно часто на передний план.

²² К. К. Марков. Палеогеография. Изд-во МГУ, 1960, стр. 198.

²³ А. Д. Гожев. К методологии физической географии. «Изв. Гос. геогр. о-ва», 1934, т. 66, вып. 4, стр. 500. См. также А. И. Перельман. Диалектика развития природного ландшафта. «Природа», 1965, № 3, стр. 42.

Не следует только упускать из виду его производность от исходного противоречия.

К тому же вопрос о том, каково противоречие между живой и неживой природой: внутреннее или внешнее для ландшафта, — не такой уж простой. В самом деле, биологическое движение материи частично вобрало в себя в качестве побочной формы ландшафтное движение материи как более низкое и видоизменило его (в той мере, в какой оно туда включилось). Разумеется, от этого ландшафтогенез не потерял своей самостоятельности, обособленности, не потерял своих собственных противоречий и законов развития. Просто и здесь имеет место «раздвоение единого», причем не только по отношению к ландшафтному, но и биологическому движению материи.

Все лучше приспособляясь к ландшафтогенезу (к условиям своего существования) и изменяя в меру своих сил эти условия, жизнь одновременно как бы «подключается» к ландшафтогенезу, причем создается видимость структурного участия жизни в ландшафтогенезе. Объективная диалектика их взаимоотношений крайне сложна и противоречива. Поэтому, соглашаясь с первоначальной трактовкой сущности ландшафтогенеза, предложенной А. А. Григорьевым (физико-географический процесс не включает биологического развития живых компонентов ландшафта)²⁴, отчасти понятны и соображения А. Д. Гожева, который предложил понимать его более широко, как некоторое высшее единство «геологического, гидрологического и биологического процессов»²⁵.

И все же дискуссия по этому вопросу должна быть продолжена. Предположим, что в данном случае абсолютно прав А. Д. Гожев. Тогда сразу же возникает вопрос, почему бы к этому «единству» не подключить и социальные процессы? Ведь материальное производство, осуществляемое людьми, которые пользуются природными ресурсами, также следует рассматривать как силу, оказывающую огромное, все возрастающее влияние на течение ландшафтогенеза. Взять хотя бы сведение лесов человеком в XVII—XVIII вв. на Русской равнине или яркие примеры мелнирации земельного фонда в наше время.

Если в аналогичном плане интерпретировать воздействие общества на природу, как соединение все более высоких форм движения в «высшее единство», тогда придется признать правильным и выделение «географического процесса» как высшего синтеза «экономико-географического» и «физико-географического» процессов, к чему одно время склонялся А. А. Григорьев. «Географический процесс, — писал он, — сложный комплекс социально-географических процессов, развивающийся на данной территории в его

²⁴ См. А. А. Григорьев. Предмет и задачи физической географии. Сб.: «На методологическом фронте географии и экономической географии». М.—Л., Соцэкгиз, 1932, стр. 50.

²⁵ А. Д. Гожев. К методологии физической географии. «Изв. Гос. геогр. о-ва», 1934, т. 66, вып. 4, стр. 512.

взаимосвязи с присущим этой территории физико-географическим процессом»²⁶. Если выразить эту мысль в терминах учения о формах движения материи, то получится, что география познает особую форму движения (чрезвычайно комплексную), в составе которой в качестве низших и побочных форм движения практически входят все остальные, включая биологическую и социальную формы движения материи. Выходит, что она является даже более высокой, чем социальная форма движения. Но с этим, конечно, нельзя согласиться. Ведь именно географическая среда вовлекается в процесс общественного производства как низшая форма движения материи в высшую, а не наоборот²⁷.

Исходя из сказанного выше, по-видимому, неправильно считать процесс развития органического мира составной частью «физико-географического процесса», ландшафтогенеза. Жизнь остается самостоятельной формой движения, но сопряженной с последним. В то же время сообщества животных и растений, а также микроорганизмов — важный компонент ландшафта и всей ландшафтной оболочки Земли, но это принципиально иной по своему значению компонент-фактор. Он входит в ландшафт на особых правах. На этом примере видна большая методологическая роль учения об основных формах движения материи в освещении природы ландшафтогенеза и стадий его развития.

На биогенном этапе развития ландшафтогенез просто достигает более высокого уровня своей организованности. Первоначальное «ядро» ландшафтогенеза уже вовлекается во взаимодействие не только с геологическими и геоморфологическими, но и с биологическими факторами ландшафтогенеза. Взятый в сумме всех этих связей, зависимостей и факторов ландшафт предстает уже в качестве географической корреляционной системы. Термин «корреляционная система» впервые предложил С. Д. Муравейский. «Для того чтобы познать эти материальные интегрирующие факторы, — писал он, — необходимо представить географический комплекс как некоторую корреляционную систему»²⁸. В эту систему на антропогенном этапе в качестве самого молодого по возрасту компонента-фактора вплетаются продукты производственной деятельности людей. Однако в любой самой сложной географической корреляционной системе проглядывает первоначальное «ядро» — элементарная географическая система, или ландшафтогенез в собственном смысле этого слова.

С началом третьего — антропогенного — этапа, продолжающегося вот уже 1 млн. лет, ландшафтная оболочка постепенно становится географической средой человеческого общества. С появлением человека возникает качественно новое отношение к при-

²⁶ А. А. Григорьев. Некоторые итоги разработки новых идей в физической географии. «Изв. АН СССР», сер. геогр. и геофиз., 1946, № 2, стр. 142.

²⁷ См. Д. И. Кошелевский. Географическая среда. «Философская энциклопедия», т. 1. М., «Советская энциклопедия», 1960, стр. 348.

²⁸ «Вопросы географии», сб. 9. М., Географгиз, 1948, стр. 97.

роде — целенаправленного ее преобразования. В самом начале своего исторического прошлого человек во многом подчинялся биологическим и ландшафтным закономерностям, приспосабливаясь к их слепому действию. И только с достаточным развитием производительных сил он выступил мощным фактором преобразования не только окружающей, но и своей собственной природы.

Общественная (социальная) форма движения материи родилась непосредственно из биологической формы, но естественным условием и предпосылкой ее появления, как и при зарождении жизни, опять же была ландшафтная форма движения материи²⁹. В более высоком — общественном движении сохраняют свое действие низшие формы движения материи, ибо без них невозможно оно. Сохраняют свое действие противоречия и законы ландшафтной формы движения материи. Но, как известно, не они определяют направление и источник развития общественно-экономических формаций. Итак, на новом этапе ландшафтная форма движения материи оказывается побочной уже не только по отношению к биологическому, но и к общественному развитию, хотя продолжает определять или воздействовать на многие частные стороны их развития.

При этом ландшафтогенез на третьем этапе испытывает активное и преобразующее обратное влияние как со стороны биологических процессов, так и социальных. Противоречия и законы природы продолжают действовать в обществе. Но общество все чаще в состоянии изменять условия их слепого, стихийного действия. В итоге появляется тенденция к направляемому обществом (а не стихийному) развитию ландшафтов земной поверхности. С помощью кибернетики в недалеком будущем можно будет найти и поддерживать оптимальный режим такого развития.

Таким образом, обнаруживаясь в производственной составляющей социального процесса, ландшафтогенез очень сильно им преобразуется. Отсюда следует исключительно важный для современной географии вывод: нельзя глубоко и всесторонне познать ландшафтную форму движения материи на ее современной стадии, абстрагируясь от социальной формы движения материи, в которой ландшафтогенез непосредственно и косвенно участвует в качестве побочной формы и испытывает преобразующее действие со стороны общества, иными словами — в отрыве от социальных противоречий и законов, особенно тех, которые определяют отношение общества к природе.

Противоречия ландшафтогенеза предшествующих двух этапов продолжают действовать, разрешаться и воспроизводиться на третьем этапе. Но к ним добавляется и «накладывается» на них еще одно принципиально новое противоречие. Таково противоре-

²⁹ Кстати, вопрос о естественногеографических предпосылках и факторах возникновения человеческого общества только начинает изучаться. См. Ю. Г. Решетов. Природа земли и происхождение человека. М., «Мысль», 1966.

чие между растущими потребностями общества и в известной мере ограниченными естественными ресурсами ландшафтов Земли (плодородие почвы и моря, лесные богатства и т. д.), т. е. противоречие в корреляционной системе «общество—природа». Движущая роль данного противоречия сказывается пока что далеко не во всех направлениях развития ландшафтов, но именно ему принадлежит будущее. По своему «удельному весу» оно уже теперь почти соизмеримо с противоречием между живой и неживой природой, продуктом биогенного этапа ландшафтогенеза. Но противоречие между обществом и природой никогда не «снимет», не заслонит данное противоречие, как и исходное противоречие абиотического этапа и связанные с ним общегеографические законы планетарного масштаба, которые останутся отправными в теории географии. Более того, общество наряду с геологическими факторами становится носителем азональных тенденций развития природных ландшафтов, причем поскольку и насколько люди «перекраивают» естественные границы природных зон.

Сущность взаимодействия природы и общества в географическом аспекте соотношения основных форм движения материи состоит, таким образом, в контролируемом сверху участии ландшафтной формы движения материи в социальной форме движения. В таком участии, при котором сама побочная форма движения не остается неизменной. Продолжая действовать в социальной форме движения материи, она существенно перерабатывается там сообразно с особенностями последней, но отнюдь не теряет своих исходных противоречий и законов.

Что касается соединения в «высшее единство», объединяющее на поверхности Земли все известные основные формы движения материи, то оно, конечно, имеет место ввиду неисчерпаемости и глубины связей между природой и обществом. Но, во-первых, в этой корреляционной системе нет беспорядочного нагромождения форм движения. И, во-вторых, было бы неправомерно отождествлять этот высший синтез с принципиальной схемой ландшафтной формы движения материи.

Диалектика взаимодействия общества и природы крайне сложна. Общественно-экономическая формация включает в себя географическую среду — земную природу, вовлеченную в процесс материального производства. Тем самым общество всегда находится в единстве с природой, и отдельные элементы социальной структуры одновременно как бы выступают особым компонентом географической среды, не переставая при этом быть продуктом общественной формы движения материи³⁰. Но, очевидно, ведущей тенденцией при этом несомненно служит аналитическая тенденция все большего участия географической среды в социальной форме

³⁰ См. Ф. В. Константинов. Взаимодействие природы и общества и современная география. «Изв. АН СССР», сер. геогр., 1964, № 4, стр. 48, а также В. А. Анучин. Теоретические проблемы географии. М., Географгиз, 1960 и материалы дискуссии, связанные с этой книгой.

движения материи. Вторая синтетическая тенденция — комплексирование с природой — остается сопутствующей, производной и зависимой от первой. Тем более что воздействие общества на природные ландшафты вполне объясняется механизмом *обратной* связи, который как бы дополняет *прямое* подключение географической среды в структуру производительных сил.

Показательна такая аналогия. Выведение новых, более продуктивных видов растений и пород животных протекает при прямом участии человека. Однако в структуру биологической формы движения материи, в число побочных ее форм, никто не станет включать социальную форму движения материи, ибо полученная абстракция не проясняет сущности собственно биологической формы движения материи.

* *
*

Предпринятый в самых общих чертах анализ взаимодействия основных форм движения материи в ходе эволюции Земли свидетельствует, что ландшафтная форма движения материи, претерпевшая три основных этапа в своем развитии, хорошо «вписывается» в систему основных форм движения материи и занимает там вполне определенное место, пустующее в существующих классификационных схемах.

Особенности эволюции форм движения материи в условиях Земли не могут не учитываться при анализе исходной «клеточки» ландшафтогенеза. Очевидно, с помощью этой логической модели можно будет вскрыть самые отдаленные истоки географических закономерностей и проследить их становление как на нашей планете, так и на других планетах земной группы. Заметим лишь, что особенности эволюции и законы ландшафтогенеза (в том числе законы пространственной дифференциации)³¹ не сводимы не только к отдельным физико-химическим, биологическим и даже геологическим законам, но и к их сумме. И еще один важный вывод. Общество все заметнее осуществляет корреляцию побочных форм движения в ландшафтогенезе, не отменяя законы последнего, но изменяя условия их действия. Видимо, в этом проявляется новая, не известная в таких масштабах до появления человеческого общества, степень воздействия одной формы движения на другую.

Таким образом, ландшафтогенез — один из сложных процессов развития природы Земли как по своей структуре, так и по генетическим связям. Он объединяет в диалектическое единство ряд более низших и более простых форм движения, начиная с тех, ко-

³¹ См. А. А. Григорьев и М. Н. Будыко. О периодическом законе географической зональности. «Докл. АН СССР», 1956, т. 110, № 1. См. также схему ландшафтов гипотетического континента в кн.: А. М. Рябчиков, Е. Н. Лукашева и др. Введение к курсу «Физическая география материков и океанов». Изд-во МГУ, 1963.

торые непосредственно связаны с ним структурно-генетическими связями, в частности литогенные, физико-химические процессы и т. д. Наконец, ландшафтная форма движения во все возрастающей мере начинает регулироваться социальной формой движения. В этом сложность распознавания ландшафтогенеза и исключительная важность изучения его законов для конструктивного преобразования природы, для наиболее полного использования природных богатств в эпоху строительства коммунистического общества.

Д. И. КОШЕЛЕВСКИЙ

О РАЗВИТИИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

В наше время в связи с бурным развитием науки и практики все большее значение приобретает философская проблематика «промежуточных» наук, изучение процессов взаимосвязи природных условий и деятельности людей, раскрытие вещественного содержания элементов общественной структуры и роли географической среды в ее развитии.

Социалистический строй с его огромными масштабами хозяйственной деятельности и растущими научно-техническими возможностями обеспечивает такие условия преобразования природы, при которых происходит не только ее воспроизводство, восстановление, но и повышение ее производительности. Более того, со временем в структуру географической среды войдут принципиально новые элементы в виде таких технических устройств, как искусственные источники света для воздействия на растительный покров, системы подземных отопительных устройств для обогрева почвы и пр. Выдвигается даже предположение о том, что «в недалеком будущем поверхность Земли, атмосфера, гидросфера и биосфера будут настолько насыщены техникой и крупномасштабными сооружениями, созданными по воле человека, что внешние оболочки Земли станут новым объектом действительности и будут развиваться по своеобразным еще не известным нам законам. Предвидение хотя бы в генеральных чертах этих законов составляет новую и очень важную задачу наук о Земле и природе»¹.

Эти перспективы требуют методологического анализа ряда новых проблем географической науки. Актуальным, в частности, стал вопрос о сущности и закономерностях развития географической науки.

Понятие «географическая среда» употреблялось и в социологии и в географической литературе в различных смыслах. Очень часто термины «географическая среда», «природа», «естественная

¹ Г. Ф. Хильми. Философские проблемы преобразования природы. Сб.: «Взаимодействие наук при изучении Земли». М., Изд-во АН СССР, 1963, стр. 58.

среда», «географическая оболочка» и др. рассматривались как синонимы. В результате содержание этого понятия стало настолько неопределенным, что некоторые ученые вообще предпочли от него отказаться. Но «подобный выход из положения, — как справедливо заметил акад. Ф. В. Константинов, — не выдерживает критики. Понятие «географическая среда» является научным отражением определенной стороны действительности и поэтому имеет полное право на существование как научная категория. Оно прочно вошло в обиход как географии, так и марксистской социологии. Следует поэтому не отказываться от этого понятия, а уточнить его содержание»².

