

И. В. КРУТЬ

**ИССЛЕДОВАНИЕ
ОСНОВАНИЙ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
ГЕОЛОГИИ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Институт истории естествознания и техники

551(09)

И. В. Круть

ИССЛЕДОВАНИЕ
ОСНОВАНИЙ
ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
ГЕОЛОГИИ

745



Издательство «Наука»

Москва 1973



Исследование оснований теоретической геологии. К р у т ь И. В. М., «Наука», 1973 г.

Книга посвящена наиболее общим основаниям теоретического геологического знания. В отличие от ряда других наук (например, физики, биологии) в современной геологии проблема теоретических начал почти не разработана и решение ее должно сыграть существенную роль в прогрессе геологии и иметь значение для естествознания в целом. В работе анализируются история и состояние теоретической составляющей геологического знания, а также обосновывается необходимость ее пересмотра на основе структурно-системного подхода и концепции уровней организации, что может обеспечить объединение усилий традиционных и новых научных направлений.

Исследование сосредоточено на избранных центральных проблемах геологии, причем фактологическим базисом выступают идеи, принципы, теории, гипотезы, методы самой геологии и других естественных наук, а также логики и философии. В работе развивается ряд идей В. И. Вернадского, особенно при анализе категориального базиса наук о Земле.

Книга рассчитана на геологов и других специалистов в области наук о Земле, преимущественно научных работников, преподавателей вузов, аспирантов; она должна представлять интерес для многих естествоиспытателей широкого профиля, а также для ученых, занимающихся проблемами истории и методологии естествознания, науковедения и философии. Табл. 12. Библ. 127 назв.

Ответственный редактор

член-корреспондент АН СССР В. Е. ХАИН

«На каждом шагу основные вопросы логики и методологии естествознания выступают на первое место. Всякий натуралист сознает сейчас, что новые логика и методология естествознания есть очередная задача дня».— В. И. Вернадский, 1943 г. Архив АН СССР. (Цит. по И. И. Мочалову, 1963, стр. 108).

Одна из особенностей развития научного знания заключается во всей усиливающейся *дифференциации*, примером чего является геология. В противовес этой тенденции в современной науке встает проблема *интеграции* научного знания, связанная с укреплением междисциплинарных связей, возникновением пограничных дисциплин и построением общих теорий наиболее сложно организованных объектов. Актуальность этих вопросов в области геологических и смежных наук становится особенно острой уже потому, что осознание проблемы взаимодействия общества и природной среды вступает ныне в решающую фазу.

Пути интеграции научного знания многообразны, но сводятся, главным образом, к различным видам и формам его теоретизации, включая, конечно, и математизацию. Однако само по себе развитие теоретических исследований не оказывается достаточно эффективным для целей интеграции, если не выходит за рамки отдельных теорий и специальных дисциплин. В связи же с необходимостью преодоления границ между частными областями и потребностью общей оценки конкретных теорий в современном научном знании оформляется специфическая область, занимающаяся *исследованием оснований науки*. При этом имеются в виду как общие философские и логико-гносеологические, так и специально-научные теоретические и эмпирические основания. Исследование тех и других проводится совместно, хотя в каждом конкретном случае с акцентом на том или ином аспекте.

Проблема оснований науки издавна рассматривалась философией, но как специальная область знания она возникла в прошлом веке прежде всего в математике, а в нашем веке охватила физику и биологию. В этом же ключе в последние десятилетия разрабатываются некоторые вопросы геофизики и геологии, хотя в достаточно явной форме в науках о Земле проблема

исследования их оснований, по-видимому, еще не сформулирована.

В предлагаемом труде исследуются некоторые основания теоретического геологического знания и его методологии. К «основаниям» геологии относятся не обобщенные «элементарные основы», с которых начинается изучение дисциплины, а концептуальная база, на которой зиждется вся теоретическая составляющая. Существующие курсы по общей геологии не совпадают по содержанию с тем, что здесь называется ее основаниями. Не замечают их и обобщенные теоретические разработки, например, геотектонические, или историко-геологические, или математические. При изучении постулатов конкретно-научного знания, как известно, широко применяются философские методы, которые, однако, сами по себе не играют достаточной эвристической роли ввиду их чрезвычайной общности. Поэтому разработка философских вопросов геологии, при всей ее пользе для исследования оснований науки, далеко не исчерпывает содержания последних. Исследование оснований геологии требует сочетания как универсальных, так и специальных теоретических средств, и должно проводиться на промежуточном уровне между философским и специально-научным знанием.

Анализ оснований науки становится возможным лишь при достижении ею необходимой зрелости. Потребность специального знания в исследовании его оснований не находится в прямой зависимости от степени его «точности» (формализации и математизации), а обуславливается сложностью, многоаспектностью и информационной насыщенностью. Более того, сами по себе постулаты теоретического знания, как правило, в принципе не математизируемы и познаются на качественном уровне. В свою очередь логизация и формализация знания оказываются успешными лишь на естественнонаучной основе. Изучение оснований геологии служит целям создания общей геологической теории, необходимость построения которой диктуется тем, что объекты геологии занимают столь же фундаментальное место в природе, как астрономические, физические, химические и биологические, а геологическое знание является весьма развернутым и многоплановым. Потребность в такой теории обуславливается еще и тем, что объекты геологии включают объекты и других фундаментальных наук, причем главный объект — Земля — является уникальным и жизненно важным для нас естественным объектом. Геология, благодаря исключительной сложности своего объекта и наибольшей историчности своего знания, занимает среди естественных наук особое положение.

Необходимость всемерной теоретизации геологии приходится отстаивать прежде всего в среде самих геологов. Представители других естественных наук и философы либо мало знают о геологии (отчасти из-за слабости ее теории), либо выражают недоумение по поводу ее теоретической неразвитости. Последняя в

какой-то мере объясняется «потребительским» отношением к геологии, а также бытующим среди геологов представлением о своей науке как сугубо эмпирической и прикладной.

подавляющее число геологов идет *традиционными* путями описательного естествознания, применяя вместе с тем для получения и обработки эмпирических данных методы «точных» наук. Но сами по себе традиционные направления геологии, даже при использовании ими физических, химических и математических методов, в какой-то мере исчерпывают себя и, главное, приходят в противоречие с принципиально *новыми* направлениями, при которых в основу исследования кладутся не геологические, а физико-химические, а в самое последнее время и собственно-математические принципы — речь идет о теоретической геофизике, геохимии, «математической геологии» и особенно о том течении, которое разрабатывает методы формализации в геологии. Сейчас стало ясно, что «новаторская» деятельность в этих последних областях сталкивается не только с косностью «традиционалистов», но и сама часто оказывается оторванной от специфики геологического исследования и игнорирует достижения геологии как естественной науки. Дело не в том, что то или другое направление должно одержать победу и не в эклектическом соединении их на основе примирения, а в том, что старые и новые пути неизбежно должны пересечься, вскрыть обоюдные слабости и перестроиться на основе более глубоких методологических и теоретических разработок. Каковы будут конкретные формы синтеза противоборствующих направлений — покажет будущее. Но традиционалисты должны осознать, что они не «смогут жить по-старому», а новаторам придется пережить много разочарований, главным образом по собственной вине, понять и принять которую необходимо.

Данная работа не претендует на охват всех проблем оснований геологии, ограничиваясь некоторыми их аспектами. Прежде всего в ней будет идти речь о специально-научных теоретических основаниях, тогда как философские основания, с одной стороны, и эмпирические, с другой, затрагиваются в работе лишь по мере необходимости и в неразвернутой форме. Исследование не содержит философской интерпретации геологических представлений и философских оценок конкретно-научных проблем. В нем не используются, хотя и затрагиваются, формальные и математические методы, для обоснования применения которых в определенной мере и предпринято исследование. В задачу работы не могло войти и разрешение конкретных теоретических проблем. Однако здесь делаются попытки пересмотреть постановку многих таких проблем и в какой-то мере продвинуться в их понимании. Путь исследования — анализ идей, принципов, теорий, гипотез, методов, которые выступают ниже фактологическим базисом.

Главные методологические принципы, которые используются ниже для исследования оснований теоретической геологии, можно

свести к разрабатываемым в современной науке двум взаимосвязанным подходам. Первый из них заключается в анализе *категориального базиса* науки и в построении сквозной понятийной системы, связывающей все отрасли данной науки между собой и со всем естествознанием в целом. Как представляется, в работе содержится первая попытка построения универсальной (конечно, не всеобъемлющей) системы геологических понятий, прежде всего в таксономическом плане. При этом, конечно, наряду с несовершенством этой системы, в ней имеются пробелы и незавершенность, связанная с недостаточной теоретической осмысленностью исторической проблематики геологии.

Второй развиваемый методологический принцип заключается в *системном подходе* к теоретическому исследованию. Наука всегда изучала системы, причем физика и химия исследуют сравнительно простые системы и поэтому обычно они не акцентируют внимания на системном подходе, тогда как биология, география и геология, имеющие дело с целостными, часто самоорганизующимися, динамическими и историческими естественными системами, обращают особое внимание на системный характер своих объектов, на их «организованную сложность». Констатация системного подхода оказалась необходимой при исследовании гетерогенных систем с многостепенной иерархией разнородных компонентов. Осознание специфики системного подхода произошло лишь несколько десятилетий назад и прежде всего в биологии.

Общепринятой теории систем еще нет и в каждом конкретном исследовании приходится формулировать исходные положения, которые в предварительном виде следующие. *Системой* будет называться объект, состоящий из других объектов (подсистем — компонентов), которые находятся в закономерных отношениях между собой, образуя тем самым *структуру* системы. Главные подсистемы именуется *элементами*. Под *организацией* понимается вся совокупность системообразующих факторов (вещей, отношений, свойств), которая обеспечивает целостность объекта — системы, т. е. взаимообусловленность подсистем системы. Целостность системы выражается в ее индивидуальной, видовой и родовой *таксономической* определенности. Классы систем расширяются от индивида и видов вплоть до так называемых уровней систем. Понятие об *уровнях организации* отражает фундаментальную особенность материальных систем концентрироваться в качественно обособленные совокупности индивидов и других классов объектов, которые находятся с объектами других уровней организации в отношениях сложной, не прямой, иерархии (квази-иерархии).

Системный подход объединяет (интегрирует) различные аспекты исследования естественных объектов: таксономический, субстратный, структурный, динамический и функциональный, а также генетический и исторический. Не следует полагать, что системный подход противостоит эволюционному или историческому под-

ходу. О таком противопоставлении может идти речь лишь при подмене системного подхода одним из его аспектов — структурным анализом. Структуралистская гипертрофия часто возникает тогда, когда главное внимание уделяется изучению формальных отношений и свойств, без стремления выявить объекты — системы. Системный же подход требует установления взаимодействующих естественных объектов как материальных носителей отношений и свойств систем.