Известно, что в работах основоположников марксизма-ленинизма это понятие не употреблялось. Однако К. Маркс всегда различал природу в широком смысле слова как весь материальный мир от той ее части, которая охвачена пламенем человеческого труда и поэтому обретает новые качества. К. Маркс уже в ранних работах указывал, что производство, «непрерывный чувственный труд и созидание» постоянно вносят качественные изменения в природу, делают ее «предметом и орудием своей жизнедеятельности», т. е. превращают естественные условия своего существования в исторические условия материальной жизни. «Вся так называемая всемирная история есть не что иное, как порождение человека человеческим трудом, становление природы для человека»³. Маркс и Энгельс показали, что труд, выделив общество из природы, вместе с тем теснее связал его с природой, явился воплощением их единства. Рассматривая процесс взаимодействия общества и природы, они имели в виду не весь материальный мир, а ту его часть, которая выступает в качестве условий материальной жизни и результата человеческого труда. Благодаря производству, писал Маркс, «природа оказывается его (человека) произведением и его действительностью»⁴. В этом качественное отличие марксистской постановки проблемы от домарксистских концепций.

Старый материализм рассматривал природу лишь как объект, так или иначе воздействующий на человека, пассивно воспринимающего на себя это воздействие. Этот материализм упускал из виду обратное воздействие субъекта на объект, он не понимал, что взаимодействующая с обществом природа есть уже не чистая природа, а продукт деятельности людей.

Непонимание предметного характера человеческой деятельности нашло свое выражение не только в философии, но и в есте-

² Ф. В. Константинов. Природа, общество, современная география. «Природа», 1964, № 8, стр. 6. Большую плодотворную работу в этом направлении проделали В. А. Анучин (в кн.: «Теоретические проблемы географии», М., Географгиз, 1960) и Ю. Г. Саушкин (в ст.: «Географическая среда человеческого общества», «География и хозяйство», 1963, сб. 12).

³ К. Маркс и Ф. Энгельс. Из ранних произведений. М., Госполитиздат, 1956, стр. 598.

⁴ Там же, стр. 566.

ствознании. Именно это имел в виду Энгельс, когда писал: «Как естествознание, так и философия до сих пор совершенно пренебрегли исследованием влияния деятельности человека на его мышление. Они знают, с одной стороны, только природу, а с другой — только мысль. Но существеннейшей и ближайшей основой человеческого мышления является как раз *изменение природы человеком*, а не одна природа как таковая, и разум человека развивался соответственно тому, как человек научался изменять природу»⁵. Такая точка зрения, отмечал Энгельс, страдает односторонностью и забывает, что человек воздействует обратно на природу, изменяет ее, создает себе новые условия существования.

В ряде работ зарубежных и даже советских географов имеется весьма существенный недостаток. Они не свободны от созерцательного понимания природы, ибо закономерности развития географической среды рассматриваются в них как чисто природные процессы, не связанные с революционно преобразующей деятельностью людей. «С трудом еще прививается среди некоторых физико-географов правило: характеризовать географическую среду со всеми теми историческими изменениями, какие внесло в природу человеческое общество на разных этапах своего развития»⁶. Справедливость, однако, требует указать на весьма плодотворную попытку преодолеть этот своего рода созерцательный подход к изучению географической среды, которую предпринял еще в 1947 г. известный советский географ С. В. Калесник в работе «Основы общего землеведения». В этой книге С. В. Калесник сформулировал главные принципы марксистской методологии географических исследований. Суть их такова.

Человек — важнейший фактор в современном формировании и развитии географической оболочки. Современный географический анализ невозможен без учета его роли. Уклоняться от изучения самого главного элемента географической оболочки невозможно. Если следовать такому подходу «чистых» физико-географов, то география как наука никогда не сможет решить поставленных перед ней задач. Принцип географического исследования требует рассмотрения влияния каждого элемента географической оболочки на все остальные и всей совокупности элементов — на каждый из них в отдельности. В отношении к человеку, при изучении его роли в географическом ландшафте, необходимо придерживаться тех же задач: рассматривать человека как некий энергетический компонент географической оболочки, изучать его влияние на географическую среду и географической среды на человека. Степень и характер воздействия человека изменяются в зависимости от изменения общественно-экономических отношений⁷. Эти принципы С. В. Ка-

⁵ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 545.

⁶ Ю. Г. Саушкин. Введение в экономическую географию. Изд-во МГУ, 1958, стр. 117.

⁷ См. С. В. Калесник. Основы общего землеведения. М., Учпедгиз, 1947, стр. 405.

лесник положил в основу главы «Роль человека в жизни географической оболочки Земли»⁸.

Рассмотрим подробнее вопрос о сущности географической среды и о критерии ее развития.

Географическая среда представляет собой материальную систему, формирующуюся в результате взаимодействия общества и природы. В ней действуют и взаимопроникают друг в друга закономерности неживой природы, органического мира и человеческого общества. В каждой из этих трех сфер действительности общие диалектические законы проявляются в различных формах и имеют свои критерии развития, а поскольку географическая среда есть природно-общественная целостная материальная система, постольку вопрос о ее развитии весьма сложен.

Палеогеография — наука о предьстории и истории географической среды — раскрывает закономерности изменения рельефа, гидросферы, атмосферы, коры выветривания и биосферы и обнаруживает общие закономерности формирования географической оболочки как единой целостной системы. В процессе эволюции эта система приобретает новые признаки и с каждым новым этапом становится все более сложной по своему составу, структуре и внутренним связям. «С течением времени все более усложнялись геологические структуры платформ и, вероятно, рельеф последних. Более сложным становился солевой состав океана. В огромной степени усложнялась структура растительного покрова... Из этого следует, что усложнялась структура всех отдельных географических зон, а значит — и структура географической среды в целом»⁹. При этом движущими силами развития были внутренние противоречия развития земной поверхности и всей солнечной системы¹⁰. Такова общая тенденция и направленность формирования природы Земли.

Однако не все процессы, связанные с формированием Земли, были прогрессивными, поступательными. Имели место повторные состояния, круговороты, упрощения отдельных структур и пр.

Возникновение жизни на поверхности Земли придало процессу формирования географической оболочки новое качество. Жизнедеятельность растительных и животных организмов явилась важнейшим преобразующим фактором в процессе развития и формирования природы на нашей планете.

Появление человеческого общества явилось новым крупнейшим скачком в развитии Земли. Та часть природы, с которой человек вступил во взаимодействие, стала географической средой человеческого общества. Географическая среда и человеческое общество понятия соотносительные. Географической среды не существовало

⁸ См. С. В. Калесник. Основы общего землеведения, стр. 405—442.

⁹ К. К. Марков. Палеогеография. Изд-во МГУ, 1951, стр. 265.

¹⁰ См. там же, стр. 269.

до появления человека и не существует без общества. Следовательно, возраст географической среды и возраст человеческого общества одинаковы. Природа Земли существует миллиарды лет, а географическая среда возникла в этой природе не более миллиона лет назад. Условия существования человека не даны в готовом виде. Человек тем и отличается от животного, что он сам создает себе условия жизни. Преобразуя и приспособлявая к своим биологическим и общественным потребностям естественные условия существования, человек в процессе производства превращает их в главное историческое условие своей жизнедеятельности.

Таким образом, с возникновением человеческого общества возникает новая форма объективного процесса, новая система объективных связей «природа — общество». В этой системе и происходит становление и развитие нового природно-общественного образования — географической среды.

Данные палеогеографии, палеоклиматологии и др. убедительно свидетельствуют, что географическая среда очень сильно изменилась не только за миллион лет, а за десятки тысяч и даже за тысячи лет и менее. Эти изменения происходили, с одной стороны, без деятельности людей, под действием чисто природных закономерностей, а с другой — под определяющим влиянием человеческой деятельности. На протяжении четвертичного периода, т. е. периода, совпадающего со временем возникновения и развития человеческого общества, несколько раз сменялись ледниковые и теплые межледниковые эпохи. Изменяли свои очертания моря, значительные части суши погружались на дно океана, менялись направления течений многих рек. Таким образом, географическая среда всегда претерпевает более или менее существенные и быстрые изменения, обусловленные чисто природными причинами. Однако темпы ее изменения неизмеримо возрастают под непосредственным воздействием человеческой деятельности, которая придает новое ускоренное развитие огромным массам вещества на Земле. Отмечая эту закономерность, Энгельс писал: «От «природы» Германии, какой она была в эпоху переселения в нее германцев, осталось чертовски мало. Поверхность земли, климат, растительность, животный мир, даже сами люди бесконечно изменились, и все это благодаря человеческой деятельности, между тем как изменения, происшедшие за это время в природе Германии без человеческого содействия, ничтожно малы»¹¹.

Воздействуя на географическую среду, человек создает качественно особую природу. В настоящее время на Земле почти исчезли ландшафты, не затронутые воздействием человека, человек стал самым мощным фактором изменения природы. Его воздействие на природу, как отметили В. И. Вернадский и А. Е. Ферман, приобретает космический характер. Если чисто природные

¹¹ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 546.

процессы на протяжении миллионов лет образовали в земной коре огромные скопления химических элементов — углерода, железа, меди, золота и др., то человек добывает и рассеивает их. По данным акад. Ферсмана, только за последние 500 лет человечество извлекло из земли 50 млрд. т углерода, 2 млрд. т железа, 20 тыс. т золота, 20 млн. т меди. Каждый год из горных выработок при постройке плотин и каналов, при выливании шлаков из металлургических печей выносятся на поверхность Земли не менее пяти кубических километров горных пород, а это всего лишь в три раза меньше, чем уносят осадков с поверхности материков все реки земного шара.

В свое время Энгельс писал, что человеку удалось наложить свою печать на природу, что он не только переместил различные виды растений и животных, но и изменил внешний вид и климат своего местожительства, изменил даже самих животных и растения до такой степени, что результаты его деятельности могут исчезнуть лишь вместе с общим омертвлением земного шара. Огромный фактический материал, свидетельствующий о все возрастающих темпах изменения географической среды под воздействием человека, содержится в исследованиях А. И. Воейкова, С. Д. Муравейского, С. В. Калесника и др.

Из всего сказанного следуют выводы: географическая среда изменяется как в процессе развития природных циклов, так и в результате развития общественного производства. Совершенно несостоятельно утвердившееся мнение о наличии колоссального разрыва между темпами развития географической среды и человеческого общества. Географическая среда в ряде случаев может претерпевать коренные изменения в продолжение сотен, десятков и менее лет. Ее развитие происходит сопряженно, в неразрывной связи с развитием общества. Темпы развития общества и географической среды величины соотносительные. Главной причиной развития географической среды является общество. Масштабы, направление, формы изменения и развития географической среды определяются общественными закономерностями, общественный прогресс связан с увеличением власти человека над природой. По мере перехода от одной формации к другой уменьшается зависимость людей от стихийных сил природы. Однако, вовлекая в процесс социального развития все новые и новые стороны природы, превращая их в географическую среду, постоянно воспроизводя ее, люди вступают во все более тесные связи с природой и в этом смысле становятся все более зависимыми от нее. Преобразуя географическую среду, воспроизводя ее и придавая ей новые качества, люди сами создают себе условия жизни. Взятая в «чистом» виде сама по себе природная обстановка не отвечает биологическим и социальным потребностям общества. Справедливо замечает Ю. Г. Саушкин: «Если «снять» с современной нам географической среды ее свойства, созданные трудом многих предшествующих поколений, и «вернуть» ее в первоначальное

естественное состояние внешней природы, то современное общество не могло бы существовать»¹².

Вся история становления и развития общества есть вместе с тем история становления и развития географической среды. Возникает вопрос: в какой мере понятие «развитие» применимо к географической среде? В общем плане можно сказать, что под развитием географической среды следует понимать все те изменения, которые происходят в ней под определяющим воздействием общества, направленным на образование такого нового качества, которое все более полно отвечало бы тенденциям, потребностям прогрессивного общественного развития. Но, пока существуют классы, эти потребности определяются классовым интересом. В условиях капитализма, например, изменение географической среды носит хищнический характер, ибо оно осуществляется не в интересах общества, а в корыстных целях отдельных капиталистов или монополистических групп, которые заинтересованы в процветании своего бизнеса безотносительно к его последствиям для других. Свойственные капитализму анархия производства, конкуренция, погоня за прибылью обуславливают, как правило, вредное для общества преобразование географической среды. Именно это имел в виду Маркс, говоря: «Культура, — если она развивается стихийно, а не *направляется сознательно*... оставляет после себя пустыню...»¹³. Поэтому можно сказать, что изменения, которые осуществляются в географической среде в досоциалистических формациях, есть изменения хотя и существенные, придающие географической среде новые качества, но эти изменения не есть во всех случаях развитие.

Подлинное развитие географической среды в полном смысле этого слова возможно лишь в условиях социализма, т. е. в тех условиях, когда «коллективный человек, ассоциированные производители рационально регулируют этот свой обмен вещев с природой, ставят его под свой общий контроль, вместо того чтобы он господствовал над ними как слепая сила; совершают его с наименьшей затратой сил и при условиях, наиболее достойных их человеческой природы и адекватных ей»¹⁴. Новый характер взаимодействия общества и географической среды подготовлен объективным ходом экономического развития, он стал общественной необходимостью. В условиях капитализма производительные силы, принимая общественный характер, требуют для своего развития планового, рационального преобразования и развития географической среды. Однако капиталистические производственные отношения в силу своей частнособственнической природы не в состоянии удовлетворить эти объективные потребности.

¹² Ю. Г. Саушкин. Географическая среда человеческого общества. Сб. «География и хозяйство», 1963, № 12.

¹³ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 32, стр. 45.

¹⁴ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 25, ч. II, стр. 387.

Только социалистическая революция, установив соответствие между общественным характером производительных сил и общественной собственностью на средства производства, открыла вместе с тем возможности для действительного развития географической среды в том направлении, чтобы это развитие наиболее соответствовало и было адекватно природе коммунистической формации. Объективные условия социалистической революции создают только возможность для этого. Необходимо наличие и субъективных факторов, в их числе важнейшее место занимает теория географии, основным объектом изучения которой являются географическая среда и закономерности её развития.

Одна из важнейших задач советской географии состоит в том, чтобы определить наиболее разумные формы и пути развития географической среды в интересах коммунистического строительства. Географы свидетельствуют, что «на Земле в целом не происходит никаких естественных процессов, ведущих к ее оскудению. Нам не угрожают сейчас ни иссушение климата на значительных территориях, ни новое оледенение, ни прогрессивное уменьшение плодородия почвы»¹⁵.

Однако и в условиях планомерного воздействия на географическую среду возможны непредвиденные последствия, которые могут вызвать ухудшение географических условий существования общества. Еще Энгельс писал: «Не будем, однако, слишком обольщаться нашими победами над природой. За каждую такую победу она нам мстит. Каждая из этих побед имеет, правда, в первую очередь те последствия, на которые мы рассчитывали, но во вторую и третью очередь совсем другие, непредвиденные последствия, которые очень часто уничтожают значение первых»¹⁶.

Предвидеть эти последствия — одна из основных задач географии, которая изучает географическую среду комплексно, уделяя особое внимание суммарным результатам воздействия общества на природу.