Для наук о сложных естественных объектах первостепенное значение приобретает таксономия систем, установление которой ложится в основу теоретического знания. В предлагаемой работе речь идет, в первую очередь, о главных контурах систематики геологических объектов, об основных классах, относящихся преимущественно к высшим уровням организации. Главное внимание уделяется таксономическому, а вместе с тем субстратному и структурному аспектам системного анализа. В меньшей мере затронуты динамический и функциональный аспекты, достаточно полное раскрытие которых возможно лишь в рамках отдельных наук о тех или иных классах геологических объектов. Что же касается генетического и исторического аспектов, то они содержатся в самой таксономии естественных систем, выступая отчасти в качестве предпосылок ее установления.

В содержательном смысле наибольшее значение в предлагаемом исследовании придается разработке концепции об уровнях организации геологических объектов, развиваемой преимущественно в плане таксономического аспекта системного подхода. Такой анализ представляется необходимым этапом на пути к дальнейшему изучению генетико-исторических аспектов и проблемы развития в геологии, составляющих темы самостоятельных исследований. Однако и в основе развиваемой ниже концепции организации геологических объектов лежат существенные исторические предпосылки, а понятие организации включает и историю, и генезис геологических систем. Следует подчеркнуть неоспоримые успехи теоретической геологии в установлении истории Земли, а также в выявлении динамики геологических взаимодействий. Менее определены достижения в плане выявления энергетики планеты и геологических процессов. Изучение сложных естественных объектов ставит и более общую проблему системной организации природы; решение таксономических и структурных вопросов в рамках этой проблемы позволяет строже подойти к энергетическим источникам природного процесса, а вместе с тем и к новым возможностям анализа геологического развития на все более высоком научном уровне.

Предварительно следует условиться о применении следующих понятий. Геологией в узком смысле называется наука о минералах, горных породах, формациях, регионально-этажных подразделениях литосферы, твердых земных оболочках, а также о планете Земля в целом, рассматриваемой на уровнях названных клас-

сов объектов, знание о которых должна объединить общая геологическая теория. Более общая теория Земли как естественно-го тела будет включать также объекты уровней физической и химической ее организаций, жидкие и газовые оболочки, биосферу, и, наконец, планету как космический объект, т. е. объединить теории геофизики, геохимии, собственно геологии, физической географии, биогеоценологии и планетологии. Такая общая теория Земли должна венчать геологию в *широком понимании*, которая может объединить усилия всех перечисленных наук; в этом втором расширенном смысле геология (или иначе названная комплексная наука о Земле)¹ становится в один ряд с другими фундаментальными естественными науками — физикой, химией, биологией и астрономией.

Следует проводить различие между понятиями об объектах геологии (естественных телах и процессах) и о ее предмете, т. е. научном знании (эмпирическом и теоретическом), отображающем геологические объекты. Последние подразделяются на объекты ныне существующие и когда-то существовавшие (реконструируемые); для геологических объектов характерно различие между состояниями активного изменения и захоронения (латентного состояния).

Главными элементами предмета геологии как научной системы являются отрасли знания о каждом из основных классов субординированных объектов. Предмет геологии* (и ее элементов) включает в качестве основного своего содержания как знание о закономерностях природных объектов, так и методы их выявления. Различные аспекты геологического исследования в той или иной мере сочетаются друг с другом и практически не выступают в чистом виде. Теоретическая геология — это целостная иерархическая система специально-научных понятий и концепций, которая должна, во-первых, адекватно отражать всю эмпирическую область геологии, а, во-вторых, быть логически взаимосвязанной с любым научным знанием вообще. Подсистемами теоретической геологии являются частные геологические теории.

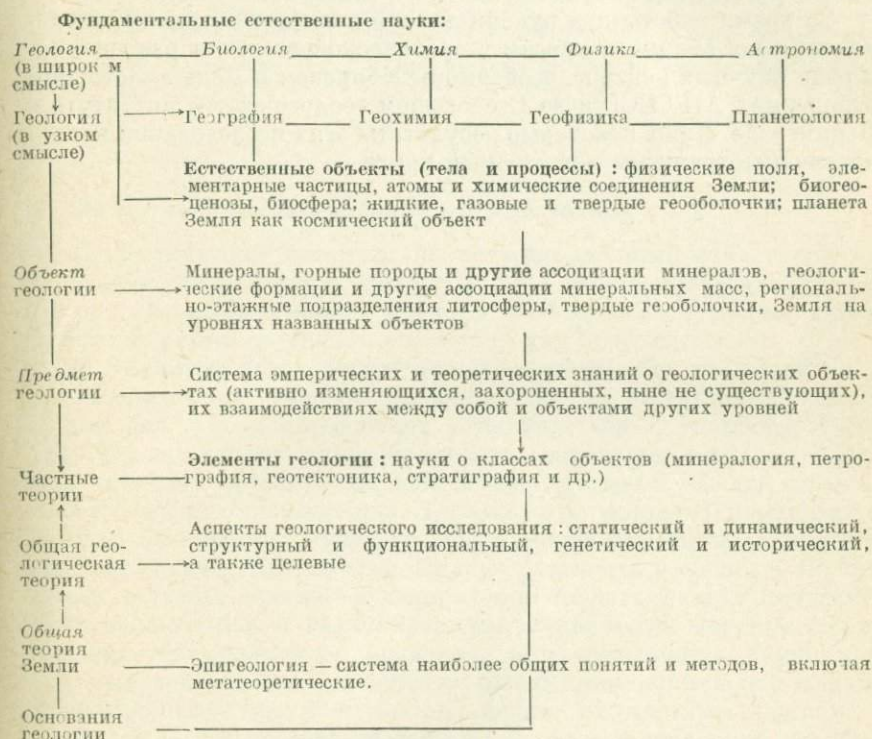
С методологической точки зрения полезно ввести понятие об особом разделе геологии — *эпигеологии*, объектом которой является теоретическая составляющая предмета геологии. Предметом же эпигеологии выступает система самых общих понятий и методов геологии. Эпитеоретическая система излагается метаязыком, который оперирует универсальными общенаучными терминами логики, математики, кибернетики, теории информации, теории систем и др. Эти междисциплинарные понятия имеют как общее, так и специальное научное содержание, что обеспечивает сохра-

¹ См. об этом в статье Б. П. Высоцкого «Геономия (происхождение термина и содержание понятия)». — Изв. АН СССР, серия геол. 1974, № 10. Поскольку данная книга написана ранее, то в основной список литературы включены лишь работы, вышедшие до 1970 г. включительно.

нение, накопление и необходимую для этого избыточность информации. Поскольку язык эпигеологии, как и всей геологии, в основном не формализован, то к нему предъявляется требование максимальной информационной насыщенности и логической строгости. Изложение эпитеории (метатеории) только узкоспециальными терминами невозможно из-за их ограниченности, перевод же ее на естественный язык привел бы к увеличению объема текста и потере специальной информации, что допустимо

Таблица 1

Объект и предмет геологии



лишь при популяризации. Неизбежная многозначность и неопределенность терминов в любом языке должна перекрываться взаимозависимостью понятий в теоретической системе. Термин «эпигеология» предпочтительней термина «метагеология»¹, поскольку приставка «эпи-» означает «на» или «наверху», тогда как «мета»

¹ Последний термин употребляется в нашей литературе с 1971 г.: *Н. П. Шаронов*. «Применение математической статистики в геологии». Недра, 1971, стр. 215; *М. Г. Бергер, П. В. Вассович*. Заметки о геологической терминологии и номенклатуре. — Вестник МГУ, геология, 1971, № 11, стр. 42. Еще ранее появился в печати термин «метагеография».

подразумевает «сзади» или «за». В недалеком будущем, однако, возможные успехи формализации потребуют введения различия между эпитеорией и метатеорией, что предлагается сейчас в формальной логике (Карри, 1969). Тогда эпитгеология будет излагаться средствами обычного языка, а метатеология — иными знаковыми средствами.

Содержание и соотношение понятий об объекте и предмете геологии отражено в схеме (табл. 1). В этой и последующих таблицах линии-стрелки указывают отношение включения объектов и понятий (от большего к меньшему), простые же линии обозначают отношения смыслового пересечения.

За время работы над рукописью и в последующие годы, исследования по общим вопросам теоретической геологии развивались в ряде научных центров, особенно в Сибирском и Дальневосточном отделениях АН СССР и во Всесоюзном геологическом институте в Ленинграде. Лишь некоторые результаты этих исследований нашли частичное отражение в настоящей книге.

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

«В сущности, мы имеем два критерия оценки научной истины, отличия преходящего от вечного. Один путь — путь философской критики, связанный с теорией познания, другой путь — путь исторической критики, связанный с историей науки. При всем несовершенстве и неполноте этого второго пути, математик и, особенно, натуралист, в большинстве случаев останавливается на нем, так как он дает ему прочную почву для суждения и не выводит его из рамок работы, к которым он привык в научной области. Мне кажется, что даже избрав первый путь — путь теории познания — он должен для того, чтобы разобраться в противоречивых и неизбежно, по существу, несогласимых построениях теории познания или вернее различных философских теорий познания, обратиться к истории философии и к истории науки. Только после этого он может применить безнаказанно теорию познания к оценке научных построений или текущей научной работы». — В. И. Вернадский, 1912 г. (1922, II, стр. 112—113).

Об историко-геологических исследованиях

Существующий материал по истории геологии отчасти систематизирован, во многом полон, в ряде отношений удовлетворительно осмыслен и может служить разнообразным целям, выходящим за рамки специально-исторических интересов.

В принятой ниже исторической периодизации по аналогии с привычными для геологов хронологическими названиями используется ряд субординированных терминов: «эра», «период», «эпоха». Термин «этап» употребляется в социальном смысле, а термин «стадия» применяется как вспомогательный. Слово «время» имеет свободное пользование. Термин «предыстория» прилагается здесь в отношении науки, не превратившейся еще в целостную систему знаний. Кроме того, следует различать понятия о *зарождении* научных знаний — установлении первых фактов и логических заключений, о *возникновении* науки, когда впервые четко проявляется предмет ее познания, и о *становлении* науки как системы знания. Все эти понятия равно применяются как к фундаментальным, так и к составляющим их частным наукам.

В основу структурно-системного подхода к изучению истории и состояния геологии и ее ведущих отраслей целесообразно положить представление о различении, во-первых, независимо от нас существующих естественных геологических тел и процессов, во-вторых, практически и теоретически осваиваемых геологических объектов и, в-третьих, предмета геологического знания как научной системы, обладающей развивающейся структурой. Исторически сложилось так, что многие геологические тела, особенно полезные ископаемые, рассматривались как объекты практической, в том числе производственной деятельности, а их место в общей иерархической системе природных тел редко подвигалось специальному исследованию. В этом смысле знание о естественных

телах и знание о практически осваиваемых объектах обычно выступало единым, а это, по-видимому, затрудняло выявление тех видов естественных тел, которые, как казалось, не имеют прикладного значения. В этом отношении может оказаться полезной историко-логическая увязка развивавшихся систем представлений, с одной стороны, о всей иерархии геологических явлений, а с другой — об отдельных классах объектов, как с точки зрения прикладного значения последних, так и с общетеоретической позиции.

Теоретические аспекты отдельных наук о классах геологических объектов выявляются лишь тогда, когда устанавливаются их *системагики*. Именно в таком случае сумма знаний и методов современной геологии (ее предмет в целом) оказывает эффективное влияние на отдельные отрасли знания, которые сами по себе становятся более или менее развитыми научными дисциплинами. Необходимо проследить эволюцию отдельных дисциплин как элементов системы геологических знаний, а также выявить прямые и обратные связи между частными науками и геологией в целом.

В наше время выявляется расхождение между традиционными исторически сложившимися геологическими дисциплинами и разворачивающейся системой представлений об уровнях организации и классах геологических объектов. Развитие теоретической геологии затрудняется этим противоречием, изучение которого составляет актуальную проблему истории и логики геологических исследований. Частью этой задачи является статическое и динамическое изучение геологии в целом и ее отраслей путем установления их структурных разрезов в разные периоды, что позволит проследить изменение системы понятий и структуры частных учений. Непреходящая методологическая проблема соотношения геологических объектов и отражения их в знании требует нового решения как при создании целевых концепций, имеющих непосредственное прикладное значение, так и в преддверии создания общей теории геологических явлений. Логико-теоретический анализ истории, состояния и перспектив геологических наук, в процессе которого их целевые аспекты получают научное обоснование, может способствовать преодолению узкоутилитарных тенденций в геологии, а это тем более необходимо, поскольку проблема взаимодействия общества и природы заставляет нас пересмотреть весь подход к последней.

В предлагаемом ниже историческом обзоре нет возможности сколько-нибудь полно реализовать структурно-системный подход, так как мало затронуты целевые проблемы геологии и вычленяется преимущественно ее теоретическая составляющая, но определенные шаги в этом направлении предприняты.

Предварительно целесообразно привести итоговую схему периодизации истории геологии преимущественно структурного характера, которая принципиально не противоречит, хотя в той

или иной степени и отличается от специальных разработок, учитывающих различные факторы (Тихомиров, Хаин, 1956; Гордеев, 1967; Высоцкий, 1968; и др.).

Эра прединтории геологии

1. Период донаучного познания природы.
2. Период зарождения знаний о Земле (доантичное время).
3. Период возникновения науки о Земле: а) эпоха обособления ее в рамках натурфилософии (Древняя Греция); б) эпоха проявления ее эмпирической и теоретической составляющих (Древний Рим).
4. Период возникновения первых геологических наук: а) эпоха возникновения минералогии (арабское средневековье); б) эпоха господства геологической концепции о Земле (христианское средневековье); в) эпоха возникновения общей геологии и учения о полезных ископаемых (Возрождение); г) эпоха возникновения стратиграфии, петрографии, геотектоники, геофизики, а также проникновения механических критериев и количественных характеристик в науки о Земле (научная революция XVII в.).

Эра развития геологии как целостной системы научного знания

5. Период становления геологии (XVIII в.): а) эпоха утверждения общегеологических критериев и первоначального накопления фактического материала; б) эпоха создания первых общих теорий и консолидации геологии как совокупности дисциплин, становление которых еще задерживалось.
6. Период классической геологии (XIX в.): а) эпоха становления стратиграфии и возникновения эволюционной геологии; б) эпоха становления наук о геологическом веществе и геотектоники; в) эпоха становления геофизики и геохимии (конец XIX — начало XX в.).
7. Период современной геологии.

ПРЕДИСТОРИЯ ГЕОЛОГИИ

(ПЕРИОДЫ ПЕРВЫЙ — ЧЕТВЕРТЫЙ)

Первоначальные знания о Земле

Истоки знаний человека об окружающей природе относятся к палеолиту. Первый период — период донаучного познания сменяется вторым периодом — зарождением первых научных представлений о Земле, ростки которых прослеживаются в древних религиях и мифах. Зачатки теоретических ассоциаций, вытекающих из повседневных наблюдений, приобретая религиозную форму, развивались несколько обособленно от практической деятель-

ности. В доантичный период возникла едва ли не первая самостоятельная наука — *астрономия*.

Античная культура создала системы натурфилософского знания, в значительной мере обособившегося от религии и выступающего прообразом последующей философии и естествознания. Это был третий период — период возникновения науки о Земле, знания о которой являлись слабо обособленными элементами единой античной естественной науки — физики. У античных мыслителей обнаруживаются многие основные, нередко альтернативные идеи о происхождении и строении Земли, о природе землетрясений и вулканизма, о перемещении границ моря, о динамике современных природных процессов.

Важно подчеркнуть значение некоторых общих идей — прежде всего атомистики Демокрита (460—370), который полагал, что атомы и сложные тела движутся в пустом пространстве. С другой стороны, натурфилософская концепция Аристотеля (384—322), которая почти непрерывно развивалась вплоть до становления современной науки, содержала учение о естественных явлениях: «По-видимому, тела, и притом тела естественные, суть по преимуществу субстанции, потому что они лежат в основе всех других. Из тел естественных одни одарены жизнью, другие нет» (Антология..., стр. 453). Субстанциональное воззрение на природу не допускало возможности существования пустоты. Представление о естественности носило телеологический характер — «природа» тела определяла его движение и стремление занять свое естественное положение; речь шла скорее о естественном месте, чем о естественной системе. По Аристотелю, величайшие перемены на Земле являются следствием естественного порядка вещей.

В греческую эпоху античного периода круг знаний о Земле получил некоторое ограничение — как «землеописание», понятие о котором принадлежало Эратосфену (276—194). Так определился предмет *географии*. Произведения авторов римской эпохи, унаследовавших знания греков, характеризовались менее глубоким теоретическим содержанием, но в то же время иногда обилием данных наблюдений (Сенека, Плиний и др.). Существенное значение для последующего естествознания имела геоцентрическая концепция Птолемея (II в.), жизненность которой заключалась в ее системности и практической применимости. Можно считать, что если в греческую эпоху античного периода наметились статический и динамический аспекты науки о Земле, то в римскую эпоху проявляется разделение эмпирической и теоретической составляющих знания.

В античном периоде выступает некоторая дифференциация предмета наук о Земле; выделяются космогонические знания (астрономия), пространственные землеописания (география), наблюдения современных природных процессов (зарождение динамической геологии), сведения о земном веществе (зарождение

минералогии). Исторический аспект знания был еще крайне слабо выражен. Время пранауки, как ее называет Б. П. Высоцкий, кажется возможным завершить именно третьим периодом, а не к началу эпохи Возрождения.

Возникновение первых геологических наук

В первом тысячелетии нашей эры преемниками культурной мысли античной цивилизации стали раннехристианское мировоззрение и, в еще большей мере, с VIII в. мусульманская философия. В исламском мире накопление эмпирических геологических сведений, связанных преимущественно с горнорудным делом, приводит к выработке представлений об осадкообразовании, об условиях залегания отложений, особенно о происхождении, свойствах и классификации различных минеральных образований. Можно считать, что в эпоху науки ислама произошло возникновение первой из геологических наук — *минералогии*, а также зародилось учение о полезных ископаемых. Арабская наука унаследовалась европейской наукой и способствовала проникновению в последнюю античного наследия. В XI в. Ибн-Гебироль следующим образом излагал мысль об иерархической структуре мира: «Всякая низшая субстанция, как мы уже сказали, есть форма для той субстанции, которая находится выше ее; всякая высшая субстанция есть материя, носительница низшей субстанции: этот последовательный ряд продолжается и дальше...» (Антология..., стр. 774—775). Так формируются ранние идеи об уровнях организации, которые еще долгое время будут представляться в виде простой субординации.

В христианской Европе представления о Земле развиваются преимущественно в рамках геологии и имеют интерес с логической точки зрения. Христианское мировоззрение включало господствующую своего рода еще «пранаучную» концепцию о Земле, основанную, с одной стороны, на геоцентрической системе, а с другой — на библейском предании о всемирном потопе. Последняя точка зрения получила впоследствии название дилuviанизма. Оба эти постулата имели, конечно, эмпирическое содержание, так как вытекали из астрономических, географических и геологических (остатки ископаемых организмов и др.) наблюдений.

Ревизия христианских канонов, начавшись в эпоху Возрождения в области искусства, быстро распространилась на науку. С Ренессансом связано возникновение термина «геология», употребляемого для обозначения комплекса правил и закономерностей земного бытия в противоположность «теологии». Возникновение *общей геологии* как науки о более сложных объектах, чем минералы, можно связать с деятельностью итальянских натуралистов. В конце XVI в. геология как наука о Земле фигурировала в рукописи у Альдрованди из Болоньи.

Потребности горного дела и прикладной химии способствова-

ли обособлению эмпирических знаний о природном веществе. Агриколе (1494—1555) принадлежит честь создания «европейской» минералогии и учения о полезных ископаемых, которые развивались в известном отрыве от общей геологии. В его классификации минеральных тел впервые намечилось разделение их на минералы и горные породы. Труды Агриколы более двух веков служили практическим руководством, но научного направления они не создали, что объяснялось их теоретической слабостью.

Итак, четвертый период — возникновение первых геологических наук — охватывает следующие отрезки истории культуры: а) эпоху арабского средневековья — возникновение минералогии; б) эпоху европейского средневековья — создание геологической концепции о Земле; в) эпоху Возрождения — возникновение общей геологии и учения о полезных ископаемых. В этот же период следует включить описываемую ниже эпоху научной революции (до XVII в. включительно). В течение трех рассмотренных эпох не произошло существенных изменений в методах геологического познания, но несколько усилился его исторический аспект.

Научная революция и геологические знания

Становление классического естествознания как научной системы составило содержание первой научной революции, сущность которой заключалась в теоретическом осмыслении начал знания — установлении постулатов, законов, критериев и граничных условий научного исследования, а также в возникновении между эмпирическими данными и их теоретическим объяснением специфических формально-логических, очажки математических, связей.

Революцию начал Н. Коперник (1473—1543), обосновавший главный постулат нового естествознания — гелиоцентрическую систему мира (1543 г.). Возникли *геофизика* и *геодезия*. У. Гильберт (1540—1603) связал экспериментальные данные с теоретическим обобщением в труде «О магните, магнитных телах и великом магните Земли» (1600 г.). Первый постулат классической механики выявил Г. Галилей (1564—1642) в принципе относительности, названном его именем. Гелиоцентрическая система была выражена И. Кеплером (1571—1630) в виде астрономических законов. Тем самым были заложены основы изучения земного тяготения и Земли как планетного тела. Возникает *кристаллография* (И. Кеплер, Н. Стенон и др.). А. Кирхер (1601—1680) развивает идеи о питающих вулканы глубинных очагах расплавов (пирофиляциях). Становится господствующим мнение об огненном ядре Земли. Р. Декарту (1596—1650) принадлежала честь постановки космологической и космогонической проблемы, а также проблем оболочечного строения Земли и взаимодействия природы и общества.