¹⁵ Д. Л. Арман д. Нам и внукам. М., «Мысль», 1964, стр. 7.

¹⁶ К. Маркс и Ф. Энгельс. Соч., т. 20, стр. 495—496.

ПРОБЛЕМА РАЗВИТИЯ ПРИРОДЫ В БУРЖУАЗНОЙ
ФИЛОСОФИИ XX ВЕКА

После того как в 1859 г. Чарльз Дарвин сформулировал в своей знаменитой книге «Происхождение видов путем естественного отбора или сохранение избранных пород в борьбе за существование» учение о происхождении биологических видов, теория развития природы быстро становится философской, мировоззренческой концепцией, одним из важнейших элементов научного мирозерцания. Уже во второй половине XIX в. с ней не может не считаться ни один из теоретиков естествознания, естествоиспытателей, философов, и даже... теологов. Преодолевая косную силу предрассудков, религиозной традиции, умственной инерции даже иной раз выдающихся научных авторитетов, *идея развития, или эволюции, т. е. закономерного изменения, характеризуемого единством субстрата и временной последовательностью причинно связанных стадий, не допускающей возвращения назад, как и точного повторения прошлого*, неизбежно должна была найти свое отражение в философии. С другой стороны, как философские и религиозные идеи, так и условия общественной жизни и их требования не могли не отразиться в естественнонаучных теориях развития. Сложнейшее взаимодействие этих научных и социальных факторов — объективный факт в развитии самих естественнонаучных теорий, учет которого неизбежно разрушает миф о «чистой науке», якобы свободной от влияния идеологии. Это взаимодействие вместе с тем исключает сведение естественнонаучной концепции к ее идеологическим элементам и сторонам. В сложном целом естественнонаучной теории приоритет, несомненно, принадлежит (хотя и нельзя этого положения абсолютизировать) верности научно установленным фактам, почему и недопустимо подменять действительные факты логическими выводами из методологических положений философского учения.

История учения о развитии в буржуазной философии показывает, что всякий раз, когда идея развития, в той или иной исторически ограниченной формулировке, приобретала «нормативный»

характер, превращаясь в абсолютную истину о самой сущности природы, она погрязала в догматизме и быстро теряла кредит, поскольку поступательное развитие научного знания неизменно и беспепелляционно лишает такие претензии всякой основы.

Так было с плоским, вульгарным эволюционизмом, выросшим на базе механистического по своей методологической сущности естествознания первой половины XIX в. Это о нем писал В. И. Ленин: «С „принципом развития“ в XX веке (да и в конце XIX века) „согласны все“. — Да, но это поверхностное, непродуманное, случайное, филистерское „согласие“ есть *того рода* согласие, которым душат и опощляют истину. — Если все развивается, значит все переходит из одного в другое, ибо развитие заведомо не есть простой, всеобщий и вечный *рост, увеличение* (respectively уменьшение) etc. — Раз так, то... надо *точнее* понять эволюцию как возникновение и уничтожение всего, взаимопереходы»¹.

Одной из ведущих тенденций в буржуазной философии XX в. как раз и явилась попытка преодоления этой механистической ограниченности эволюционизма XIX в. и создания новой интерпретации развития различных теорий «творческой эволюции». Внутренние противоречия этих теорий, связанные с односторонним подчеркиванием *качественной* стороны процесса развития, его *прерывности*, логически привели к их перерождению в учение о «слоях бытия» как качественно несводимых и вместе с тем генетически не связанных ступенях природы, а с другой стороны — к постановке некоторых важных методологических проблем теории развития, научного объяснения и предвидения *нового* в процессе развития в первую очередь. Эти аспекты эволюции философской теории развития в XX в. мы и попытаемся проследить в данной статье.

ОТ МЕХАНИЧЕСКОГО ЭВОЛЮЦИОНИЗМА -К «ТВОРЧЕСКОЙ ЭВОЛЮЦИИ»²

Уже во второй половине XIX в. в воззрениях естественно-исторического материализма, как и в позитивизме, складывается определенная эволюционная картина мира. Она сводится, в наиболее общих чертах, к тому, что природа представляет собой процесс механического (управляемого в конечном счете законами классической механики) перераспределения элементарных, неделимых частиц материи — атомов. Закон сохранения и превращения энергии, открытие «атомов» живого тела — клеток, дарвинизм служат краеугольными камнями этого мирозерцания. Однако в отличие от опиравшегося на те же великие открытия науки XIX в.

¹ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 229.

² Мы позволим себе в схематическом виде изложить содержание данного раздела, поскольку эти мысли развернуто изложены уже в других наших работах: «Идея развития в буржуазной философии XIX и XX веков». Изд-во МГУ, 1962; «Метафизическая концепция развития в XIX и XX вв.». «Вопросы философии», 1960, № 10; «Англо-американская буржуазная философия эпохи империализма». М., «Мысль», 1964, гл. 1, § 1—2.

диалектического материализма, естественноисторический материализм, как и позитивизм XIX в., принимает эти научные положения в той форме, в какой они были исторически сформулированы естествознанием XIX в., т. е. как абсолютные истины, и потому были неизбежно обречены на поражение. Открытие делимости атома, внутриядерной энергии, относительности таких, прежде считавшихся абсолютными, свойств материи, как непроницаемость, инерция, масса, показало, что материя гораздо сложнее, чем то следовало из представлений классической физики. Качественные изменения, скачки в развитии, не допускавшиеся механистическим эволюционизмом, оказываются фактом, и наука так или иначе приходит к необходимости их фиксировать и объяснять. На этот путь прежде всего становятся химия и биология (теория мутаций). И кризис механистического, плоского эволюционизма вследствие новых естественнонаучных теорий, да еще усиленный социальными потребностями господствующего класса, в эпоху империализма, разочаровавшегося в идее прогресса и даже закономерной эволюции общества, резюмируется в создании «творческой эволюции». «Мы верим в эволюцию, но это больше не механическая эволюция прошлого или позапрошлого поколения, но творческая эволюция»³. Таков лозунг философского эволюционизма XX в.⁴

³ J. C. S m u t s. Holism and Evolution. L., 1936, p. 8.

⁴ Нам представляются глубоко ошибочными утверждения, до сих пор повторяемые в наших учебниках и монографиях по философии относительно господства в современной буржуазной философии и философии естествознания механистической концепции развития. Так, в «Основах марксистской философии» утверждается, что кроме плоского эволюционизма существует «взгляд, согласно которому развитие есть цепь одних скачков без постепенности», воплощенный в теориях Кювье и де Фриза («Основы марксистской философии». М., Госполитиздат, 1962, стр. 194). Единственным примером противостоящего вульгарному эволюционизму «креационизма» В. М. Каганов (1962) считает теорию мутаций в биологии (Л. В. Воробьев, В. М. Каганов, А. Е. Фурман. Основные категории и законы материалистической диалектики. Изд-во МГУ, 1962, стр. 56—57). О господстве механицизма в современной буржуазной философии пишет А. Д. Вислобоков, несмотря на то что, по его же признанию, механицизм «так или иначе терпит крах» («Марксистская диалектика и современный механицизм». М., Изд-во ВПШ и АОН, 1962, стр. 230; см. там же, стр. 223). Не говоря уже о принципиальном различии, существующем между катастрофизмом Кювье и теорией мутаций (см. по этому поводу нашу работу «Идея развития...», стр. 141—143), нельзя ограничиваться в философской работе данными пяти-шестидесятилетней давности. Это, впрочем, так же нелепо, как и иллюстрировать плоский эволюционизм примерами Робине или Анаксагора... Сложнее обстоит дело в работе А. Д. Вислобокова, у которого априорные соображения о том, что буржуазные философы должны якобы поддерживать механицизм, поскольку диалектический материализм от него отказывается, сочетаются с констатацией действительного наличия у многих буржуазных ученых механистических тенденций в методологии.

Правильное изложение проблемы дано в книге группы ленинградских авторов «Марксистско-ленинская философия» (М., Политиздат, 1964). Однако вряд ли оправдано применение термина «креационизм» для обозначения теорий «творческой эволюции»: этот термин имеет гораздо более широкий смысл, обозначая главным образом религиозные концепции «творения», ничего общего с эволюцией не имеющие.

Теории «творческой эволюции» занимают центральное место в философских системах таких крупных философов эпохи империализма, как А. Бергсон (который, собственно, и ввел сам этот термин в широкое обращение); А. Н. Уайтхед, автор «философии процесса»; создатели «теории эмерджентной эволюции» С. Александер и К. Л. Морган; Я. Х. Смэтс, развивавший «творческую эволюцию» под именем «холизма», или философии целостности; Ч. С. Пирс, «метафизика» которого представляет собой «космогоническую философию», идущую путем «произвольных скачков». Родственные идеи играют немаловажную роль в произведениях прагматистов У. Джемса и Ф. К. С. Шиллера; у неореалистов Сполдинга и Броуда; теистов Джозефа Леконта и Дж. Э. Будена. Их пытались материалистически истолковать Р. В. Селларс, О. Райзер, А. Лавджой.

Постараемся выразить основные положения теорий «творческой эволюции» независимо от того, кому из указанных философов они принадлежат. Собственно, их можно свести к четырем. Во-первых, в прямую противоположность механистическому плоскому эволюционизму, «творческая эволюция» строится на признании факта возникновения нового в процессе развития, на признании качественного скачка⁵. Во-вторых, в противоположность механистической теории сведения, «творческая эволюция» утверждает несводимость новых качеств к прежде существовавшим. «Творческий» характер эволюции состоит в том, что «сращение» исходных компонентов в ходе эволюции дает в результате образование, качественно отличное от самих компонентов. В-третьих, все теории «творческой эволюции» признают наличие в природе «системы уровней», сформировавшихся в результате качественных скачков и отличающихся друг от друга «специфически новым качеством». В-четвертых, выступая как несводимые друг к другу, более высокие ступени развития не могут быть предсказаны исходя из качеств исходных ступеней.

Все эти черты показывают, что «творческая эволюция» существенно отличается от механистического плоского эволюционизма, видевшего во Вселенной сплошную, слитную систему, скрепляемую воедино совокупностью механических законов, царящих в природе и подчиненных строгому лапласовскому детерминизму. Однако более глубокое исследование приводит к выводу, что эти две столь противоположные на первый взгляд концепции принципиально *родственны* — родственны по своей метафизичности, т. е. односторонности, узости. Абсолютизируя количественные изменения, плоский эволюционизм вынужден искать «объяснения» очевидных структурных различий между неорганическим и органическим миром, растением и животным, животным и человеком в «непознаваемой силе» как конечном источнике развития. Абсолю-

⁵ Даже А. Бергсон, в «Творческой эволюции» которого признается непрерывность качественных изменений, в работе «Два источника морали и религии» (1932) вынужден был признать скачки в развитии.

тизируя качественные скачки и качественные различия, «творческая эволюция» не может понять *перехода* количественных изменений в качественные, и процесс развития превращается в серию неожиданных, не подготовленных предшествующим развитием скачков, а результаты его — в ряд не связанных между собой «уровней». Что же свяжет воедино этот рассыпающийся мир? Какая-то идеальная сила, скрепляющая дискретные «уровни» и порождающая их в ходе эволюции — «порыв», «низус» Бергсона или Александра, «хололизм», «принцип целостности» Смэтса, в конечном счете «бог». Значит, односторонняя, метафизическая концепция развития, в какой бы форме она ни выступала — как плоский эволюционизм в XIX в. или как «творческая эволюция» в XX в., — чревата тем, что в ней «остается в тени *само* движение, его *дви*гательная сила, его источник, его мотив (или сей источник переносится *во вне* — бог, субъект etc.)»⁶.

Чем же объяснить успех «творческой эволюции» у естествоиспытателей? Процесс развития природы (а тем более общества) оказался гораздо сложнее, чем представляли его в XIX в. Диалектика буквально навязывается ученым и философам, как непреложный жизненный факт, и малейшие намеки на правильное понимание дела встречаются естествоиспытателями с признательностью. Так, известный биолог Дженнингс, приняв тезис теории эмерджентной эволюции о несводимости биологического к физико-химическому, провозгласил ее «декларацией независимости биологической науки», ибо отныне биолог «больше не будет чувствовать себя преступником, говоря об отношениях, которые очевидны в живом, но отсутствуют в неживом»⁷.

Видный американский энтомолог Уилер сделал «творческую эволюцию» одной из центральных идей своих «Очерков философской биологии» (1939). Джулиан Хаксли испытал серьезное влияние Бергсона, но, даже излечившись от этого влияния, признавал в нем «писателя с большим даром прозрения» (of great vision), хотя и мало понимающего в биологии⁸. Немало биологов испытало воздействие идей Уайтхеда, Смэтса и других сторонников «творческой эволюции»⁹.

Однако столь же быстро наступало отрезвление: там, где биолог требовал объяснения явлений жизни, философия «творческой эволюции» предлагала ему «новую» формулировку тавтологического виталистического «объяснения», могущую служить лишь «символическим описанием жизненного напора в ходе ее эволюции, но не научным объяснением»¹⁰. Бросаясь в другую крайность, многие биологи противопоставляли таким «объяснениям» старый,

⁶ В. И. Ленин. Полн. собр. соч., т. 29, стр. 317.

⁷ «Science», 1927, vol. 65, p. 22.

⁸ J. Huxley. Evolution. The Modern Synthesis. L., 1945, pp. 457—458.

⁹ См., напр., Р. Рохгаузен. Проблема целостности в биологии. «Вопросы философии», 1959, № 3; Р. Остоуа. Les theories de l'evolution P., 1951.

¹⁰ J. Huxley. Op. cit., p. 457—458.

надежный» механицизм. Так, с позиций откровенного материалистического материализма ведет критику «творческой эволюции» Г. Морган в своей известной книге «Экспериментальные основы эволюции» (1932). Да и в философии нередко появляются критические работы, призывающие приверженцев «творческой эволюции» прямо принять старые, религиозные «решения», признав самым творением творением бога. В лучшем случае отмечается глубокая противоречивость понимания «нового» в теории «творческой эволюции»: строгое его проведение «подразумевает или действительный индетерминизм, или в лучшем случае отбор среди ограниченных возможностей, не известных в настоящее время. С другой стороны, если мы допустим, что эти ограниченные возможности будут выведены на свет и сформулированы в виде законов по мере прогресса биологических наук, то мы, по-видимому, вернемся назад к точке зрения специального творения и вечных форм, и весь шум об эволюции окажется преждевременным. Каждая из этих альтернатив столь неудовлетворительна, что мы вынуждены искать некоторые более адекватные теоретические интерпретации, но начиная отсюда, мы оказываемся по большей части перед лицом незнания»¹¹.

КОНЦЕПЦИЯ «СЛОЕВ БЫТИЯ» И ПРОБЛЕМА РАЗВИТИЯ

Теоретическое осмысление развития в «творческой эволюции» имело своей слабой стороной, таким образом, отказ от научного анализа именно переходов, генетических связей качественно своеобразных природных явлений. Собственно, не решен оказался и вопрос об отношениях между различными «уровнями» развития действительности. Фактически вопрос этот свелся к тому, что отношения эти были представлены в виде (а) «включения» (involvement) низшего уровня развития в высший и (б) «зависимости» низшего уровня от высшего в рамках этого последнего. И как раз отношение генетическое было оставлено в стороне, и потому само возникновение нового, необъяснимое якобы научно, стало делом «естественного благочестия»: необходимо принять его как факт, не допускающий объяснения¹². Вот почему, учитывая эти результаты, многие из направлений современной буржуазной философии предпочли встать на позиции теории «слоев бытия», т. е. констатации эмпирического многообразия действительности при воздержании от эволюционного подхода к этому многообразию.

Собственно, учение о «слоях бытия», как статическое отображение качественной специфики природных образований различной сложности, возникает еще в глубокой древности. Один из наиболее влиятельных представителей этого учения, Ник. Гартман, находит его у Платона, Аристотеля, Плотина, в философии нового

¹¹ P. Scoop. The Rise and Impact of Evolutionary Ideas. «Evolutionary Thought in America». New Haven, 1950, p. 40.

¹² См. нашу работу: «Идея развития...», стр. 240—243.

времени — у Декарта, Конта, Бутру во Франции, у Шеллинга, Гегеля, Краузе в Германии. «Со времени упадка неокантианства в начале нашего века... мысль о слоистой структуре бытия реального мира проводится все больше. В современной немецкой философии, поскольку она избирает новые пути, она стала почти общим достоянием»¹³.

Можно сказать, что те же концепции «слоистого» бытия мы встречаем в средние века в Ареопагитиках, а затем в иерархизме томизма, воспринятом и современным неотомизмом¹⁴. Однако мы должны отметить, что вряд ли обоснованы попытки сделать это учение некоей «вечной истиной». В философских учениях прошлого «слоистая структура» бытия понималась именно как *производное* понятие, зависящее от идеи телеологически понимаемого развития у Аристотеля, от понятия «эманации» у Плотина, от концепции «форм» в томизме и т. д. Ныне же оно все более превращается в самодовлеющую, причем зачастую антиэволюционистскую доктрину, метафизически разрывающую единый процесс мирового развития.

«Учение о слоях» наиболее распространено в немецкой буржуазной философии, где уже в 20-е годы его разрабатывают Н. Гартман и М. Шелер. В особенности последний попытался вначале совместить его с идеалистически понимаемым развитием. В своей работе «Положение человека в космосе» (1928) он выдвинул тот взгляд, что высшие слои и ступени бытия качественно отличны от низших и не могут быть объяснены исходя из них. Осуществляясь за счет энергии низших слоев, эти высшие тем не менее не порождаются ими. Так, «жизненный процесс есть в себе временной процесс, образованный из своей собственной структуры: однако *осуществляется* он посредством материалов и сил *неорганического* мира... Высшая форма бытия «определяет», если можно так сказать, сущность и области миробразования, однако *осуществляется* она через посредство другого принципа, который столь же *изначально* свойствен Первосущему: творящего реальность и определяющего случайные образы принципа, который мы называем «стремлением» (Drang)»¹⁵.

При этом Шелер превосходно видит несовместимость научного понятия эволюции («естественной эволюции жизни») и сверхприродной «метафизической» силы, и его «стремление» исключает по-

¹³ N. Hartmann. Die Anfänge des Schichtungsgedanken in der alten Philosophie. В., 1943, S. 3.

¹⁴ «Кроме того, всегда имеется подобный ряд расположения сверху вниз: бытие свободного самообладания (личность), духовная деятельность (творения человеческой культуры), животные, растения, материя». Однако «непреодолимое расстояние» между неорганическим и органическим, биологическим и духовным исключает эволюционный процесс возникновения одного из другого. «Как сама жизнь не может быть объяснена из одной лишь материи, так и ее возникновение не может следовать из сил материи» (А. Группег. Die Grundfragen der Philosophie. Freiburg in Br., 1956, SS. 83, 130).

¹⁵ M. Scheler. Die Stellung des Menschen im Kosmos. Darmstadt, 1928, SS. 77—78.

нятие развития, взятое в *естественнонаучном* смысле. Но он сохраняет понятие «мирового процесса» как *философский* принцип; этот процесс есть «самоосуществление божества».

Может быть, именно в силу этих теистических выводов из попытки понять слоистую структуру бытия как «мировой процесс», Н. Гартман, из воззрений которого М. Шелер кое-что заимствовал, резко противопоставил свое учение о «ступенях» или «слоях» бытия учению о развитии. Вместе с тем он считает, что в собственном, этимологическом значении «развитие» означает «развертывание свернутого» (*Auswicklung eines Eingewickelten*). «Представление, лежащее в его основе, состоит в том, что уже в начальной стадии заложено и скрытно содержится то, что выступает в конце как результат... Это подразумевает всеобщую телеологию форм, в которой низшее постоянно несет в себе «определение» к высшему». Этим «принцип ступеней бытия только неправомерно отягощается метафизикой, ничего не выигрывая со своей стороны»¹⁶. Но телеология — лишь незаконное перенесение способов *человеческой* деятельности на природу, и потому она неправомерна как принцип всеобщего объяснения природы.

Этот справедливый отказ от телеологии, сопровождаемый, однако, неправомерным отказом от идеи развития, как возможной якобы лишь в форме преформизма, наложил свою печать на всю доктрину «ступеней бытия» Н. Гартмана. Она основывается на учении о *категориях* как «нейтральном материале», лежащем в основе как бытия, так и познания. Гартман писал, что «многообразие форм явно образует ряд ступеней, порядок которых может быть грубо признан таким: вещь, растение, животное, человек, общество... Присмотревшись ближе, мы находим, что каждая из этих ступеней бытия, в свою очередь, заключает в себе целую лестницу ступеней. Лучшее всего известно это относительно царств растений и животных; но и в неорганической природе мы также сталкиваемся с ними»¹⁷. Эти ступени, с одной стороны, «категориально различны»: каждый слой сущего имеет свою собственную систему категорий, члены которой тесно связаны друг с другом; «категории одного слоя определяют свое конкретное не сами по себе, но только совместно»¹⁸. Эта специфическая связь определяется «фактором самостоятельности», «чем-то совершенно новым», «превосходящим низший тип». Разрабатывая проблему соотношения «слоев бытия», Гартман разрабатывает два рода законов: «законы слоев» и «законы зависимости».

Первые сводятся к пяти основным законам. Во-первых, категории низшего слоя могут переходить в верхний, но не наоборот; во-вторых, не все категории низшего слоя могут так переходить; существует определенный «потолок» такого перехода; в-третьих, пе-

¹⁶ N. Hartmann. Kleinere Schriften, Bd. 1. B., 1955, SS. 67—68.

¹⁷ N. Hartmann. Neue Wege der Ontologie. «Systematische Philosophie», hrsg. von N. Hartmann. Stuttgart und Berlin, 1942, S. 232.

¹⁸ Ibid., S. 255.

реходя в более высокий слой, категории низшего преобразуются специфическим характером нового, высшего слоя; в-четвертых, специфика высшего слоя, как и преобразование категорий низшего в высшем, основана на привхождении «категориально нового», на внезапном появлении категорий нового рода; в-пятых, ряд ступеней, слоев бытия дискретен, составляя иерархический порядок¹⁹. «Законы зависимости», в свою очередь, насчитывают следующие четыре формулировки: (1) категориальная зависимость идет только снизу вверх, так что низшие категории «более сильны» в отношении детерминации; (2) категории низшего слоя — фундамент высшего, но «безразличны» по отношению к нему. Они допускают перестройку и преобразование, но не способствуют им. Высший слой бытия не может существовать без низшего, но низший без высшего — может; (3) низшие категории определяют высший слой бытия только как его «материя», ограничивая пространство действия высших категорий, но не определяя их форму и специфику; (4) новое, содержащееся в высшем категориальном слое, «свободно» по отношению к низшему и автономно от него, несмотря на всю зависимость от него²⁰.

Более подробное развертывание законов соотношения слоев бытия, чем то было в теориях «творческой эволюции», доводит здесь до логического конца ту абсолютизацию качественных различий между ступенями развития природы, с которой мы столкнулись в теориях «творческой эволюции». И даже попытка показать и связь и различие слоев бытия, сводящаяся к признанию Гартманом наличия некоторых общих для всех слоев категорий, таких, как субстрат и отношение, форма и материя, единство и многообразие и т. д.²¹, не может скрыть того факта, что действительно с точки зрения строгого проведения этих законов динамика, *генезис* слоев бытия совершенно исключается. Непрерывность слоев заключается лишь в наличии «перехода» в высший слой некоторого количества категорий, составляющих «материал» для высшего слоя, — но «категориально новое», специфические качества нового слоя оказываются совершенно необъяснимыми. Таким образом, за фактом наличия качественно различных слоев скрывается из виду их переход друг в друга, генезис. Причина этому — уже не только метафизическая абсолютизация прерывности, дискретности природных явлений, но и идеалистическое представление о неизменных категориях как онтологической основе действительности.

Однако Гартман не может полностью обойти проблему «процесса», «становления», совершенно необходимую ныне для научного

¹⁹ N. Hartmann. *Neue Wege der Ontologie*. «Sistematische Philosophie», hrsg. von N. Hartmann. Stuttgart und Berlin, 1942, S. 257.

²⁰ Ibid., SS. 265—266.

²¹ Подробнее см. в кн.: «Немецкая буржуазная философия после Великой Октябрьской социалистической революции». М., ИЛ, 1960, стр. 74, а также E. Albrecht. *Beiträge zur Erkenntnistheorie und das Verhältnis von Sprache und Denken*. Halle, 1959, SS. 327—328.

понимания природы. Он признает, что «все реальное должно постигаться в потоке, в постоянном становлении и прехождении. Подвижность и становление образуют прямо-таки всеобщий способ бытия реального». Или в другом месте: «Становление есть всеобщая форма бытия реального — без различия структуры и высоты слоя. «Процесс» как таковой, понимаемый как общее всех родов подвижности, перехода, изменения, продвижения, течения или хода событий, есть поэтому важная категория реальности»²². Как же примирить с этими признаниями отрицание развития, перехода одних слоев в другие? Гартман выходит из положения, признав «процесс», «становление» лишь феноменальным, или «оптическим» (используя термин современной идеалистической онтологии), т. е. относящимся к проявлениям бытия, а не самому бытию, его категориальной структуре.

Таким образом, там, где М. Шелер вводит «метафизическое», философское понимание «мирового процесса» как «самоосуществления божества», Гартман избегает фидеизма за счет отказа от признания мировоззренческого значения идеи развития, а его «становление», «процесс» превращаются в форму повторения, или форму воспроизведения жесткой, неизменной категориальной структуры. И, конечно, в этой связи вновь и вновь поднимается вопрос о происхождении «нового», принципиально отличающего более высокий слой от низшего. Ссылка Гартмана на «динамическое новое» так же ничего не объясняет, как и утверждение, что в случае перехода к высшему, «перерыва» (Lücke) между ступенями бытия вступает в силу «детерминация сверху», т. е. определение структуры новообразования структурой связи, свойственной этому новому²³. Ведь, собственно, в таком случае признается уже существование этой высшей ступени, определяющей сам «скачок». Более того, это признание «определения сверху» противоречит «законам зависимости» Гартмана.

Вместе с тем идея «детерминации сверху» — важная уступка идеализму: если в целом законы соотношения слоев бытия гораздо ближе к материализму, чем телеология и витализм, то эта идея прямо к последним подводит. Многие из буржуазных философов, критикуя недостатки концепции Гартмана, принимают ее в качестве руководящего принципа «объяснения». Так, неотомист И. Шмитц, отмечая, что возникновение новых категорий не имеет «онтологического обоснования», призывает вернуться к «формальным принципам» Фомы Аквинского и «абсолютному и трансцендентному бытию», т. е. богу²⁴.

Естественно, что такого рода «объяснение» нового ведет к тому, против чего возражал Гартман: фидеизму и телеологии. Особенно явно выступила эта линия в работах известного западногерманско-

²² «Systematische Philosophie», S. 220; N. Hartmann. Philosophie der Natur. B., 1950, S. 259.

²³ N. Hartmann. Philosophie der Natur, S. 483.

²⁴ J. Schmitz. Disput über das teleologische Denken. Mainz, 1962, S. 210.

го философа — «критического реалиста» Алоиса Венцля. Его учение о слоях мало прибавляет нового к тем определениям «слоев», которые мы встретили у Гартмана или Шелера. Он лишь подчеркивает, что «единичные ступени проявляют в себе многообразие, которое направляется к ближайшему более высокому слою бытия, и таким образом мы встречаемся также с признаками более высоких ступеней уже в аналогическом преобразовании, как «представлениями» уже в низшем слое»²⁵, — например, с «душой» животных, «верностью» собаки, «жизнью» вируса. Таким образом, он как будто бы пытается обратить внимание на *подготовку* нового качества в низших слоях бытия, совершенно оставленную в стороне «творческой эволюцией», и данную ограниченно у Гартмана. Однако на той же странице Венцль категорически отвергает мысль о «происхождении друг из друга на манер учения о развитии» (*abstammungsartiges Auseinanderhervorgehen*) даже в пределах главных ступеней — материального, живого, психического и духовного: это развитие следует *понимать идеально* (*ideell zu verstehen*).

Отсюда становится понятно, почему «критический реализм» Венцля оказывается на поверку просто перепевом религиозно-идеалистических построений прошлого: то, что мы называем развитием, есть воплощение в действительности божественных идей. При этом Венцль рекомендует два способа рассмотрения действительности: «путь снизу», т. е. утверждение, что «мир есть воля и представление, природа — проявление идей. Она построена по ступеням, увенчивающимся человеком». Второй — «путь сверху» — путь творения мира богом. Их «объединение» предлагает Венцль в своей философии, видя основную его идею в *телеологии*. «Смысл творения есть развертывание природных сущностей согласно божественной идее, с тем чтобы, сравнивая явления, опосредованно пережить бога. Его цель — обнаружить в человеке ту природу, которая впервые сознательно участвовала в творении мира богом, и могла бы служить осуществлению желаемых богом ценностей»²⁶. Поэтому можно сказать, что «детерминация сверху» Гартмана завершилась в философии Венцля религиозным идеализмом. Нет сомнения, что в учении о слоистой, ступенчатой структуре бытия современный философский эволюционизм зашел в тупик. Неудивительно, что его влияние на теоретическую биологию за рубежом породило возврат к изжитым было идеалистическим и мифологическим представлениям, к сугубому антропоморфизму в понимании биологической эволюции. Известный западногерманский историк биологии В. Циммерманн справедливо отмечал, что такие представители этой теории в биологии, как В. Тролль, Л. Вольф и др., неизбежно становятся в оппозицию современной филогенетике, ибо характеризуют различия слоев согласно различиям ныне существующих форм, а затем формируют на их основе типовые понятия для этих ступеней или сло-

²⁵ A. Wenzl. Philosophie der Freiheit Bd. 1. München, 1947, S. 184.

²⁶ Ibid., SS. 216—217.

в. «На обычный понятийно-реалистический манер резкая отграниченность, характерная для различным образом сформулированных понятий, переносится на всю ступень или слой», тем самым исключая действительные переходы, возникновение новых видов²⁷.

Такой итог естествен. Нельзя ждать последовательной теории развития, исходящей из идеализма. Признание им приоритета идеального, т. е. заведомо более совершенного, чем материальное, автоматически приводит к тому, что в этом идеальном преобразовании «идеально содержится» все дальнейшее развитие, так что подлинно нового, качественно своеобразного, небывалого априори быть не может. В этом состоит основной порок *всякой* идеалистической теории развития, включая идеалистическую диалектику Гегеля и тем более различные формы современного философского эволюционизма, основанного на идеалистическом понимании природы.