К концу XVII в. все более утверждается вывод о широком географическом распространении геологических пластов (Н. Сте-

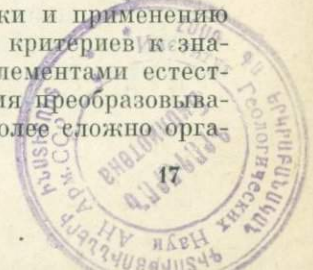
нон, А. Вудворд и др.) и высказываются мнения о возможности их картирования. Первоначально примитивные мысли о потоках трансформируются в дилuviанистические идеи, излагаемые в так называемых «теориях Земли» (Т. Бурнет, В. Уистон и др.). В то же время в Италии защищались антидилuviанистские представления о первичном местообитании окаменевших организмов (Н. Стенон и многие другие).

Существенный вклад в науки о Земле продолжают вносить физики и химики. Представления Х. Гюйгенса (1629—1695) о жизни как космическом явлении, полярном косной природе, названы В. И. Вернадским «принципом Гюйгенса». Проблему геохронологии ставит Р. Гук (1635—1703), полагая что окаменелости помогут расшифровать историю Земли. Э. Галлей (1656—1742) пытался применить химический критерий геохронологии, рассчитав, что длительность накопления солей в океане превышает библейский возраст Земли.

547
Научную революцию завершает И. Ньютон (1642—1727), который создает первую развитую естественнонаучную теорию — классическую механику. Элементами ее оказываются приливная теория, а также теория плотности и фигуры вращения Земли, которая предполагается первоначально расплавленной. Им был принят постулат абсолютности пространства и времени. Современник И. Ньютона Г. Лейбниц (1646—1716) развивает представления о «вещности» мира и высказывает идеи об относительности пространства, времени и движения, хотя его субстанция и не материальна. Г. Лейбницу принадлежит одна из натурфилософских «пратеорий» Земли, в которой он пытается уяснить происхождение и развитие земной коры.

Признание абсолютного пространства в физике, будучи неправильным по существу, явилось необходимой абстракцией, без которой было бы невозможно создание научной теории. В этом случае естествоиспытатель не мог позволить себе мыслить субстанционально. Но сразу же проявились попытки заполнить это пространство эфиром (Х. Гюйгенс и др.). Другой абстракцией механического воззрения был отказ от иерархической структуры мира. Приобретением же явился переход от статической к кинематической и динамической картина механического мира.

В эпоху научной революции общие концепции о происхождении и строении Земли, основанные уже на гелиоцентрическом постулате, развивались в натурфилософии (Р. Декарт, Г. Лейбниц и др.) и не были непосредственно связаны с достижениями эмпирического естествознания и с созданной им механической интерпретацией системы мира. Однако революция в астрономии и механике привела к возникновению геофизики и применению количественных характеристик и механических критериев к знаниям о Земле. Итак, к концу века главными элементами естествознания были астрономия и механика. Алхимия преобразовывалась в химию. Время для становления наук о более сложной орга-



низованных объектах — геологии и биологии — еще только наступало.

Сами геологические науки стали развиваться на основе собственного эмпирического метода — полевых наблюдений. Усиление в них исторического аспекта выявило диссонанс между геологическим и биологическим знанием и обострило противоречие между наукой и религией. Геологические знания XVII в. по существу относятся еще к периоду возникновения первых геологических наук. Принципиально новые выводы Н. Степанова (см. ниже) не повлияли на науку его времени. В структуре наук о Земле в эпоху научной революции можно видеть минералогию и учение о полезных ископаемых, общую геологию и геогению, геофизику и геодезию, а также географию.

Историческое исследование ранних периодов развития геологических знаний целесообразно направить на выяснение общепhilosophических, логических и естественнонаучных предпосылок и оснований геологической науки. Современные запросы теоретической геологии, вероятно, должны обострить интерес к концепциям пространства и времени: абсолютизации их — Демокрит, Эпикур, Лукреций, Ньютон с одной стороны, и относительности их — Аристотель, Декарт, Лейбниц, не признававшие пустоты, с другой. В общем плане взгляды отдельных ученых интересны не столько потому, что в них содержатся те или иные представления, затем принятые или отвергнутые, а главным образом ценны содержанием центральных, обычно альтернативных идей, зачастую не проверяемых эмпирическим способом, но прослеживаемых до нашего времени.

СТАНОВЛЕНИЕ ГЕОЛОГИИ (ПЕРИОД ПЯТЫЙ)

Принципы Н. Стенона

Н. Стенон (1638—1687) подытожил свои наблюдения в диссертации «О твердом, естественно содержащемся в твердом» (1669 г.). Он выдвигает методологическое положение: *«при данном теле определенной формы, созданном согласно законам Природы, в самом этом теле находим доказательства, раскрывающие место и способ его создания»* (Стенон, 1957, стр. 12). Для установления способа зарождения тела необходимо знать природу вещества, но существует граничное условие исследования: «до сих пор нам неизвестно в Природе вещества ничего такого, что объясняло бы основное начало движения...» (там же, стр. 16). Он подчеркивает, что понятие о природном теле и естественном движении отвечает как субстанциональному, так и атомистическому пониманию материи.

Н. Стенон устанавливает важнейшие геологические закономерности: «1. Если в каменистом слое все частицы имеют одну

и ту же природу и притом являются весьма тонкими, то нет основания отрицать, что этот слой образовался в эпоху творения из жидкости, которая все покрывала. 2. Если в определенном слое находятся обломки другого слоя или части животных и растений, то несомненно его не следует причислять к слоям, которые в эпоху творения осели из первичной жидкости». И еще: «6. Если в одном и том же месте вещество всех слоев будет одно и то же, то несомненно, что жидкость, их отложившая, не произошла из различных жидкостей, слившихся в разное время из разных мест.»

Далее выдвигаются следующие тезисы: «1. Во время образования какого-либо слоя под ним находилось другое тело...; 3. Во время образования какого-либо слоя он был ограничен сбоку другим твердым телом или же покрывал весь земной шар. 4. ...При образовании самого нижнего слоя ни одного из верхних слоев еще не существовало. ...слои, перпендикулярные к горизонту либо наклоненные к нему, в другую эпоху были параллельны этому горизонту. ...Изменившееся положение слоев является основной причиной происхождения гор» (там же, стр. 28—32).

Если утвердившееся положение о смене моря и суши и об органическом происхождении окаменелостей явилось для геологии начальными постулатами, подобно гелиоцентризму для астрономии, то установленные Н. Стеноном геологические критерии выступили уже как фундаментальные законы геологии: 1) о возрастной последовательности первичного горизонтального напластования отложений и 2) о вторичном нарушении горизонтального напластования. Тем самым были заложены теоретические основы стратиграфии, геотектоники и исторической геологии в целом, а также геологического картирования и геохронологии. Принципы Н. Стенона знаменуют переход к изучению трехмерного геологического пространства, причем структурный характер устанавливаемых закономерностей выступает не только в чистом виде, но и в связи с генетическими постулатами и выводами. Главным объектом геологии стал разрез земной коры, даже если изучалась лишь ее поверхность. В предмет науки включалась история Земли. Историческое содержание выявленных отношений затруднило выражение их в виде системы (подобной, например, законам Кеплера или Ньютона); этот же исторический аспект до сих пор не позволил дать их достаточно адекватную математическую формулировку. Принципы Н. Стенона завершают эру предистории геологии — ими же начинается ее становление.

Представляется уместным провести историко-научную, гносеологическую и содержательную аналогию между галилеевским принципом относительности классической механики и законом о возрастной последовательности напластований, который можно называть «стеноновским принципом относительности классической геологии». Оба принципа являются первыми фундаментальными положениями, обусловившими дальнейшее развитие теорий своих

наук, — в этом выразилась их историческая и гносеологическая роль, которая, однако, этим не исчерпывается, по крайней мере в отношении галилеевского принципа. Последний принцип, согласно которому законы механического движения тел одинаковы по отношению ко всем системам отсчета в абсолютном пустом пространстве, был осознан и назван лишь в наше время, когда потребовалось переосмысление представлений о физическом пространстве и времени. С подобной же точки зрения целесообразно ввести понятие о принципе *относительности геологических тел*, даже если эффективность применения и развития принципа еще не вполне ясна.

Главное содержание стеноновского принципа относительности сводится к тому, что пространственному отношению геологических пластов («ниже» и «выше») эквивалентно временное отношение их образования («раньше» и «позже»). Содержание физической относительности сходно с этим принципом в том, что вызывает *физическое пространство и время* и объясняет пространственно-временные отношения тел. Существенное различие заключается, в частности, в том, что стеноновский принцип объясняет время образования тел, а физический лишь время перемещения. Однако стеноновская относительность позволяет обосновать и нечто большее, а именно наличие специфического *геологического пространства и времени*, как атрибутивных свойств геологических тел, хотя, конечно, сам Н. Стенон и не дифференцирует физическое и геологическое пространство и время.

Согласно Н. Стенону, геологические пласты как механические тела образуются в однородном ньютоновском пространстве и времени, отчасти уже занятом ранее образовавшимися телами. Однородное физическое пространство и время сами по себе не обладающие какими-либо свойствами, образуют фон геологических процессов, тогда как существующие уже геологические тела создают неоднородность и являются своего рода условиями этих процессов. Сам факт наличия дискретных геологических объектов обуславливает реальность геологического пространства, отличного по топологическим и групповым свойствам от однородного непрерывного физического пространства. Н. Стенон устанавливает анизотропию геологического пространства в вертикальном измерении (система отсчета — Земля), отвечающую смене пластов в разрезе, тогда как физическое пространство считается изотропным. Сама смена пластов обусловлена действием не только физических (гравитационных и механических), но и специфических геологических процессов, которые обуславливают дискретность и анизотропность геологического пространства.

Стеноновский принцип устанавливает также специфичность геологического времени, являющегося атрибутом — свойством геологических пластов (тел и процессов) по сравнению с однородным физическим временем. Действительно, сам факт напластования (дискретность геологического пространства) отражается и

взаимообуславливается цикличностью и периодичностью, т. е. специфическими топологическими свойствами геологического времени. Связь пространственных и временных свойств геологических объектов заключается, в частности, в том, что групповые свойства геологического пространства (например, его дискретность) оказываются эквивалентными топологическим свойствам непрерывного геологического времени (например, ритмам).

Эти сложные отношения вызваны иерархией геологических объектов и процессов различного уровня, при которых одни из них являются надсистемами и выступают внешними условиями для других. В связи с этим нужно сознавать, что рассматриваемые особенности геологического пространства и времени в масштабе «пластов» отвечают лишь одному из уровней геологической действительности и что пространственно-временные свойства геологических объектов разных уровней должны быть различными, сохраняя, однако, нечто общее для всей геологической организации, а также общие черты любого материального пространства и времени.