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ РАЗВИТИЯ В СОВРЕМЕННОЙ БУРЖУАЗНОЙ ФИЛОСОФИИ

До сих пор мы рассматривали современные идеалистические концепции развития преимущественно в «онтологическом» плане, разбирая их мировоззренческую функцию. Однако кризис этих концепций, выразившийся прежде всего в их непригодности в качестве инструментов научного познания, все больше понуждает ставить *методологические* проблемы, связанные с теорией развития. Если современные эволюционные концепции основываются на признании возникновения нового, т. е. непредсказуемого с точки зрения прежней теории и несводимого к исходным элементам, то естественно, что нельзя удовлетвориться этими чисто негативными оценками. Простые *ограничения* — нельзя предвидеть, нельзя свести к исходным компонентам (что иногда переходит в формулу: «нельзя объяснить») — мало что дают науке, нуждающейся в *позитивных* методологических указаниях, которые помогали бы в отыскании новых результатов.

Постановка этих методологических проблем осуществляется в острой идеологической борьбе, вызывающей чрезвычайно противоречивые установки. Прежде всего здесь следует отметить, что методологическая проблематика противопоставляется объективной стороне дела, исследованию самого процесса развития. Современный позитивизм, в рамках которого она получает наиболее подробную разработку, принципиально отвергает основное «онтологическое» содержание современных теорий развития (в том числе и в первую очередь диалектического материализма) как «метафизику», т. е. совокупность неверифицируемых высказываний²⁸. Следовательно,

²⁷ W. Zimmermann. Evolution. Die Geschichte ihrer Probleme und Erkenntnisse. Freiburg — München, 1953, S. 490.

²⁸ См. критику этого аспекта современных идеалистических концепций развития в нашей статье «Проблема развития и современный позитивизм». Сб. «Философия марксизма и неопозитивизм». Изд-во МГУ, 1963.

предметом их исследования становится само понятие «нового», «скачка», «творчества» в развитии с точки зрения его отношения к научному методу. Ведь если признан факт возникновения нового, отсюда должны вытекать какие-то особенности научного метода, такие, как отношение к теории сведения, разработка способов выявления предпосылок возникновения нового, способов и возможностей научного предвидения и объяснения и т. д. В частности, проблема предвидения нового была сведена к выявлению условий, необходимых для его осуществления. На основании длительного обсуждения проблемы предвидения К. Хемпель и П. Оппенгейм пришли к той точке зрения, что «возникновение качества не есть онтологическая черта, внутренне присущая некоторым явлениям, скорее оно указывает на объем нашего знания в настоящее время; оно имеет не абсолютный, но относительный характер, и то, что эмерджентно относительно теорий, имеющих сегодня, может потерять свой эмерджентный статус завтра»²⁹.

Этот вывод «релятивистской теории эмерджентности», т. е. концепции, признающей *относительность* нового, содержит важный шаг вперед по сравнению с «классической» теорией «творческой эволюции», признававшей абсолютную непредвидимость и необъяснимость нового. Действительно, развитие теории означает и развитие наших способностей научного предвидения, и то, чего мы не могли предсказать вчера, мы можем предсказать сегодня. Впрочем, это давным-давно известно, и не только диалектическому материализму, но, скажем, даже позитивисту Дм. Ст. Миллю (см. его «Систему логики», кн. III, гл. VI). Хемпель и Оппенгейм лишь вводят некоторые полезные уточнения и схемы объяснения. Однако в стороне остался вопрос о развитии самой теории, долженствующей объяснить новое. Позитивистский анализ касается лишь простейшего случая: имеется некоторая логическая система объяснения и некоторый известный контекст принятой теории; остается дать объяснение. Но ведь вопрос об объяснении нового — это как раз вопрос о переходе к новой логической системе объяснения и к новому контексту. Здесь мы уже выходим за рамки дедуктивного объяснения, и двинуться дальше без исследования объективного процесса в его влиянии на формулировку этой новой теории просто невозможно. Причем это касается не только возникновения еще не существовавших процессов, но и процессов еще не изученных, только входящих в сферу научного знания.

Вот почему «антиметафизические» представления неопозитивистов, сбрасывающих со счета объективный процесс развития в его влиянии на развитие знания, все чаще встречают критику со сто-

²⁹ K. Hempel, P. Oppenheim. *Studies in the Logic of Explanation*. «Philosophy of Science», 1948, No. 2, pp. 150—151. Используемый здесь термин «эмерджентный» (от англ. emergence — возникновение, неожиданное появление) обычно использовался в «теории эмерджентной эволюции» как синоним непредвидимого и научно необъяснимого, объективно отражая, однако, наличие возникновения новых, несводимых к исходным, качеств действительности.

роны их бывших союзников. Так, Д. О'Коннор пришел к выводу о необходимости различать возможность предвидения как эпистемологическую (теоретико-познавательную) характеристику и детерминизм как характеристику онтологическую, объективную, а следовательно и о необходимости рассматривать проблему предвидения в тесной связи с проблемой детерминизма³⁰. В книге известного американского неопозитивиста Г. Бергмана «Философия науки» (1957) целая глава посвящена понятию «процесса» в его связи с научным методом. Правда, она рассматривает в основном «лингвистический» вопрос — о преимуществах «реалистического» (предметного) языка перед «феноменалистическим», поскольку первый позволяет *объяснить* явление, тогда как второй — лишь *описать* его. Важным является и положение Бергмана о познании процессов развития как «открытой системе», т. е. системе знания, способной к развитию. Здесь уже налицо явный отход от неопозитивистских догм относительно «безразличия» объективных процессов и методологических проблем развития знания.

И все же этого мало. Одной из важнейших проблем теории развития стала в последнее время проблема *сводимости* и сведения одних природных явлений к закономерностям той или иной области действительности, т. е. проблема *объяснения*. В этой связи представляет значительный интерес попытка американского философа Эрнста Нагеля выяснить, что же такое сведение и в какой степени оно применимо в качестве приема научного объяснения.

В целом Нагель стоит на позициях «натурализма», т. е. философской концепции, которая (по крайней мере в той разновидности, которую представляет Нагель) содержит значительные элементы материализма. «Я убежден, что истинное знание, независимо от того, идет ли речь о понятиях материальных или духовных, добывается эмпирическим методом, т. е. тем способом, который находит наиболее точное применение в экспериментальных науках... В своей работе я... разработал мировоззрение, названное мной «контекстуальным натурализмом». Мировоззрение это материалистическое, так как оно считает, что причинная связь существует только между различно организованными материальными телами»³¹. Несомненная ограниченность этого мировоззрения материалистическим, в общем и целом, истолкованием природы, при отрицании материалистического понимания истории, не помешала ему прийти к ряду интересных выводов. Прежде всего таково его определение «механицизма» в его классической форме как объяснения, удовлетворяющего следующим условиям: а) изменение физической системы понимается как функция величины и направления сил, действующих на нее; б) направление движения определяется из направления действующей силы, или как направление вектора сум-

³⁰ D. J. O'Connor. Determinism and Predictability. «The British Journal for the Philosophy of Science», 1957, vol. 7, No. 28.

³¹ Э. Нагель. Натурализм и научный метод. «Америка», 1962, № 68, стр. 32.

мы составляющих; в) силы специфицируются исключительно в терминах пространственно-временных величин и отношений тел, некоторой универсальной постоянной и определенного числа постоянных коэффициентов, значение которых зависит от индивидуальных особенностей, данной системы тел³². Подобно этому всякое сведение одной теории к другой подразумевает «объяснение теории, или набора экспериментальных законов, установленных в одной сфере исследования, через посредство теории, обычно, хотя и не неизменным образом сформулированной для некоторой другой области»³³. Первую Нагель называет «вторичной» наукой, вторую — «первичной». Иногда — в случае «гомогенной редукции» — здесь не возникает логических проблем, как например при сведении движения небесных тел к законам свободного падения земных тел. В других случаях, более сложных — «гетерогенной редукции» — требуется дополнение принципов «первичной науки» некоторой гипотезой, относящейся к специфической области «вторичной науки». Так, понимание закона Бойля — Чарльза как логического следствия принципов механики возможно только «когда они дополнены гипотезой о молекулярном строении газа, статистическим допущением относительно движений молекул и постулатом, связывающим (экспериментальное) понятие температуры со средней кинетической энергией молекул»³⁴.

Но можно ли в таком случае вообще понимать «гетерогенную редукцию» — воспользуемся термином Э. Нагеля — как сведение одной теории (набора законов) к другой? Очевидно, нет в том смысле, в каком Нагель понимает «механицизм»: ведь она означает введение тех *новых* характеристик, которых не было в «первичной науке», и берутся они из этой «вторичной науки» (в рассматриваемом им случае «сведения» термодинамики к статистической механике это именно термодинамические характеристики). Нагель вместе с тем формулирует как формальные условия «редукции», так и неформальные (содержательные), имеющие целью отличить тривиальные дедукции от значительных научных достижений, осуществляемых в результате «редукции». К таковым относятся плодотворность новой теории первичной науки для развития вторичной, а также интеграция законов вторичной дисциплины с тем, чтобы непосредственное доказательство одного из них служило бы косвенным доказательством других.

Все эти выводы Нагеля весьма интересны и заслуживают пристального внимания. Однако, не желая заниматься «спекуляциями», он сводит возможность «редукции» одной науки к другой к вопросу о *степени развитости* «первичной науки»: можно свести термодинамику к статистической механике после 1866 г. (год, когда Больцман дал статистическое истолкование второго начала термодинамики), но не к механике 1700 г. Другой отмечаемый им ас-

³² E. Nagel. The Structure of Science. N. Y., 1961, p. 170.

³³ Ibid., p. 338.

³⁴ Ibid., p. 345.

пект — тот, что более общая теория «первичной науки» может оказаться в силу ряда причин менее применимой, чем «вторичная» сама по себе. Так, даже если бы можно было свести биологию к современной квантовой механике, «на настоящей стадии биологической науки генная теория наследственности может оказаться более удовлетворительным инструментом для исследования проблем биологической наследственности, чем была бы квантовая теория»³⁵. Иными словами, «вторичная наука» должна быть достаточно развитой, чтобы эффективно оперировать средствами «первичной науки».

Оба эти аспекта выражают, конечно, важные черты взаимодействия наук. Однако та мысль, на которой мы остановились выше, а именно, что «гетерогенная редукция» вовсе не есть сведение в смысле, соответствующем определению им механицизма, — не была Нагелем разработана достаточно основательно. В результате он склонен противопоставить логические отношения между науками «структуре Вселенной». Но если бы соотношения «структуры Вселенной», т. е. качественных своеобразий различных областей действительного мира, и логических соотношений наук было бы им серьезно учтено, то Нагель должен был бы прийти к тому, чтобы признать «гомогенную редукцию» предельным случаем научного объяснения, осуществимым в рамках одной науки, действующей в рамках одного и того же качественного «уровня» действительности. «Гетерогенная редукция» оказалась бы тогда вовсе не «редукцией» (сведением), но способом объяснения, подразумевающим переход в иную, более сложную предметную область, а следовательно и включение в «первичную науку» некоторых дополнительных положений, вытекающих из эмпирических данных об объектах «вторичной науки». Именно это он и хочет по существу сказать, утверждая, что «редукция одной науки к другой... не стирает и не превращает в нечто несущественное или «только кажущееся» различия и типы поведения, которые признает вторичная дисциплина»³⁶.

Таким образом, из анализа «редукции теорий», проведенного Э. Нагелем, следует, что сведение науки, отражающей более развитую область явлений, к науке, отражающей менее развитые явления, невозможно, если мы имеем в виду выражение, первой в полях только второй. Расширение сферы действия второй, так, чтобы она включала и первую, осуществляется путем введения некоторых гипотез, допущений и постулатов, которые прямо вытекают из экспериментальных данных первой и немислимы без существования и познания той области явлений, которые в ней отображаются.

Этот вывод сделан для сравнительно малых качественных различий, в сфере физической науки, на примере соотношения термодинамики и статистической механики. Естественно, что это заключение может быть с полным правом экстраполировано и на более су-

³⁵ E. Nagel. The Structure of Science, p. 363.

³⁶ Ibid., p. 366.

ществленные различия, например на различие органического и неорганического, и соответственно физики и химии, с одной стороны, и биологии — с другой. Во всяком случае мы можем сказать, что физика и химия живого не представляют собой, как иногда еще думают, наук, поставивших себе целью свести биологическое к физико-химическому. Сами они немыслимы без гипотез, допущений и постулатов, сформулированных исходя из экспериментальных данных о живом, органическом, но невыводимых из экспериментальных данных о неживой природе и для объяснения последних не необходимых.

Нам думается, что на этом пути может быть решен волнующий и биологов, и физиков, и философов вопрос о том, означает ли физико-химическое объяснение жизненных явлений *сведение* их к закономерностям неорганической природы. Что оно *может* его означать — неоспоримо; но неоспоримо, видимо, и то, что *не всякое* объяснение есть сведение, даже если это *физико-химическое* объяснение *жизненных* явлений.

* *
*

Огромное методологическое и мировоззренческое значение теории развития полностью проявилось в прогрессе науки и философии последних ста лет. И если в буржуазной философии нашего времени это значение отрицается или недооценивается, то причиной тому догматическое отношение к самой идее развития, одностороннее истолкование ее содержания. Причем догматическое утверждение качественного своеобразия высших ступеней развития, столь явно выразившееся в характерных для XX в. концепциях «творческой эволюции» и «слоистого строения бытия», оказалось не меньшим препятствием для научного исследования, чем догматизм непримиримых механистов прошлого века. Извлечь уроки из истории теорий развития — значит во многом способствовать разрешению философских, методологических проблем современного естествознания и в первую очередь проблем взаимоотношения наук, отражающих различные, качественно своеобразные, но связанные генетическими отношениями ступени развития единой в своей материальности природы.

ИДЕЯ РАЗВИТИЯ И СОВРЕМЕННЫЙ НЕОТОМИЗМ

Одной из господствующих в наше время в науке идей бесспорно является идея развития в природе и обществе. Признание же развития в природе и обществе неизбежно влечет за собой постановку целого ряда проблем, на которые приходится отвечать представителям всех философских направлений. Это относится и к представителям теологических философских систем наших дней, в частности к защитникам ведущего философского учения католицизма — неотомизму, тем более что современные католические богословы претендуют на ведущую роль в процессе духовного развития человечества. Правда, такие претензии повисают в воздухе и современность никак не примиряется с теологией — не об этом сейчас идет речь, но подыскивать «решение» для соответствующего круга вопросов современные неотомисты просто вынуждены.

О ПОСТАНОВКЕ ВОПРОСА

Начиная исследование и критику неотомистской концепции развития в природе, философу-марксисту часто представляется наиболее целесообразным обратиться к рассмотрению конкретных выводов отдельных естественных наук, сопоставить эти выводы с теологической точкой зрения и отсюда показать несостоятельность аргументации католических богословов и т. д. Это возможный путь, часто избираемый, но менее всего эффективный, поскольку не приносит, да и не может принести желаемых результатов. Огонь просто не попадает в цель. Ведь ни один неотомист никогда не утверждал, да и не мог утверждать, что данные естественных наук подтверждают правильность той или иной философской системы (в том числе и самого неотомизма). Это противоречило бы основному тезису неотомистской философии, что философские выводы в принципе независимы от конкретных данных специальных наук. Другое дело определенное соответствие, «гармония» между философскими и естественнонаучными данными на том или ином этапе развития человеческой мысли. Об этом может, согласно неотомизму,

идти речь, как о подсобном аргументе, но принципиально это дела не меняет¹.