Иными словами, есть *общая относительность* геологического пространства и времени, заключающаяся в соотношении их с физическим пространством и временем (прежде всего с гравитационными), но есть и частная *специальная относительность* геологического пространства и времени, характеризуемая внутренними их свойствами, обусловленными отношениями, в том числе взаимодействиями геологических тел и процессов.

Наряду с установлением относительности вертикального разреза, стеноновский принцип допускал *абсолютизацию горизонтального измерения геологического пространства*. Тезисами Н. Стенона (см. выше — 1, 2, 3) предполагается повсеместный и одновременный процесс образования слоя определенного состава, а тем самым и пространственно-временная адекватность границ слоя физическому пространству и времени. Стеноновские тезисы (1, 2, 6) также можно трактовать как утверждения об однородности состава одновременных пластов, но если даже Н. Стенон так в действительности и не считал, то все же подобная абсолютизация составила впоследствии основу вернерианской стратиграфии и геохронологии, рецидивы которой имели место вплоть до нашего времени. Стеноновский принцип относительности стал начальным общегеологическим критерием, который оказался достаточно сильным в формальном отношении и весьма содержательным, включая статический, динамический, исторический и генетический аспекты. Этот принцип стал уточняться и дополняться через сто — двести лет, тогда как галилеевский принцип подвергся переосмыслению через триста лет.

Итак, науки о Земле, имевшие дело с разнородными пространственно-временными отношениями и свойствами природных объектов, выдвинули едва ли не первую естественно-научную альтернативу пониманию пространства и времени как субстанций.

Новое в научном мировоззрении

В первой половине XVIII в. происходило накопление научных фактов, в основном укладывавшихся в существовавшие теоретические представления. В целом же век промышленной революции предъявил науке новое требование — встать на службу экономики, на чем и сосредоточились научные усилия. В более общем плане отчетливее стали проявляться противоречия между естествознанием и натурфилософией, поскольку наука разрабатывала методы экспериментального и индуктивного исследований. Вклад же философов в методологию дедуктивного познания часто опережал возможности науки.

И. Кант (1724—1804) в ранних теоретических работах выводит принцип системного устройства мироздания, причем видит перархическую организацию не только в астрономии, но и в природе вообще. Кант полагает существование разных видов пространства с еще неизвестными свойствами и измерениями и подчеркивает различие между «естественными телами» и «математическими телами». Лишь математическое пространство можно представить свободным от каких бы то ни было предметов. И. Кант строит естественнонаучные гипотезы, основанные на фактах, рассматривая природные объекты в их развитии. Его небулярная космогоническая гипотеза (1755 г.), согласно которой планеты образовались под действием всемирного тяготения из первоначально холодной диффузной материи и, возможно, прошли стадию расплавленного состояния, в определенной степени отвечает гипотезам наших дней. Им излагаются прообразы современных представлений — космологических (например, об особом «начальном» состоянии), астрономических (например, о звездообразовании), общегеологических, геотектонических, геоморфологических, географических (о зональности и др.).

Принципиальный характер имели идеи хорватского философа и натуралиста Р. Бошковича (1711—1787), который в теории естественной философии объединил ньютоновское учение с лейбницевской субстанциональной концепцией. Им не допускалось пустое пространство, в котором находятся изолированные частицы вещества, а предполагалось многообразие материальных субстанций, тела которых могут проникать друг в друга. В. И. Вернадский считал Р. Бошковича предтечей современного учения о веществе и специфическом кристаллическом пространстве и полагал, что в философских выводах к нему был близок Дж. Геттон.

Науки о Земле в XVIII в.

Для общих представлений о Земле основой становятся классическая механика и математика. Развиваются гравиметрические и геодезические исследования. Все в большей мере механическими становятся космогонические и геогенические представле-

ния (Ж. Бюффон, И. Кант, И. Ламберт, П. Лаплас и др.). Зависимость жизни на Земле от солнечной энергии установил Роме де Лиль (1736—1790), с именем которого связано становление кристаллографии.

Особое значение в XVIII в. стали приобретать описания естественных природных объектов и установление их систематик. Эти направления все отчетливей отражали многоуровневую организацию мира. Поскольку морфологическая целостность и индивидуальность организмов выступает особенно явно, то таксономическая основа для биологии была выявлена прежде, чем для геологии. Первая естественная систематика природных объектов, созданная К. Линнеем (1707—1778), оказалась в общем адекватной в отношении организмов и неправильной для минерального мира.

Для установления возраста Земли Ж. Бюффон (1707—1788) применил моделирование, нагревая железные шары. Он подразделил историю Земли на семь эпох общей продолжительностью в 74 832 года. Его концепции относятся к переходному типу от натурфилософских сочинений к специально-научным теоретическим исследованиям. В имени Ж. Бюффона связывается возникновение механического непутизма, который у К. Линнея носил часть биогенный характер, а у Т. Бергмана (1735—1784) приобрел свою наиболее распространенную химическую форму. Интеллектуальным титаном XVIII в. называют М. В. Ломоносова (1711—1765), труды которого по глубине и широте содержания позволяют относить их автора к основоположникам геологии.

Возвращаясь к основной линии развития геологии, можно видеть, что с начала XVIII в. широко развивается коллекционирование и описание минеральных образований и окаменелостей. Минеральное вещество подвергалось химическому исследованию. Развивалась также описательная минералогия. Но первые попытки установления естественных систематик элементарных геологических объектов — минералов — оказались неудачными (К. Линней, Р. Гаюи, А. Вернер). Появление представлений о закономерных ассоциациях геологических тел относилось прежде всего к минералам (И. Генкель, И. Леман, А. Вернер, позднее В. М. Севергин): на уровнях горных пород и формаций аналогичные выводы еще не были отчетливыми.

В области общей геологии итальянские исследователи продолжают развивать представление о естественном характере прежних и современных геологических процессов (А. Валлиснери, А. Моро и др.). Наиболее существенным достижением геологии становится выделение крупных разновозрастных комплексов геологических образований различного состава и происхождения (И. Леман, Дж. Ардуино, Г. Фюксель, Дж. Мичел и др.). В 1764 г. Г. Фюксель ввел термин «геогнозия», понимая под ним общую геологию (без геогении). Близкий к современному смысл вложил

Ж. Делюк в термин «геология» (1778 г.). Но дело не только в терминах. Переход к изучению по существу нового объекта — разреза земной коры — привел к изменению структуры предмета общей геологии. Главным для нее стало представление о геологических «формах» (термин А. Вернера) как элементах земной коры. Это эмпирическое обобщение давало основу для становления стратиграфии, а также учений о метаморфизме, складкообразовании, горообразовании и других процессах геологической истории. В предмете общей геологии («геогнозии») стали выделяться ее компоненты: собственно формационная геология, динамическая геология и историческая геология.

«Физико-геологические изыскания» (по выражению Ч. Лайеля) еще долго продолжают в геологии, но уже с середины века к дилювианизму добавляются две новые концепции, непутизм и вулканизм. Существенную роль в развитии концепции вулканизма и всей теоретической геологии сыграла гипотеза П. С. Палласа (1741—1811), который рассматривал уже крупные геотектонические элементы (горные системы с гранитными ядрами) в их развитии.

Исключительное значение для геологии имели труды А. Вернера (1749—1817) и ученых Фрейбергской школы, для которых был характерен разрыв между эмпирическим и теоретическим знанием. А. Вернер выделил из предмета геологии, который «объемлет все то, что нам о Земле нашей известно» (по свидетельству А. Севастьянова; цит. по Шафрановскому, 1968, стр. 127) «геогнозию» — «науку, которая знакомит нас вообще с твердыми составными частями земного шара и дает нам сведения о различных местоположениях ископаемых, образующих Землю, а также об их происхождении и отношении друг к другу» (цит. по Даннеману, т. II, 1933, стр. 380—381).

А. Вернер сформулировал методологические принципы понимания геологических объектов: «Ископаемые тела — это самостоятельные механически простые химически соединенные неживые природные тела, составляющие в совокупности твердое тело Земли и находящиеся на земной поверхности или под ней» (цит. по Шафрановскому, стр. 54). И еще: «...ископаемые тела должны вплоть до «семейства» подразделяться по их составу. Ведь целью системы минералов является определение природной их последовательности или ряда полезных ископаемых. И чем точнее это будет сделано, тем совершеннее будет сама минералогическая система. Однако существенное различие ископаемых тел заключается в их составе, так же как для животных и растений оно заключается во внутренней стройности их частей. Это различие простирается вплоть до отдельных видов» (там же, стр. 59).

Поскольку же А. Вернер заявил, что предпочитает плохо классифицировать и хорошо описать, чем наоборот, то он классифицировал минералы и горные породы главным образом по внешним признакам. Если такая классификация и удовлетворяла тог-

да практическим потребностям, то теоретические выводы из нее не могли быть получены и были заменены гипотетически-дедуктивной доктриной непунизма. Ее основой была идея последовательного и одновременного отложения «всемирных формаций» из общей «хаотической жидкости»; речь шла о наслоенных породах, в том числе древних базальтах. Каждой формации определенного состава отвечало геологическое время. Делался неправильный вывод о первичности изогнутого залегания пластов. Вернерианство в широком смысле слова играло главную историческую роль в геологии конца XVIII в., но по выражению Ч. Лайеля, непунизм и ортодоксия слились в ту пору в одно целое. Непунизм как бы придал новую научную форму дилuviанизму, а вместе с тем и катастрофистским идеям, которые прослеживались с древности и сущность которых составляло противопоставление первичных геологических процессов современным.

Теория Д. Геттона. Некоторые выводы

Главе Эдинбургской геологической школы Д. Геттону (1726—1797) принадлежал классический труд «Теория Земли» (1788, 1795 гг.), который явился первым целостным теоретическим синтезом геологических знаний: «Геттон старался положить прочные начала геологии, точно так, как Ньютон успел сделать это относительно астрономии. Но в первой из этих наук существовало слишком мало необходимых данных» (Лайель, 1866, т. I, стр. 56). Сочинения Дж. Геттона обязаны признанием прежде всего его ученику Дж. Плейферу (1747—1819), издавшему в 1802 г. «Иллюстрации к геттоновской теории Земли».

Теория Дж. Геттона построена на эмпирической основе полевых наблюдений. Кардинальную роль сыграл установленный им факт прорыва наслоенных пород гранитами, которые по общепринятому мнению (особенно у непунистов) считались первозданными. Этот факт дал основание для вывода о необозримости геологического времени, а вместе с тем и для исключения из геологии вопроса о происхождении мира. Его знаменитый принцип: «в экономии мира я не нашел никаких следов начала и ни малейших признаков конца» имел методологический характер, ставя *границные условия* для развития научной теории и отделяя ее от натурфилософии. Такое понимание тезиса дало В. И. Вернадскому повод его уточнить: «Очевидно, надо прибавить «в течение геологически нам известного времени» (Вернадский, 1965, стр. 116). Сам Дж. Геттон утверждал, что мы не должны приписывать природе только те средства, которые кажутся нам приемлемыми с нашей узкой точки зрения.