Если же начать исследование собственно философских проблем философии природы, то, по мнению неотомистов, все развитие природы можно объяснить исходя из классических четырех причин Аристотеля: двух внешних (действующей и конечной) и двух внутренних (материальной и формальной). При этом с внешними причинами даже современному неотомисту оперировать довольно легко: они «приходят» к нам из области, находящейся вне пределов известной нам части Вселенной, и не зависят от деятельности человека. Обращение к «действующей» причине позволяет неотомизму вынести источник движения Вселенной за ее пределы, «обосновать» свой креационизм, связать божественное творение с эволюцией, разобрать вопрос «аннигиляции» материи и т. д. Обращение же к «конечной», «целевой» причине позволяет современным католическим богословам поставить проблему о соотношении необходимости и случайности и «воле божьей», поговорить о дарвиновской эволюции, детерминизме, «необходимости» физических законов и чудесах, о месте и роли человека во Вселенной, космических полетах и о многих других интересных вещах. Однако содержание, вкладываемое неотомистами в их «внешние» причины, является лишь экстраполяцией на Вселенную того, что «добыто» при анализе «внутренних причин».

Материальная и формальная причины — это уже такие причины, через которые обе внешние причины проявляются в количественно-качественном мире», с которым человек ближе всего связан в своей активной деятельности. Ведь согласно неотомизму в христианстве человеческая мысль достигла той степени зрелости, когда не только было объяснено, как единственная реальность какое-то время может быть в своей сущности непрерывной и консистентной и вместе с тем проходить цикл развития через материальные и спиритуальные явления, согласно божественному плану спасения человечества, но и четко осознано, что бог наделил всякую «тварь» собственной активностью, в том числе и человека с его разумными намерениями. И это очень важно для нас в данном случае, поскольку именно при разработке системы категорий «количественно-качественного мира» и своей концепции материи и формы (гилеморфизма) неотомизм, особенно современный, вынужден изворачиваться в пределах главного софизма своей философии природы: и отделить бога от всего природного и в то же самое время слить его с природой, и отделить человека от бога и в то же самое время дать ему возможность активного «участия» в божественном плане развития Вселенной. Поэтому именно в конструировании системы категорий «количественно-качественного мира» и концепции материи и формы лежит центр всей неотомистской концепции раз-

¹ Подробнее см. М. В. Желнов. К критике неотомистской философии природы. «Вести. Моск. ун-та», сер. 8, экономика, философия, 1964, № 3.

вятия. Все остальное — это лишь частное применение общих принципов.

На рассмотрении этого аспекта автор и сосредоточивает свое внимание. Что такое количество и откуда появляются новые качества? В чем заключается причина возникновения нового качества в процессе изменения, что является источником такого изменения? Что можно сказать о направлении процесса возникновения новых качеств? Что такое первая материя, субстанциальная форма, субстанциальное изменение и т. д.? Такова постановка вопроса.

В современном неотомизме существует много течений и осветить их все в данной статье не представляется возможным. Поэтому мы для нашего анализа выбрали одобренную и рекомендуемую для верующих католической иерархией в лице архиепископа Нью-Йорка кардинала Спелмана систему взглядов на философию природы Кеннета Дагерти¹ из США. Его книга представляет собой почти учебник, и автор не вдается в особые тонкости, суммируя в основном то, что обще почти всем неотомистам в настоящее время. Отнесение его взглядов к «традиционным» оправдывается с нашей точки зрения и тем, что наибольшими авторитетами для него являются такие «классики» неотомизма, как Е. Жильсон и Ж. Маритен.

О НЕОТОМИСТСКОЙ СИСТЕМЕ КАТЕГОРИИ «КОЛИЧЕСТВЕННО-КАЧЕСТВЕННОГО МИРА»

Проблемы, которые поставила утвердившаяся в науке идея развития в природе, неотомизм пытается «решить» в лоне некой «особой» науки — «космологии», или философии природы. Понятие «космология» имеет у неосхоластов совсем иной смысл, чем тот, который в него обычно вкладывают естествоиспытатели. «Космология — это наука, которая рассматривает первые принципы и причины подвижных бытий (beings) в целом»²; и ими оказываются классические аристотелевские ч е т ы р е причины.

Применительно к развитию в природе это выльется в систему категорий, которая позволила бы, с одной стороны, при рассмотрении естественных процессов постараться выделить некие наиболее глубокие и существенные «конечные цели и причины» развития в природе, а с другой стороны, не изолировать эти «конечные цели и причины» от живого течения процессов, от изучающих их экспериментальных наук о неживой и живой природе и преобразующей мир активной деятельности людей. При этом неотомизм признает и идею развития в природе. Вопрос, следовательно, для неотомизма не в

² F. Kenneth Dougherty. *Cosmology. An Introduction to the Thomistic Philosophy of Nature.* Graymoor Press. Peekskill. N. Y., 1956. (Далее идет так: Dougherty. *Op. cit.*, p...)

³ Dougherty, *Op. cit.*, p. 12. (См. также сноску на стр. 302).

том, признавать идею развития или нет — она уже признана, — а в соответствующем теологии препарировании понятия: развитие в природе.

Основные логические моменты неотомистской конструкции системы категорий их философии природы сводятся к следующему.

Во-первых, в «космологическом» плане весь окружающий нас мир (и мы сами) делится на «два слоя бытия»: внешний, поверхностный, акцидентальный слой, и расположенный под ним глубокий, существенный, субстанциальный.

Во-вторых, деление на две противоположности проводится и в другой плоскости, так сказать, «перпендикулярной» к первой. Как на уровне акцидентальном — первом концентре (наиболее близком к человеку), так и на субстанциальном уровне — втором концентре, выделяется, с одной стороны, нечто активное, действующее, а с другой — пассивное сопротивляющееся активному. Активное во втором концентре связано прямо «непосредственно» с активным первого концентра и определяет его, «конституирует» в неотомистской терминологии. То же относится и к пассивному.

В-третьих, создавшаяся в результате такого разделения «чистая» активность и «чистая» субстанциальность объединяются. Получившаяся «субстанциальная активность вообще» начинает функционировать, определяя, «конституируя» два рассмотренных нами концентра. Исследованием этого функционирования и занимается «философия природы» неотомизма с ее «четырьмя причинами».

В-четвертых, «конституирование» «субстанциальным актом» всего остального, так сказать «абсолютно и беспрекословно», было бы в логическом плане идеальным для теологов, однако это невозможно, поскольку надо оставить место для случайности и преобразующей мир деятельности человека. Это место всегда ограничено первым концентром, акцидентальным уровнем, хотя человек и может оказывать какое-то влияние на «генерацию субстанциальности» второго концентра. Успехи естествознания заставляют теологов постоянно расширять эту сферу, но не допуская воздействия человека на «высшую субстанциальность».

Такова общая логическая схема построения неотомистской философии природы — ключа к объяснению современным неотомизмом развития в природе.

Среди акцидентальных категорий основными, по мнению неотомистов, являются количество и качество, причем количество — это статическая фаза подвижности, а качество — динамическая. Как это понимать?

Сначала остановимся на категории «количество».

«Количество — это акциденция, реально отличная от телесной субстанции», — пишет неосхоласт. Оно имеет по крайней мере «два формальных проявления». «Первым формальным проявлением количества является актуальная протяженность телесной субстанции по отношению к самой себе». Именно «донаучный факт

протяженности бытия представляет собой отправной пункт абстракции количества»⁴, и именно как протяженность, которая не может определяться внешними действиями, количество есть статическая фаза подвижности. «Вторыми и формальными проявлениями количества являются: актуальное наличие в месте, делимость, измеримость и несовместимость»⁵. Выделение «двух этажей» при «проявлении» количества — это не какой-нибудь праздный вопрос для богословов, а вопрос, непосредственно связанный с объяснением таинства причащения⁶.

Только после такой подготовки неосхоластицизм всегда вводил понятие «пространство». «Пространство — это абстрактная протяженность, рассматриваемая как вместительница для подвижных бытий; следовательно, пространство в себе есть продукт ума, но с основанием во внешней реальности»⁷. Это один из аспектов протяженности, т. е. проявление количества; и к пространству относятся все характеристики протяженности, однако не наоборот.

Теперь обратимся к категории качества.

Если количество — статическая характеристика предметов и вещей, то качество — их динамическая характеристика, которая позволяет нам отличать одну вещь от другой на уровне акциденций. «Качество, — пишет неотомист, — это внутреннее, активные и пассивные, ближайшие принципы видоизменения в подвижных бытиях»⁸. Не вдаваясь в детали, отметим только, что, по замыслу неотомистов, их определение качества должно преодолеть ограниченность точек зрения как тех, кто стремится свести качество к коли-

⁴ Dougherty. Op. cit., p. 43.

⁵ Ibid., p. 44.

⁶ «Первое формальное проявление количества не может быть отделено от него, однако возможно, что вторые проявления количества будут отделены от сущности количества. Так может сделать бог, имеющий силу над бытиями вещей. Следовательно, количество возможно без местной протяженности или несовместимости или некоторых других формальных эффектов. В *евхаристии* тело Христа действительно присутствует, но здесь налицо временное прекращение местного протяжения, в котором все его части находятся в том же самом месте. Тело Христа в данном случае оказывается здесь Гостией» (Dougherty. Op. cit., p. 45).

⁷ Dougherty. Op. cit., p. 54.

⁸ Ibid., p. 60. В этом определении «ближайший (proximate) принцип называется так потому, чтобы отличить его от субстанциальной формы, являющейся первым и радикальным принципом подвижных бытий, и, следовательно, *внутренний ближайший принцип* — это видоизменение подвижных бытий второго порядка. Под термином «*видоизменение*» (modification) мы имеем в виду, — пишет Дагерти, — неустойчивые акты неодушевленных бытий, — такие, как теплота, магнетизм, электричество. Сюда же включается активность, присущая живым подвижным бытиям, такая, как обмен веществ». Активность может быть *имманентная и неустойчивая* (Ibid., p. 67). «Ближайший принцип, определяющий действие, называется *активным*: так называют силу одного элемента, притягивающего другой. Ближайший принцип, получающий активность, называется *пассивным*, как свойство железных опилок быть активными под действием сил магнетизма. Качество обычно как активно, так и пассивно» (Ibid., p. 68). Качество имеет четыре вида (Ibid., p. 70).

честву (механисты), так и тех, кто не связывает существование качества с количеством — протяженностью (энергетисты) ⁹.

Только после такой подготовки неосхоластами вводятся понятия «движение» и «время», поскольку «видоизменения осуществляются через протяженность и через последовательно происходящее или движущееся» ¹⁰.

«Движение — это процесс или переход от одного состояния к другому, от потенции к акту». В движении, согласно неотомизму, предмет оказывается в состоянии, которое находится на «п о л у т и между потенцией и актом». Движение — это «потенция совершаемого акта», она «не является специальной сущностью или природой, а появляется в процессе перехода из одного состояния в другое...» ¹¹. При этом движение — это такая актуализация того, что находится в потенции, при которой актуализация уже происходит к некоторой цели — только это придает движению устойчивость. Активность — это движение, рассмотренное как определенное агентом. По мнению неотомистов, существует несколько видов движения ¹², и современные ученые часто путают изменения в видах (возрастание и убывание качества) с генерацией новых видов, эволюция в качестве путается с эволюцией в субстанции ¹³.

Движение позволяет неотомизму определить и понятие «время». «Время — это непрерывное движение, рассматриваемое как мера длительности подвижных бытий; время как таковое является, следовательно, продуктом ума с основанием в подвижном бытии» ¹⁴. Такое определение времени должно, по мнению неотомистов, противостоять как преувеличению реалистической точки зрения, когда время рассматривается как особый сорт бытия, так и преувеличению субъективной, когда время оказывается просто видом мысли ¹⁵. Понятие времени, следовательно, уже понятия длительности. Оно применимо только к длительности подвижных бытий, хотя сама по себе длительность может быть вневременной и вечной. Вывод теолога краток: бог вечен, ангелы вневременны, человек и окружающий его мир — вот что существует во времени ¹⁶.

Разработанная современным неотомизмом система категорий «количественно-качественного мира» не нова и не соответствует научным представлениям. Движение рассматривается, конечно, сов-

⁹ Касаясь этих двух «крайностей», представители схоластического метода, несмотря на критику, очень осторожно ставят вопрос. «Как механицизм, так и энергетизм, — пишет Дагерти, — все-таки содержат некоторую долю истины, поскольку подвижные бытия имеют статический и динамический аспекты. Но теории эти лишь философствование экспериментальных наук, и они не сумели преодолеть бытие, являющееся подвижным, и рассматривали только функции или части бытия» (D o u g h e r t y. Op. cit., p. 72).

¹⁰ Ibid., p. 74.

¹¹ Ibid., p. 75.

¹² Ibid., p. 76.

¹³ Ibid., p. 77.

¹⁴ Ibid., p. 78.

¹⁵ Ibid.

¹⁶ Ibid.

ременной наукой именно как способ существования материальной субстанции, а не как нечто такое, что «появляется в процессе перехода из одного состояния в другое», и, следовательно, как нечто большее, чем простое ее свойство. Почти то же самое можно сказать о времени, пространстве и других понятиях. В тенденции «умалить» значение этих научных категорий и проявляется враждебность неосхоластических выкладок современной науке.

Таким образом, современный неотомизм предлагает читателю на уровне категориальных акциденций — «первом концентре» такую систему категорий и выкладок, которая при объяснении развития уповает на качество — «внутренние, активные и пассивные, ближайшие принципы видоизменения в подвижных бытиях». Смена же качеств — «ближайших» принципов — согласно неотомизму, конечно, вызвана не протяженностью — количеством, а определяется «субстанциальными» принципами. «Субстанциальные» же принципы находятся не на «пространственно-временной периферии», наиболее близкой к сфере деятельности естественных наук, а еще глубже. «Развитие природы» может поэтому, согласно неотомизму, получить свое объяснение только на «субстанциальном уровне» — более глубоком «втором концентре».

О НЕОТОМИСТСКОМ ГИЛЕМОРФИЗМЕ

Мы подошли к центру неотомистской «космологии» — системе понятий «второго концентра», на уровне субстанциальности, которая известна как доктрина материи и формы, или теория гилеморфизма¹⁷.

Исторически, считают неотомисты, XIX век был неблагоприятным для теории гилеморфизма. Однако XX век, по их мнению, принес с собой новое возрождение интереса к томистским понятиям о природе. В связи с новым этапом в развитии естественных наук, наступившим после создания теории относительности, квантовой механики, генетики и других наук, выводы из которых «граничат с философскими», возродился интерес к «внутренним принципам подвижных бытий»: первой материи и субстанциальной форме.

Искони томизм защищал точку зрения качественного плюрализма субстанций, т. е. признания существования многих и различных субстанций. Естественно, что такое утверждение влечет за собой борьбу, во-первых, с «монизмом в любой форме... как идеалистическим, так и материалистическим»¹⁸; во-вторых, с «философским атомизмом, или механическим атомизмом, как его иногда называют, преувеличивающим значение количества и местного движения»¹⁹, и теории которого, исходя из «гомогенности материи, по существу не могут объяснить ее специфическую ге-

¹⁷ Dongherty. Op. cit., p. 150. «Слово *hyle* в Греции означало материю, *morphe* форму».

¹⁸ Ibid., p. 93.

¹⁹ Ibid., p. 96.

терогенность»²⁰; в-третьих, с философским динамизмом (энергетизмом), который в противоположность атомизму «преувеличивает не статические, а активные свойства подвижных бытий»²¹. Перед всеми этими теориями встают, считают неотомисты, непреодолимые трудности. Преодолеть их может только гилеморфизм, полагают неотомисты, с его понятиями «первая материя» и «субстанциальная форма».

Между этими двумя принципами, по мнению неосхоластов, имеется определенная субординация.

Почему же необходимо выделять два да еще различных, даже противоположных принципа? «Каждое свойство коренится в сущности, — пишет Дагерти, — и если свойства противоположны, то и сущности должны иметь то, что составляет их противоположность. Статические принципы, которые мы изучали при рассмотрении акциденции количества, радикально противоположны динамическим принципам, которые мы изучаем при рассмотрении акциденции качества, хотя они и дополняют друг друга»²². Поскольку мы имеем дело с «внутренними определяющими принципами», то с точки зрения неотомизма естественно, что «гилеморфический тезис не может демонстрироваться на ступени эксперимента. Это философский принцип в строгом смысле»²³. Отсюда, пишет Дагерти, понятно, что «первая материя и субстанциальная форма чужды терминологии и технике экспериментатора в его поисках объяснения вторичных принципов подвижности, а экспериментатор, пытающийся точно решить проблему у природе вещей в экспериментальном порядке, похож на химика, который старался бы разложить воду на составные части при помощи скальпеля»²⁴. Это уже

²⁰ Dougherty. Op. cit., p. 95. «Философский атомизм должен быть отвергнут», — пишет неосхоласт, — хотя «томист и не ссорится с химико-физическими теориями атома». Неотомизм против «именно философского атомизма, характеризующегося основными положениями: материя существенно однородна и все материальные явления могут быть правильно объяснены чисто механическими силами» (Ibid., p. 94).

²¹ Ibid., p. 102. По мнению Дагерти, как атомизм, так и динамизм принципиально ложны в своем исходном пункте. «Сказать, что физика дает все познание о внутренней конституции подвижного бытия, значит сказать, что подвижное бытие есть то же самое, что и его количество и качество. Рассуждение физиков о космосе подвижных бытий будет всегда вечно повторяющимся рассказом. Все физики в мире со всеми их уравнениями и машинами никогда не смогут собрать все их сериальные сообщения о подвижности и знать первые конститутивные принципы подвижных бытий. У них нет инструментов, познающих окончательно. Такая попытка должна кончиться в скептицизме, теории, что истина всегда лишь вероятно» (Ibid.).

²² Ibid., p. 106.

²³ Ibid., p. 108. «С одной стороны, гилеморфические принципы — не метафизические, такие, как потенция и акт; они не принципы, лишённые материи, и не категории бытия как бытия. Они внутренние принципы подвижного бытия как подвижности. С другой стороны, хотя первая материя и субстанциальная форма существенно конституируют бытие в чувственноданной материи, эти принципы сами по себе не чувственны. Если бы они были чувственны, они не были бы внутренними принципами» (Ibid.).

²⁴ Ibid., p. 109.

старая песня на новый лад, которую мы уже неоднократно слышали.

Позиция средневекового умеренного реализма заставляет неотомистов прежде всего утверждать, что первая материя и материальная субстанциальная форма сами по себе не существуют, а «принимают участие в бытии, существуя как внутренние каузальные принципы»²⁵.

«Первая материя — это предмет, из которого в сущности внутренне конституируется то, что существует в чувственно данной материи и движении»²⁶, — пишет Дагерти. Первая материя не существует сама по себе, но она и не вторая материя конкретных вещей. Первая материя всегда находится в единстве с субстанциальной формой, хотя и мыслится как лишенная ее. Первая материя сохраняется при изменении субстанциальных форм, и субстанциальная форма не может быть произведена из нее, но это не относится к материальной субстанциальной форме²⁷, о чем речь пойдет дальше.

Еще более запутанным оказывается другое понятие — «материальная субстанциальная форма». «Форма в широком смысле — это то, посредством чего вещь есть то, что она есть, а не что-либо иное», — говорит неосхоласт. В этом смысле форма называется актом, поскольку она конституирует и определяет вещь в определенном виде бытия. Точно так же материя называется потенцией, поскольку сама она индифферентна к какому-либо частному виду подвижного бытия. «Материя — общий сохраняющийся элемент, в то время как формы появляются и исчезают в изменяющихся бытиях». В отличие от акцидентальных форм цвета, веса и очертания, внутренний принцип конституции подвижного бытия является субстанциальной формой, «первым актом первой материи». Субстанциальная форма оказывается понятием, довольно емким. «Субстанциальная форма, — пишет Дагерти, — это принцип спецификации, принцип бытия и первый принцип действия (operation)»²⁸.

Только после такой подготовки неосхоласты выделяют уже материальную субстанциальную форму. «Материальная субстанциальная форма — это совершенство (perfection), или акт, в котором существующее подвижное бытие внутренне конституируется в сущности. Она называется материальной, так как дополняет материю внутренне в ее бытии и действии. Ее следует отличать от нематериальной, или спиритуальной, субстанциальной формы, которая, хотя и существует в материи, может существовать и отдельно от нее, как, например, человеческая душа,

²⁵ Dougherty. Op. cit., p. 111.

²⁶ Ibid., p. 109.

²⁷ Ibid., p. 112.

²⁸ Ibid., p. 112.

продолжающая свое существование и после смерти тела. Это рассматривается в рациональной психологии»²⁹. Материальная субстанциальная форма дает материи спецификацию, бытие и действие на уровне сущности и в материальном мире является важнейшей из всех форм³⁰. Материальная субстанциальная форма выше материи — она ее конституирует, но она и зависит от первой материи. Материальная субстанциальная форма выше акцидентальной формы (ближайшего принципа, естественного агента), она первый принцип и она пользуется акцидентальной формой как инструментом, однако в то же время как-то зависит от их деятельности. Смысл таких неосхоластических вывертов становится понятным, если рассмотреть вопросы, связанные с изменением субстанциальных форм.

Объяснение всех процессов в природе при изменении «подвижных бытий» традиционный томизм просто заменял ссылкой на появление или исчезновение той или иной «субстанциальной или акцидентальной форм», уходя от решения вопроса о трансформации одного из другого. Реагируя на открытия естественных наук, сначала химии, а потом и физики, обнаруживших целый мир внутренних существенных изменений, неотомизм был вынужден как-то изворачиваться, более тонко проводя ту же линию. Появился тезис о «субстанциальных изменениях». Если «для материалиста, — по мнению неосхоластов, — проблема генерации материальных субстанциальных форм сводится к минимуму, поскольку для него существует только материальная причина»³¹, то неотомисты-де не так «односторонни». «Томист, — пишет Дагерти, — начинает свой анализ с выведения материальных субстанциальных форм, с истин, познаваемых из материи, но истин, относящихся к сущности, а не к тому, что показывают конечные бытия. Задача томиста не в объяснении преходящей активности агентов, а выявление постоянного источника материальных субстанциальных форм»³². Откуда же появляются материальные субстанциальные формы? Где причина их возникновения? Каков сам процесс генерации? Как матери-

²⁹ Dougherty. Op. cit., p. 113.

³⁰ У неосхоластов целая пачка различных форм. Внешние очертания человека, его вид и так далее — это просто фигура. Более глубокие пропорции структуры человека, его вес, цвет кожи — это уже акцидентальные формы. Однако внутренним принципом всего телесного в человеке оказывается материальная субстанциальная форма, находящаяся с нематериальной субстанциальной формой — душой, в единстве, но душа может существовать без тела. Кроме того, нематериальная субстанциальная форма вообще может существовать без телесного, никогда в нем не воплощаясь. Этот ее особый вид свойствен ангелам.

³¹ Dougherty. Op. cit., p. 114. «Античные материалисты путались и отождествляли с материей *все* причины, которые поэтому ускользали от них — все субстанциальные формы оказывались акцидентальными. Для современных материалистов нет, конечно, таких вещей, как субстанция и причины, а только системы отношений в пространстве и времени» (Ibid.).

³² Ibid.

альная субстанциальные формы относятся друг к другу и как принимать развитие? ³³.

Многовековые дискуссии приучили неосхоластов к осторожности. Материальная субстанциальная форма, утверждают они, и раньше не существует в готовом виде, и не творится богом из ничего. Она генерируется. Как же? Ответ довольно неожиданный и чисто схоластический. Во-первых, «материальные субстанциальные формы выводятся (educted) из материи как из предмета, пассивной потенции которого они содержались» ³⁴, а во-вторых действие акцидентальной формы иногда оказывается инструментом, при помощи которого могут быть выведены материальные субстанциальные формы.

Смысл неосхоластических вывертов сводится к следующему. Химик, например, создает соответствующие внешние условия для того, чтобы вызвать реакцию. Реакция же происходит согласно внутренним закономерностям. Неотомист отрывает одно от другого, явление от закономерности, как будто закономерности — это некие, особые сущности, независимые от явлений, а не находящиеся с ними в диалектическом единстве. Во всяком случае при помощи рассмотренных манипуляций в материальной области неосхоласты могут вступить «в контакт» с естественниками. В сфере подвижных бытий, «преходящей активности агентов», ученый в конечном счете может влиять на генерацию некоторых материальных субстанциальных форм, но отнюдь, конечно, не на «генерацию» нематериальных субстанциальных форм. Основа для богословских построений в области природы вообще и по вопросу развития в природе в частности готова.

Касаясь проблемы развития (эволюции) материальных субстанциальных форм, неосхоластик будет всегда рассматривать исследования естественных наук как затрагивающие в основном все же только изменения акцидентальных форм — «...это и есть эволюция в космосе. Эволюция же от низшего к высшему в порядке сущности: неживого к живому, растения к животному, животного к человеку, не очевидна, поскольку еще много „недостающих звеньев“» ³⁵, а в эволюционной биологии, например, в настоящее

³³ «Проблема происхождения материальных субстанциальных форм касается выведения этих форм, проблемы, откуда они возникают. В средневековье это касалось генерации золы из сжигаемого дерева, как разрушение одной субстанции ведет к генерации другой... Нельзя сказать, что для современного человека с развитием лабораторной техники эта проблема больше не существует... Экспериментальная наука останавливается только на количественно-качественном анализе подвижных бытий, не исследуя проблемы материальных субстанциальных форм как таковых. То же можно сказать и в проблеме эволюции видов» (Douglertу. Op. cit., p. 113).

³⁴ Ibid., p. 114.

³⁵ Ibid., p. 115. «Не очевидно, что живое бытие развивается из пассивной потенции материи агентами неживого порядка, а человек развивался из низших животных или животные из растений. Естественные агенты определялись как пассивность второй материи пациента. Эволюция в космосе наблюдается, но это не доказательство, что существует эволюция высших сущностей из низших» (Ibid., p. 116).

время «смысл понятия — естественный вид достаточно не определен и употребляется путанно без четкого различия между видами в строгом смысле как сущностями и видами в широком смысле как акцидентальными описаниями. Человек еще только учится»³⁶.

«Вооружившись» своей теорией гилеморфизма, католические богословы, как правило, сразу обращаются к исследованию конкретных данных естественных наук, но это уже всего лишь иллюстрация философских принципов. Подробнейшим образом, например, разбираются дарвинизм, археологические находки, результаты антропологических исследований, рекапитуляции и мутации³⁷ и т. д. Эволюция все же для них остается только поверхностным «разумным путем гармонизации нашего современного познания» и никоим образом не противоречит ни энциклике «*Humani generis*», ни католическим теологическим источникам, ни проблеме творения Адама и Евы и различию рас³⁸. Для католика «биология и эволюция, когда они преданны философии универсальных понятий, дают такое понимание высшей силы, которое ведет к возвышенному устремлению, могущему привести только к развитию интеллекта в направлении к Абсолютному Богу». И только идея вдоль этой «линии божественной святости» во всех ее аспектах, «мы можем достигнуть нашу духовную и эволюционную судьбу. Все же другое или противоположно этой желаемой Богом схеме эволюции, или является нейтральным и не дающим эффекта»³⁹. Истинную телеологию результаты естественных наук, согласно неотомизму, не затрагивают.

Таким образом, теория гилеморфизма как раз и реализует те требования в понимании «развития природы», которые выдвигаются теологами и о которых у нас уже шла речь. Ученый-естественник, скажет неотомист, исследует и объясняет «преходящую активность агентов», изменения акцидентальных форм и даже может влиять на генерацию материальных субстанциальных форм. В этой сфере он обнаруживает эволюцию, прослеживает развитие — и это следует только приветствовать. Тем не менее, согласно неотомизму, такой анализ не затронет философской, метафизической, скажет схоласт, стороны дела, не затронет проблемы «выявления постоянного источника материальных субстанциальных форм». Перед нами как раз и оказался то «кончик», «хвостик», «постоянный источник» всех субстанциальных форм, за который могут уцепиться «действующая и конечная причины», т. е. в конечном счете внешняя сила — бог. И для бога сохранена ведущая роль в эволюции мира, и идея развития, над которой работают ученые, не отвергается. И волки сыты, и овцы целы. Вот это-то и есть неотомистская концепция гармонии разума и веры в действии, это-то и есть современная неосхоластика.

³⁶ Dougherty. *Op. cit.*, p. 116.

³⁷ Ph. G. Fothergill. *Evolution and Christians*. L., 1961, Ch. II—VII.

³⁸ Ph. G. Fothergill. *Evolution and Christians*. L., 1961, Ch. VIII, Sec. 1.

³⁹ *Ibid.*, p. 340.

О МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ВЫВОДАХ ИЗ КРИТИКИ НЕОТОМИСТСКОЙ КОНЦЕПЦИИ «РАЗВИТИЯ ПРИРОДЫ»

Только теперь мы можем представить себе, как понимают и как относятся современные неотомисты к идее развития, господствующей в науках о природе. Если под развитием в природе понимать такой происходящий в ней необратимый процесс, в котором под воздействием того или иного источника движения возникают принципиально новые качественные состояния и устанавливается направление общего хода процесса развития, то неотомизм в целом, по крайней мере на словах, приветствует укрепившуюся в науке идею о развитии в природе. Те процессы, которые естественные науки исследуют, и те выводы о всеобщем развитии в природе, к которым пришли ученые, современный неотомизм признает и не отвергает с порога. Он лишь старается при помощи теории гилеморфизма представить процесс развития так, чтобы за всеми естественными процессами указать на особое, недоступное естествознанию уровне «субстанции» генерацию материальных субстанциальных форм⁴⁰. Развитие же, или эволюция одних материальных форм в другие, определяется в конечном счете «внешними» для нашего мира причинами, но связанными с ним. Это принципиальная схема, костяк неотомистской концепции «развития природы», на который нанизывается все естественнонаучные теории развития Вселенной⁴¹.