Земля рассматривается Дж. Геттоном на уровнях механических, химических и собственно геологических явлений, выступая в качестве целостной динамической системы, характеризующейся специфической организацией (гармонией). Причину движения тел

он видел во взаимодействии их и с другими телами и с субстратом (физическими полями?). Выдвигается идея тепловой конвекции и расширения Земли, история которой имеет циклический характер.

Граничные условия теории Земли формулируются по существу как *геологический принцип сохранения*: «Посреди всех переворотов земного шара экономия природы остается без изменения, и ее законы только одни противостоят общему движению. Реки и скалы, моря и континенты изменились во всех своих частях; но законы, управляющие этими изменениями, и правила, которым они подчинены, остаются постоянно одни и те же» (Плейфер. Иллюстрации к теории Геттона, § 374; цит. по Лайелю, 1866, т. I, стр. XI). Тем самым вводится понятие о естественных геологических законах, действующих в рамках земной действительности.

Геттоновский плутонизм (название дано непунистами) имеет более широкий смысл чем вулканизм, поскольку охватывает также глубинные метаморфические процессы. Он предполагает последовательное расплавление различных частей твердой Земли. Эндогенный геологический фактор имеет периодический характер. Вода выступает постоянно действующим экзогенным фактором, причем активным, а не пассивной средой осаждения, как у непунистов. Многолетний спор плутонистов с непунистами сосредоточивался нередко на частных вопросах, например происхождении базальтов.

Итак, период становления геологии как относительно самостоятельной научной системы относится в основном к XVIII в. и начинается утверждением стеноновского принципа относительности геологических тел и завершается введением геттоновского граничного принципа сохранения геологических процессов. Более общий характер и значение приобретает идея космогонического и геологического развития. В пределах периода можно наметить две эпохи. Первая из них (примерно до середины XVIII в.) характеризовалась преимущественным накоплением фактического материала и лишь начальными стадиями взаимодействия отдельных элементов геологии. Для второй эпохи характерна уже консолидация этих элементов в единой теоретической системе. Следующий период начнется становлением биостратиграфии. Если еще в более ранние периоды возникли противоречия между наукой и религией, а также между геологическим и биологическим знанием, то в XVIII в. к ним прибавилась коллизия между эмпирическим знанием и концептуально-теоретическим подходом.

В XVIII в. геология встала в ряд главных естественных наук после астрономии и механики и одновременно с химией и биологическими дисциплинами. Успехи систематики в последних способствовали некоторому опережению ими геологии. Но если произошло становление геологии в целом, т. е. она оказалась равноправным элементом естествознания и сама превратилась в

систему наук, то становление каждого из ее элементов еще поддерживалось. В XVIII в. существовали география, геофизика и геодезия, минералогия, учение о полезных ископаемых, общая геология, возникли петрография, «учение о формациях», стратиграфия, геотектоника, космогония, причем все эти области знания оказались так или иначе связанными между собой, хотя объекты их еще не были систематизированы. Выявились лишь контуры систематики главных классов объектов геологии, что и обусловило ее становление. Важной задачей изучения периода становления геологии в XVIII в. является, по-видимому, анализ путей возникновения и способов формулирования законов и идей, которые составили основу развития возникшей науки.

РАЗВИТИЕ КЛАССИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ (ПЕРИОД ШЕСТОЙ)

Научный прогресс в XIX в.

Естественнонаучное мышление развивалось все более независимо от философии. Относительная автономия естествознания играла в целом положительную роль, но имела и отрицательные стороны.

Так, почти вне внимания естествоиспытателей остались философские разработки Г. Гегеля (1770—1831). Им, в частности, были изложены идеи поуровневой эволюции. В «Философии природы» говорится: «мы должны рассматривать природу как систему ступеней, каждая из которых необходимо вытекает из другой...» (Гегель, 1934, II, стр. 28) и развивается «представление о рядах, образуемых всеми видами природы и в особенности живыми существами» (там же, стр. 31). Далее выделяются механическая и физическая формы бытия и подчиненный последней химический процесс; особые ступени образуют параллельно существующие геологическая природа и организмы. Впервые геологическая реальность была выделена как специфическая сложная «органичная» система.

Продвижение науки в XIX в. шло экстенсивно и интенсивно. Физика оперирует уже двумя главными материальными субстанциями — электромагнитным полем и веществом, причем последнее исследуется также на химическом и геологическом уровнях. Л. Пастер (1822—1895) вводит понятие о диссимметрии живого вещества в форме его кристаллического пространства. Развитие термодинамики привело к понятию энтропии, а также связанным с ним космологическим построениям. Естественная систематика атомов (Д. И. Менделеев) создается позднее, чем систематика организмов, и примерно одновременно с систематикой минералов и горных пород.

Дальнейшее развитие геологии подготавливали фундаментальные работы в области физики Земли, геодезии и астрономии

(К. Гаусс, Ф. Бессель и др.). Развитие геологической науки в XIX в. позволило ей наряду с биологией выступить в качестве одной из лидирующих отраслей естествознания, развивая его исторический аспект. Во второй половине века эволюционные идеи в биологии, геологии, астрономии, а также идеи развития в атомистике и термодинамике, противопоставили механическому лапласовскому детерминизму новый вероятностный подход.

Возникновение эволюционной геологии и становление стратиграфии

Конец XVIII в.—первую четверть XIX в. называют «героическим» временем геологии. Влияние непутизма подходило к концу (А. Вернер, И. Гёте и др.), хотя окончательно он рухнул лишь в первой четверти XIX в. при прямом столкновении с плутонизмом, которому сопутствовали также новые идеи катастрофизма (Ж. Кювье, Л. Бух, А. Гумбольдт и др.). Победа плутонизма была обеспечена не только фактами, но и научным методом. Плутонизм и непутизм как научные направления отражали не только отношение к роли и взаимодействию эндогенных и экзогенных сил — в классическом плутонизме Дж. Геттона эта проблема решалась точнее, чем, например, в более поздних вулканических концепциях (Л. Бух и др.), а экзогенные процессы понимались Дж. Геттоном правильной, чем непутистами. Крах непутизма означал нечто большее — это был отказ от целого геологического мировоззрения, того, о котором Ч. Лайель писал: «Ранние наблюдатели думали, что памятники, которые геолог усиливается прочесть, относятся к начальному состоянию Земли, или к тому периоду, когда действовали причины, отличавшиеся по роду и по степени от тех, которые ныне составляют экономию природы» (Лайель, 1866, т. I, стр. 69). Последующие формы катастрофизма уже мало связаны с идеями «первозданности» и так или иначе предусматривают участие революционных изменений в рамках общей эволюции Земли.

Поворотной вехой в истории геологии можно считать время, когда на грани XVIII и XIX вв. произошло обособление *биостратиграфии*, как базисной геологической науки, которая получила новый специфический метод палеонтологической корреляции. Для объяснения факта резкой смены ископаемых фаун Ж. Кювье (1769—1832) прибегнул к гипотезе периодически повторяющихся катастроф (1812 г.), после которых уцелевшая часть организмов давала начало новому комплексу ископаемых. Ад. Броньяр (1770—1847) составил сводную геохронологическую шкалу (1829 г.). Катастрофистские идеи Ж. Кювье развивали А. д'Орбиньи (1802—1857) и Ж. Агассис (1807—1873), взгляды которых характеризовались крайностями, в том числе креационизмом для органического мира.

Решающие эмпирические данные для геологического и биологического эволюционизма подготавливались биостратиграфией, основоположником которой стал В. Смит (1769—1839). Он пришел к заключению: «все пласты последовательно осаждались на дне моря, и каждый из них содержит в себе остатки организмов, которые гнили во время его образования; в каждом пласте наблюдаются свои собственные окаменелости, и по ним-то в известных случаях можно установить одновременность образования пород различных местностей» (цит. по Неймайру, 1904, т. I, стр. 25). Это была формулировка биостратиграфического принципа, который, по существу, дополнил стеноновский принцип шкалы биологического времени.

Существенную корректировку в стеноновско-смитовский стратиграфический закон внес А. Грессли (1814—1865), который выделил в разновозрастных толщах «фации» — образования различного состава и с разными ископаемыми организмами (1834—1837 гг.). Принципом фациальности как бы постулировалась относительность горизонтального измерения геологического пространства. Если принципом Стенона устанавливалась вертикальная неоднородность геологического пространства, связанная с ходом геологического времени, то принципом А. Грессли утверждалась горизонтальная неоднородность геологического пространства в пределах одного геологического временного интервала.

Результаты деятельности стратиграфов, несмотря на различие общетеоретических взглядов были весьма значительны. Классический геологический метод полевых наблюдений и индуктивных выводов из них позволил обосновать выделение главных стратиграфических единиц. Успехи стратиграфии стимулировали систематическое геологическое картирование.

К первой половине XIX в. принадлежал крупнейший синтез в области наук о Земле — «Космос» А. Гумбольдта (1769—1895), основополагающее сочинение для физической географии, в котором сделана попытка дать картину природы, включая геологические и геофизические данные. А. Гумбольдт, а еще больше Л. Бух (1774—1853) трансформировали идеи о роли вулканизма до катастрофизма. Противниками катастрофистов выступили И. Гёте (1749—1832) и особенно К. Гофф (1771—1836), который подробно обосновывал метод познания прошлого путем сравнения следов его с современными явлениями.

Концепция Ч. Лайеля

Во второй четверти XIX в. Ч. Лайель (1797—1875) создал теоретическую систему — следующий после Дж. Геттона синтез геологических знаний. Если Дж. Геттон, выступив в 1788—1795 гг. со своей теорией Земли, проложил путь новой геологии, то опубликованный в 1830—1833 гг. труд «Принципы геологии» явился развернутым обоснованием геологии как «индуктивной науки»,

что поставило ее в один ряд с другими фундаментальными отраслями естествознания. Ч. Лайель по праву был провозглашен вождем новейшей школы естественной геологии. Определение геологии им формулировалось следующим образом: «Геология есть наука, рассматривающая постепенные изменения, происходившие в органическом и неорганическом царствах природы; она разбирает причины этих изменений и то влияние, которое они производили на преобразование поверхности и внешнего строения нашей планеты» (Лайель, 1866, т. I, стр. 1).