Эволюция, развитие окружающего нас мира в глазах неотомистов предстает приблизительно в таком виде. Какая-то конечная, действующая причина сотворила нашу Вселенную как множество качественно различных субстанций, внутренне состоящих из первой материи и субстанциальных форм. В отличие от Вселенной в целом (неживой природы), которая возникла из «ничего», жива природа возникла не из ничего. На этом «первом рубеже» жизни была сообщена «особая направленность» в виде способности организмов на определенной основе самообновляться, воспроизводиться и размножаться в разнообразных и постоянно меняющихся внешних условиях. Очевидно, кто-то определил это направление, «приложил свою руку». В процессе дальнейшего постепенного развития мир живого подошел ко «второму рубежу», когда соответственно подготовленному «живому телу» были даны и «человеческий образ», и «человеческая душа». Всевышний снова здесь «приложил свою руку», что якобы «доказывается» рассмотрением данных современной антропологии⁴². Хотя всевышний, согласно неотомистской космологии, еще при сотворении мира наделил Вселенную ес-

⁴⁰ Индивидуальность же объектов, особенно в органической природе, объясняется существованием особой «индивидуальной материи» (*signata mater*), на которой мы здесь, правда, не останавливались.

⁴¹ См., напр., М. В. Желнов. Неотомистская фальсификация квантовой механики. «Научн. докл. высш. школы», философские науки, 1960, № 3.

⁴² См. М. В. Желнов. Неотомистская фальсификация современной теории происхождения видов и человека. «Вестн. Моск. ун-та», сер. 8, экономика, философия, 1960, № 5.

тественными законами гипотетической (бог может их изменять) необходимости, все же на решающих рубежах он «подталкивал» развитие в определенном направлении. В связи с такой постановкой вопроса старый томистский тезис — низшее своими собственными силами не может произвести высшее — приобретает несколько обновленный вид. На рубеже крупных подразделений форм движения материи, согласно неотомизму, новое качество, т. е. новые закономерности, без внешнего вмешательства возникнуть не может. Однако в пределах этих форм, поскольку внешняя причина уже создала закономерности данной формы движения, оплодотворенные стремлением к цели, новые качества могут возникнуть самостоятельно. В последнем случае «высшее» может возникнуть из низшего. Выяснением же того, как это происходит, согласно взгляду современных неотомистов, и занимаются эволюционные теории. Познавая творения бога и процесс их развития, скажет богослов, мы познаем и самого творца по аналогии. Не трудно уловить, что на такой «естественноисторический процесс развития неорганического и органического мира» можно наложить, хотя и со скрипом, сетку библейских сказок, приняв, например, «дни творения» за «эпохи» и так далее. Научные данные притягиваются за уши для «подкрепления» неотомистской концепции «гармонии» науки и религии.

Такова современная схоластика со всеми ее наукообразными трудами дипломированных «мужей науки». Рассматривая специфику эволюционной картины мира в той или иной конкретной науке, в каждом отдельном естественном процессе, неотомист будет стараться пристегнуть к этому эволюцию, а точнее «генерацию» своих материальных субстанциальных форм, которая определяется особой природой «агента в акте и пассивностью второй материи, из которой эти формы выводятся». Следовательно, и в сфере естественных наук, в каждом отдельном явлении католические философы стремятся отыскать все тот же «кончик», «стартовую площадку» для прыжка к «внешним» для нашего мира силам.

Из сопоставления понимания развития в природе марксистско-ленинской философией и «развития природы» неотомизмом видно, по каким направлениям и почему позиция последнего оказывается несостоятельной и ненаучной.

Во-первых, о направленности изменений в природе. Современный неотомизм не отрицает направленности в процессе развития, не отрицает ни повторяемости событий, ни их сугубую индивидуальность. Скорее, наоборот, он тратит огромные усилия на попытки доказать поступательное развитие к цели, подыскать аргументы в пользу телеологизма. Однако от признания направленности и «спиралеобразной повторяемости» до телеологизма — дистанция огромного размера. Когда марксисты, например, исследуя (существовавшие в прошлом) стадии развития какого-нибудь явления, обращаются также и к анализу высшей (существующей в настоящем) стадии, то речь здесь идет, конечно, не о действительной за-

зависимости начального этапа от «конечного», а исключительно об одном из важнейших методов научного объяснения процесса развития. Теология же вообще, а неотомистская в частности основана на непропорциональном переверачивании действительного отношения между причиной и следствием, поскольку именно «следствие» объявляется реальной конечной причиной, целью всего процесса.

Во-вторых, об источнике развития природы. Вынесение источника развития из сферы доступных человеку процессов количественно-качественного мира в более глубокие, субстанциальные уровни и выделение в конце концов особой «действующей причины» по существу своему является вынесением источника развития вовне. Хотя на определенном этапе развития философии такой взгляд на мир был вполне естественным, однако в дальнейшем он был в основном преодолен в философии нового времени, особенно идеалистической диалектикой Гегеля. Окончательно же научное понимание противоречия как источника самоизменения природы возникло лишь на базе диалектического материализма — учения, отражающего объективную диалектику движения материи. Материалистически понимаемый закон диалектического противоречия исходит из того, что развитие какой-либо системы осуществляется путем разделения единого целого на взаимноисключающие, противоположные моменты, стороны, тенденции; а их взаимоотношение, с одной стороны, характеризует эту систему как нечто целое и качественно определенное, а с другой — составляет внутренний импульс ее изменения, развития, превращения в новое качество. Проникновение во внутреннюю противоречивую природу объекта всегда является важным показателем теоретического понимания данного объекта, понимания источника и направления его развития, а также понимания его качества.

В-третьих, о трансформации одних качественных состояний в другие. Вынужденные сохранять за внешней «действующей причиной» определяющую роль в эволюции субстанциальных форм, католические теологи фактически отрицают их самостоятельную трансформацию одной в другую. Заигрывание с естественными науками не меняет сути дела: сфера деятельности ученых-естественников — это в лучшем случае акцидентальные изменения «эволюция в космосе», в то время как на уровне сущности такая трансформация не очевидна, по мнению неотомистов. Такая «расстановка акцентов» фиксирует и понимание неотомизмом качества, которое определяется как «внутренние, активные и пассивные, ближайшие принципы видоизменения в подвижных бытиях», за которыми на уровне сущности скрываются субстанциальная форма и первая материя. Это фиксирует, что гилеморфизм исходит из статически-динамического дуализма. Представленное как определенное соотношение в данный момент и в данных условиях двух противоположных сторон: статической и динамической, пассивной и активной, качество получает свою характеристику из попытки неотомистов сопоставить в едином его составные и даже противо-

положные части. Такой ход мысли при поверхностном рассмотрении может быть принят за «элементы диалектики», что требует четкого отделения диалектики от софистики и эклектики, четкого понимания методологической несостоятельности неотомизма.

Метод материалистической диалектики ничего общего не имеет со схоластическим методом. Необходимость для теологии постоянно отделять высшую силу от мира явлений и в то же время соединять ее с ним, а также тысячелетний опыт борьбы с различными враждебными теориями и различными «крайностями» в пределах родственного католическому богословию течений привели к тому, что наряду с ходом мысли типа: «или... или...» неотомизм широко применяет и формы мышления типа: «и... и...» в соответствии с принципами «умеренного реализма» Фомы Аквинского. Наиболее полно это отразилось в разработке особого так называемого «схоластического метода» исследования и объяснения мира, хотя на словах может и отрицаться. Читателю иногда может показаться, что переход от мышления типа «или... или...» к типу «и... и...» — это переход уже к диалектическому методу мышления. Однако это далеко не так. Применяемый для исследования схоластический метод антидиалектичен, поскольку все схоластические «и... и...» — это по существу лишь внешняя констатация двух противоположных сторон, — и дело никогда не доходит до того, что они начинают «двигаться, переливаться» друг в друга, противоположное «другое» для неотомиста никогда не есть «его другое»⁴³.

Все же нельзя не отметить усиливающуюся в последнее время в современном неотомизме у отдельных ее представителей подспудную, чаще всего скрываемую или даже осуждаемую, тенденцию к попыткам решить коллизии между неотомизмом и современностью на путях «освоения» и «переработки» диалектических форм мышления, хотя в итоге все виды неосхоластической аргументации всегда оказываются всего лишь «псевдодиалектикой», даже не идеалистической диалектикой⁴⁴. Именно на этих путях с нашей точки зрения современный неотомизм будет искать возможности для «обновления старого новым», и именно здесь окажется решающее звено в борьбе между марксистской и современной католической философией по проблеме развития в природе.

Данная нами общая схема критики теоретической и методологической несостоятельности неотомистского понимания развития в природе для марксистской философии, конечно, не нова и обычна. Тем не менее понимание происхождения и методов современной неотомистской философии и неосхоластической системы категорий неотомизма должно, по нашему мнению, по-

⁴³ См. В. В. Соловьев, *Философия жизни*, т. 1, стр. 100.

⁴⁴ Среди философов, пытающихся найти «решение» проблем диалектики, наиболее значительна группа западных философов, хотя они чаще всего и отрицают это. Они пытаются «эффективно» фальсифицировать современную философию.

бр. соч., т. 29, стр. 202.

тов, пытающихся найти «решение» проблем диалектики, наиболее значительна группа западных философов, хотя они чаще всего и отрицают это. Они пытаются «эффективно» фальсифицировать современную философию.

мочь марксистам в разоблачении несостоятельности общих декларативных заявлений католических богословов «в защиту» науки и «цивилизации», зачастую принимающих (имеющую, правда, тенденцию к пантеизму) форму «гимна Вселенной» или даже «гимна Материи»⁴⁵. Предложенный нами аспект рассмотрения неотомистского понимания развития в природе «по ту сторону фронта конкретных наук» труден, но именно на этом пути только и можно нащупать основные «больные места» врага и со знанием дела выбивать его с занимаемых им позиций. А это важно, поскольку сам факт увеличения удельного веса неотомизма в буржуазной философии — налицо, что имеет, конечно, свои причины.

Когда дряхлеющему капитализму противостоит могучий лагерь социализма и переход всего человечества от капитализма к социализму неизбежен, в духовной жизни человечества идет ожесточенная борьба двух идеологий — коммунистической и буржуазной. На фоне подлинного триумфа революционного мировоззрения пролетариата все отчетливее становится виден глубокий кризис, переживаемый буржуазной идеологией. Силы старого мира мобилизуют все доступные им средства политического и идеологического влияния на массы, в том числе и религию. Немало надежд возлагалось и будет возлагаться при этом, конечно, на католическую церковь и ее ведущее философское учение — неотомизм.

⁴⁵ P. Teilhard de Chardin. «Hymne de l'Univers» Tours, 1961, p. 71.

СОДЕРЖАНИЕ

От редакции	3
А. Е. Фурман	
О соотношении прогресса и круговоротов в процессе развития	7
Б. Ю. Левин	
Развитие небесных тел	24
Е. А. Куражковская	
Развитие геологической материальной системы	41
Д. И. Гордеев	
Основные этапы развития атмосферы и гидросферы Земли	61
И. Ф. Зубков	
Проблема внутреннего и внешнего в развитии Земли	78
М. В. Иванов	
О логике становления идеи развития в геологии	86
Л. И. Щекина	
Понятия движения и развития в физике	104
Е. Ф. Солопов	
Специфика химической формы движения материи и принцип развития	121
Ю. А. Жданов	
Развитие материи и органическая химия	134
Р. С. Карпинская, В. П. Мерзлов	
Об эволюции химических структур при возникновении жизни на Земле	152
Р. В. Гарковенко	
Проблема развития и современная химическая атомистика	164
В. П. Визгин	
О соотношении химической и органической эволюции	177
Е. Е. Билецкий	
Проблема развития органического мира и современная биология	187
И. Л. Юрова	
Химические методы управления жизнью и теория развития органиче-	202
ского мира	
А. В. Напалков	
Кибернетика и проблема развития функций мозга	212
Э. В. Гирусов	
Взаимосвязь развития живой и неживой природы	223
К. К. Марков	
Общие черты новейшей истории природы поверхности Земли	240
А. Д. Арманд	
Роль обратных связей в развитии природных комплексов	248
В. С. Лямин, Л. Н. Самойлов	
Ландшафтогенез — важный этап в развитии природы Земли	258
Д. И. Кошелевский	
О развитии географической среды	276
А. С. Богомоллов	
Проблема развития природы в буржуазной философии XX века	284
М. В. Желнов	
Идея развития и современный неотомизм	301

ПРОБЛЕМА РАЗВИТИЯ В СОВРЕМЕННОМ ЕСТЕСТВОЗНАНИИ

Тематический план 1967 г. № 27

Редактор *Ю. Б. Молчанов*
 Переплет художника *В. А. Щерба*
 Технический редактор *Н. А. Рябикова*
 Корректоры *М. А. Гришаков,*
В. П. Кабадинская, Л. С. Ключкова,
М. Н. Эльмур

Опечатки

Строка	Напечатано	Следует читать
21 снизу	Венеры	Луны
20 снизу	аммониевая	алюминийная
23 снизу	лигносульфат	лигносульфанат

Зак. 531

г.
18
14
11
3

Издательство МГУ имеет в наличии и высылает наложенным платежом следующие книги:

Вопросы методики преподавания марксистско-ленинской философии в вузах. Под ред. Г. М. Штракса. 1968 г., 170 стр., ц. 67 коп.

В книге анализируются общеметодические проблемы преподавания марксистской философии, роль преподавателя в подготовке и проведении семинарских занятий, использование художественной литературы в преподавании философии, культура речи в лекции. В ней освещается методика подготовки и чтения лекций по наиболее сложным темам курса, как например, предмет марксистско-ленинской философии, материя и сознание, диалектический и исторический материализм — мировоззренческая и методологическая основа современной науки, вопрос о социалистическом государстве в курсах исторического материализма и научного коммунизма. Особое внимание обращено на учет формы обучения и профиля вуза в процессе преподавания (методика преподавания марксистско-ленинской философии в системе заочного и вечернего образования, в техническом вузе, в педагогическом институте).

Книга рассчитана на аспирантов, преподавателей марксистско-ленинской философии в вузах.

Ильин А. Я. О диалектико-материалистических основах развития современной биологии. 1967 г., 100 стр., ц. 36 коп.

Бурное развитие современной биологии выдвигает ряд новых проблем мировоззренческого и методологического характера. Решение их является необходимым для дальнейшего развития как философии диалектического материализма, так и биологии. Брошюра состоит из трех разделов. В первом показывается, что современная биология вступила в новый, диалектико-материалистический этап своего развития. Новый уровень биологического исследования привел к возрастанию роли философии в разработке методологических принципов этого исследования и мировоззренческой интерпретации его результатов. Во втором разделе рассматривается проблема качественной специфики биологической формы движения материи и связанная с этим проблема уровня организации живой материи. На этой основе рассматриваются вопросы о сущности живого, роли методов физики, химии, кибернетики и математики в исследовании живого и т. д. Особое внимание уделяется философским проблемам современной генетики и молекулярной биологии.

Брошюра предназначена для студентов, участников методологических семинаров по естествознанию и всех интересующихся философскими вопросами биологии.

**Заказы следует направлять по адресу:
Москва, В-234. Издательство МГУ.
Отдел распространения.**