Свой эмпирический принцип Ч. Лайель сформулировал в форме близкой к геттоновской: «силы, ныне действующие как на земной поверхности, так и под нею, могут быть тождественны, по роду и степени с теми, которые в отдаленные эпохи производили геологические изменения» (там же, стр. XII). Это положение является эмпирическим обобщением, хотя его иногда называют гипотезой. В принципе Ч. Лайеля есть граничность, но нет ограниченности — он доказывает, что существующие силы «могут» объяснить минувшие явления (а «могут» еще не значит, что «только»). Главное, что великие результаты могут происходить от повторения обыкновенных процессов, продолжающихся достаточно долго. Вместе с тем Ч. Лайель не отрицал частные геологические катастрофы; он также одним из первых проводил хронологические определения на основании таких геологических критериев, как осадконакопление, скорость эрозии и др.

Если до Ч. Лайеля разгадку прошлого часто искали лишь в прошлом, придумывая что могло быть, то он видел ключ к прошлому в настоящем, в том, что в действительности есть. Основой эмпирического обобщения Ч. Лайеля послужило наблюдение современного геологического процесса, который стал отправным предметом его исследования («Основные начала геологии или новейшие изменения Земли и ее обитателей»). Другой предмет или «геология в строгом смысле этого слова» — описание памятников аналогичных изменений, происшедших в древние времена («Руководство к геологии или древние изменения Земли и ее обитателей по свидетельству геологических памятников»). Итак, «принципы» геологии обнаруживаются в настоящем, а в прошлом заключены «элементы» геологии. Второй предмет оказался ретроспективным следствием первого: «Такие следствия составляют прочные памятники вечно изменяющегося состояния земного шара, долго сохраняющиеся признаки его разрушения и обновления, и доказательства равно колеблющегося состояния органического мира. Короче, их можно считать за символический язык, на котором написана автобиография Земли» (Лайель, 1866, I, стр. XI). В элементах геологии рассматривается вещество и структура Земли, которые «открывают пред нами анналы великого ряда прошедших событий, — ряды переворотов, которые твердая оболочка земного шара и ее живые обитатели испытывали во времена, предшествовавшие созданию человека» (там же).

Метод Ч. Лайеля, отраженный в его теоретических рассуждениях, а также в последовательности его трудов и изложения им фактов и выводов, сводится к трехступенчатому исследованию: 1) динамики современного процесса, 2) статики земной коры и, наконец, 3) ее истории. Эти три стадии составили те аспекты, или предметы геологии, главными объектами которой признавались в целом земная кора и слагающие ее формации — группы пород, имеющие «нечто общее по происхождению, времени образования, или составу» (Лайель, 1866а, т. I, стр. 4). Важно заметить, что вторая — структурно-статическая составляющая геологии у Ч. Лайеля была развита слабее третьей и особенно первой. Это сыграло роль в развитии дальнейшей геологии, где процессу и истории стали уделять усиленное внимание, а тем самым и центральное место отводилось генетической проблеме.

Между теориями Дж. Геттона и Ч. Лайеля имелась прямая преемственность — идеи первого непосредственно развивались вторым: Ч. Лайель во многом «открыл» Дж. Геттона и заимствовал его методологические принципы, развил и уточнив их. Вслед за Дж. Геттоном Ч. Лайель развивает идеи плутонизма, включая метаморфизм, и утверждает возможность периодического образования глубинных очагов плавления и конвекции. Вулканизм и горообразование объясняются сочетанием химических, электрических, магнитных и механических явлений. Фигура вращения Земли не требует первоначально расплавленного ее состояния; не состоятельны представления о центральном огне Земли, о жидком веществе под тонкой внешней корой, а следовательно и о контракции. Палеоклиматические изменения объясняются сменой очертаний суши и моря, причем движение земной коры происходит повсеместно и неравномерно. Ч. Лайель допускал возможность влияния астрономических факторов на земные процессы. Он едва ли не первым объединил для решения геохронологической проблемы собственно геологические критерии с одной и биостратиграфические критерии, с другой стороны.

Эволюционная геология основывалась на трех предпосылках: 1) признании специфичности и единообразия геологических процессов, 2) установлении длительности и непрерывности геологического времени и 3) выводе о значительных итогах суммирования множества малых изменений в течение геологического времени. Эти положения составили геологическое учение униформизма (униформитаранизма), которое, конечно, далеко выходило за рамки методологического принципа единообразия. Объединение биологического трансформизма (Ж. Ламарк, Ж. Сент-Илер) с его теоретико-методологическим аналогом — геологическим униформизмом сделало возможным рождение эволюционной биологии. Термин «униформизм» в применении к геологии стал широко употребляться с 30—60-х гг. XIX в. (В. Уэвелл, Г. Спенсер, Т. Гексли и др.); вслед за тем в странах континента он стал заменяться термином «актуализм» (И. Рот и др.).

Историки и философы нередко осуждали Дж. Геттона и Ч. Лайеля за представления о безначальности геологических явлений. Подобный упрек справедлив с натурфилософской точки зрения. Дело же в том, что для построения научной теории была необходима идеализация — в данном случае введение принципа униформизма, сущность которого заключалась в *абсолютизации геологического времени*. На абсолютизации геологического пространства (Стенон) и времени (Дж. Геттон, Ч. Лайель), а также отождествлении их с биологическими пространством и временем строилось здание классической геологии, подобно тому, как вся классическая физика основывалась на ньютоновской абсолютизации физического пространства и времени. Принцип Геттона — Лайеля стал формулировкой первого в геологии принципа сохранения, он как бы выявил своего рода инвариант геологического процесса, поставил граничные условия геологического познания. Для преобразования пространственно-временного униформизма в идеи эволюционного развития были налицо все условия, так как второе логически вытекало из первого. Понятие об униформизме вскоре сменилось понятием об эволюционизме. Понятие о сравнительно-историческом методе было сформулировано К. Ф. Рулье (1854 г.).

В 1857 г. Г. Спенсер (1820—1903) выступил со статьей «Нелогическая геология», в которой рассматривает, «как первоначальная номенклатура периодов и формаций необходимым образом поддерживает и первоначальные понятия, скрывающиеся под этими словами, и как необходимость привести новые данные в известный порядок естественным образом разрешается насильственным включением этих новых данных в старую классификацию, если только несовместимость их с нею не оказывается чересчур уж очевидной» (Спенсер, 1899, стр. 105). Г. Спенсер выступает против всемирного распространения единых по составу и ископаемым остаткам геологических систем. Он предполагает возможную разновозрастность однородных, со сходными ископаемыми, пластов, которые продолжают один другого по горизонтали. Ставится проблема ограниченности палеонтологического метода ввиду различия в закономерностях развития геологических и биологических объектов.

Становление наук о геологическом веществе

После становления кристаллографии стало развиваться учение о симметрии кристаллов (Р. Гаюи, впоследствии Е. С. Федоров и др.). Успехи кристаллографии и химии обеспечили развитие минералогии (У. Волластон, Д. И. Соколов и др.). В 1838 г. появляется понятие «геохимия» (Х. Шенбейн), становление которой как науки произошло лишь в начале XX в. Э. Митчерлих (1794—1863) устанавливает изоморфизм и полиморфизм минералов, а И. Брейтгаупт (1791—1863), развивает понятие об их «параре-

незисе», распространившееся в последующем и на другие классы геологических объектов. Созданные в середине века химические классификации минералов (Дж. Дана, Г. Розе) закладываются в основу естественной их систематики, завершение построения которой можно видеть уже в начале нашего века в сводках В. И. Вернадского и др.

Противоборство непутизма и плутониума способствует обособлению *петрографии*, становление которой стало возможным благодаря оптическим методам (У. Николь, Г. Сорби, Е. С. Федоров и др.). Понятие о естественных видах горных пород развивалось К. Науманном. В 1851 г. высказывается представление о магмах как физико-химических системах, образующихся на границе ядра и коры Земли (Р. Бунзен).

Уже в 20—30-х годах XIX в. благодаря А. Гумбольдту, Ч. Лайелю и многим другим наметились общие контуры систематики горных пород — главные их генетические классы: осадочный, вулканический, плутонический, метаморфический. В дальнейшем разрабатывалась детальная естественная систематика горных пород (Ф. Циркель, К. Розенбуш, К. Циттель, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг и др.). Уже в начале нашего века была создана общепринятая генетическая классификация рудных месторождений (В. Линдгрэн и др.). Обособляются учения о других видах полезных ископаемых, прежде всего о нефти. Во второй половине века происходит становление почвоведения, основатель которого В. В. Докучаев (1846—1903) развивает учение о географической зональности и вносит вклад в представление о сложных целостных естественных телах.

В течение всего XIX в. господствовали взгляды о жидком состоянии вещества внутри Земли (флюидизм), согласующиеся с «горячей» небулярной космогонией. А. Добре (1866 г.) развивал предположение о сходстве состава ядра Земли и никелево-железных метеоритов; он же в 1879 г. ввел понятие об «экспериментальной геологии», которая является, как правило, моделированием. Метеоритная модель подробно рассматривалась С. Менье в работе «Сравнительная геология или геология небесных тел» (1867 г.), а также Д. И. Менделеевым (1877 г.).

Все большее влияние на знания о геологическом веществе приобретает геофизика. В середине века разрабатываются теории изостазии (гравитационной компенсации) блоков земной коры (Д. Эри, Д. Пратт). Возникновение сейсмологии обуславливает становление геофизики.

Развитие эволюционной геологии и геотектоники

Новый период в истории геологии связан с эволюционным учением Ч. Дарвина (1809—1882), который из своего кругосветного путешествия (1831—1836) привез подтверждение лайелев-

ской теории (и метода). В главном сочинении Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» (1859 г.) содержание двух геологических глав («О неполноте геологической летописи» и «О геологической последовательности организмов») играет роль краеугольного камня теории. Проблема развития составляет основу многих общих геологических концепций (Д. Пэдж, Б. Котта и др.).

Дарвинизм поставил по-новому проблему биологического вида. Возникла эволюционная палеонтология (Э. Генкель, В. О. Ковалевский и др.) и стали выявляться границы применимости палеонтологического метода в биостратиграфии. По существу выяснилось различие между геологическим и биологическим пространством и временем (А. Оппель и др.), но биологический критерий по-прежнему признается главным: «... под именем эквивалентных или гомологичных образований понимают такие, которые содержат частью очень близкие, частью тождественные формы. Этими терминами стараются определить принадлежность фауны этих осадков к одинаковому периоду истории развития Земли, но оставляют вопрос о полной одновременности осадков — открытым» (Иностранцев, 1885, т. I, стр. 484).

Если принципы Н. Стенона и А. Грессли в целом могут интерпретироваться как установление относительности геологического пространства, то новые геологические факты все более определенно свидетельствовали об относительности геологического времени. Эти данные касались прежде всего внешнего аспекта общей относительности геологического времени, т. е. отношения его к физическому времени. Изучение закономерностей осадкообразования (Н. А. Головкинский, А. А. Иностранцев, И. Вальтер и др.) показало разновозрастность в физическом времени различных частей одного геологического слоя или пласта, т. е. установило принципиальную возможность скольжения геологических границ в физическом времени. Развитием внешнего и внутреннего аспектов геологической относительности явился по существу закон Иностранцева — Вальтера, согласно которому фации, перекрывающиеся в разрезе, в современных условиях наблюдаются рядом положенными.

Эволюционное учение выявило специфичность и *относительность биологического времени* — оно оказалось иным, чем геологическое. Прежде всего это касалось метрических свойств биологического времени: деление организмов, их популяций, таксонов и эволюционных линий во многом не совпадало с интервалами геологического времени (периодами, циклами). Чрезвычайно сложными оказались и внутренние (топологические и групповые) отношения между временными свойствами различных биологических объектов как субординированных друг другу (от организма до всего органического мира), так и дивергирующих и конвергирующих в эволюционных линиях. Таким образом устанавлива-

дась, во-первых, общая относительность биологического времени, т. е. отношение его к геологическому времени, и, во-вторых, частная специальная его относительность, отражающая внутренние закономерности развития организмов и их групп.

Итак, *физическое, геологическое и биологическое пространство и время оказались неадекватными одно относительно другого*. Возникли противоречия между мировой стратиграфической схемой, базировавшейся на шкале биологического времени, и стратиграфией отдельных регионов. С другой стороны, существенные корректировки принципов Н. Стенона и В. Смита позволили направить усилия на переработку ортодоксальных схем стратиграфии, обоснование все более дробных их расчленений, а также обусловили развитие литологии и палеогеографии.

В методологическом плане весьма существенны труды основателя сравнительно-литологического метода И. Вальтера (1860—1937), который развил «полидинамическую» концепцию взаимодействия геологических явлений. Он ввел понятие о «геобиологии» — отрасли, изучающей взаимосвязанные геологические и биологические процессы. И. Вальтер уделял особое внимание геологическому методу: «...вид объяснения геологического прошлого, который обычно называют актуализмом, мы хотим назвать онтологическим методом. Он состоит в том, что, исходя из явлений современности, мы пытаемся объяснить процессы прошлого. Из бытия объясняем будущее» (цит. по Высоцкому, 1965, стр. 45). И далее: «...следует помнить об историко-геологическом своеобразии любого времени и места, нужно пытаться установить коррелятивные его отношения к смежному во времени или пространстве отрезку» (там же, стр. 51).

Эволюционная теория обострила проблему геологического времени. Физические и астрономические критерии вступили в противоречие с биологическими и геологическими. Термодинамические расчеты физического времени остывания Солнца и Земли давали значения от 20 до 400 млн. лет (У. Кельвин, Дж. Дарвин). Скорости осадконакопления показывали большую его продолжительность — от 100 до 1500 млн. лет (А. Гейки, Д. Меррей).

Развитие идей плутонизма и катастрофизма стимулирует становление *геотектоники*. Представления А. Гумбольдта о вулканическом поднятии, развитые далее Л. Бухом и затем Б. Штудером (1794—1867) в гипотезу о «кратерах поднятия» заняли место в истории геологии в качестве первой развернутой собственно геотектонической гипотезы. Но более значительную роль сыграла контракционистская гипотеза Л. Эли де Бомона (1798—1874), который предполагал одновременное воздымание параллельных горных систем. Существенным было влияние на геотектонику кристаллографии. Вслед за «двадцатигранником» Л. Эли де Бомона (икосаэдрическая схема) последовали «тетраэдрические» модели (В. Грин, А. Лаппаран), а также представления об октаэдрической и других видах симметрии Земли (М. Бертран,

Г. Ог и др.). М. Бертран (1847—1907) установил главные эпохи горообразования.

Ряд отраслей геологии, изучающих классы вещественных геологических объектов, начинающийся минералогией и петрографией, дополняет *учение о формациях* (М. Бертран, Э. Зюсс, Е. Реневье и др.) и учение о крупнейших геологических телах — *геосинклиналях и платформах* (В. Гершель, Дж. Холл, Дж. Дана, Э. Зюсс, А. П. Карпинский, Г. Ог и др.). Эти общетеоретические учения, развернувшиеся уже в XX в., не оформились в самостоятельные геологические науки, но пронизывают главные отрасли геологии и развиваются на их стыках.

На границе XIX и XX вв. создается теоретическая система Э. Зюсса (1831—1914), сыгравшая роль третьего (после Дж. Геттона и Ч. Лайеля) синтеза геологических знаний. В «*Лике Земли*» (1883—1911 гг.) на основе данных по планетарной и региональной геологии и геофизики (сейсмическая модель Э. Вихерта) развивается представление об оболочечном строении планеты (предложено им в 1875 г.), вводятся понятия о симатической и спалической оболочках, о стратосфере, гидросфере и биосфере и др.; развито представление о диссимметричном строении складчатых областей, а также заложены основы учения о платформах («плитах»), разрастающихся за счет подвижных зон. Это учение сомкнулось с учением о геосинклиналях, В. И. Вернадский сравнивает систему Э. Зюсса с более старой попыткой геологического синтеза Л. Эли де Бомона, «в которой преобладали теоретические представления. В работе Э. Зюсса мы видим другое — резкое преобладание фактов и рабочих концепций над практикой, попытку, во многом гениальную, втиснуть их в рамки нереального представления — об области геологии как о твердой земной коре расплавленной некогда планеты» (Вернадский, 1965, стр. 335). Система Э. Зюсса по сравнению с предыдущими сводками имеет отчетливо выраженный структурный характер; она завершала классическую геологию XIX в. и вместе с тем начинала современную геологию.

Некоторые выводы о теоретической геологии XIX в.

Еще до начала века концепция дилuviанизма, а в начале века и непутизм, выступавшие в виде слабо развитых теоретических ассоциаций, прекратили свое существование. Но концепция плутонизма в той теоретической форме, которую ей придал Дж. Геттон, продолжала развиваться. Временно наибольшее значение приобрела вулканистская ее разновидность. К концу же века содержание идей плутонизма дифференцировалось на учения о вулканизме, о магматизме и о метаморфизме.

Плутонизм с самого начала оказался непосредственно связанным с эмпирическим уровнем знания, но для развития его как

теории были необходимы граничные условия, без которых он имел тенденцию превращаться в крайний катастрофизм. Принцип униформизма, выступивший в роли граничного условия уже у Дж. Геттона, в дальнейшем стал не только формой, но и содержанием геологической теории Ч. Лайеля, которая переросла в эволюционизм. Если униформизм противопоставлялся катастрофизму, то последний не следует понимать в качестве антипода эволюционизма; более того, в определенных аспектах катастрофизм должен был органически войти в эволюционную биологию, геологию, астрономию. Здесь уместно подчеркнуть, что рассматриваемые «измы» не являются в структурном или генетическом смысле равнозначными элементами научного знания и оперирование ими является в большой мере приемом историко-научного исследования, причем целесообразность применения их для характеристики современного знания спорна. Эволюционизм в геологии включил в себя рациональные моменты всех предыдущих «измов» (в нарастающей последовательности) — дилuviанизма, нептунизма, плутонизма, катастрофизма, униформизма (Равикович, 1969). Кроме того, геология была дополнена геобиологией, которая и составила ядро эволюционной геологии, в частности потому, что главным образом биологические критерии легли в основу геохронологии и исторической геологии.

Усиление исторического аспекта геологии сосредоточило внимание ученых на процессах, в особенности «перенесенных» в прошлое. Ведущими в геологии стали понятия об элементах геологического времени — периодах, эпохах, веках и т. д. Главными геологическими объектами стали стратиграфические «системы» и «периоды», выделяемые преимущественно по палеонтологическим данным. Знаменательным было исключение Международным геологическим конгрессом (1881 г.) термина «формация» из стратиграфии и замена его термином «система», которой был придан смысл палеонтологической формации Ж. Кювье. За термином «формация» конгресс оставил лишь генетическое содержание. Понятие об этом главном для геологов естественном теле в некотором смысле отошло в сторону. В центре геологической науки оказалось понятие об исторической стратиграфической системе и об историко-временном интервале (геологическом периоде). Но под искусственным с логической точки зрения характером стратиграфических систем, интуитивно чувствовалась их «естественность», которую геологи не смогли достаточно ясно объяснить до сих пор.

Подобно тому, как для построения классической механики потребовалось прибегнуть к идеализации пустого пространства, так и для создания исторической геологии нужна была своего рода *абсолютизация геологического пространства и времени*, т. е. общее отождествление физического, геологического и биологического пространства и времени. Но эта абсолютизация уже была поколеблена принципами относительности горизонтального изме-

рения геологического пространства и относительности биологического пространства и времени.

Концепции *геологических процессов и истории* характеризовали в XIX в. высший теоретический уровень геологического знания. Но главным вопросом геологии было в не меньшей мере осознание самих *геологических объектов и их классов*, которые устанавливались путем эмпирических обобщений на более низком теоретическом уровне. Между знанием генетического характера о процессах и эмпирическим знанием о естественных телах намечился разрыв, который объяснялся недооценкой наличия *разных уровней организации* геологических объектов. Явно выступали лишь минералы и горные породы, получившие свои систематики. Уровень геологических формаций ощущался еще в значительной мере интуитивно, как и уровни более крупных геологических образований — вплоть до оболочек.

Если для достаточно ясных объектов «нижних» геологических уровней теоретическая интерпретация в любой ее генетической форме так или иначе была связана с эмпирическими обобщениями, то для объяснения объектов и процессов более «высоких» уровней приходилось прибегать к гипотезам, причем в таком объеме, когда грани между достоверным, вероятным и невозможным часто оказывались стертыми. Все это порождало своего рода теоретическую анархию, сдерживаемую фундаментальными эмпирическими и теоретическими обобщениями (типа униформизма Ч. Лайеля или оболочечной концепции Э. Зюсса), которые в какой-то мере гарантировали целостность научного знания.

Униформизм, призвавший отказаться от геогении, с другой стороны стимулировал распространение генетического подхода к изучению прежде всего объектов высоких уровней организации, который во многом стал исчерпывать себя. Потребовался новый структурный синтез — отчасти он был выполнен Э. Зюссом, который поставил проблемы естественной систематики оболочек Земли и главных элементов литосферы.

Одновременно назрела проблема систематики геологических формаций, причем те генетические предпосылки ее, которые уже были выявлены, не могли быть без нее дальше развиты. Для геологии, как и для ряда других наук, возникла необходимость в новом системном подходе, с осуществлением которого она задерживается до сих пор.

Итак, главные идеи геологии XIX в. сводятся к признанию специфичности и целостности геологических тел и процессов и их эволюции. Однако описательная форма геологического знания и приближенный характер устанавливаемых закономерностей позволяет теоретической мысли акцентировать внимание лишь на общих вопросах геологических процессов, оставляя при этом в стороне осознание многих проблем соотношений объектов разных классов, связей их состава, структуры и генезиса, особенностей пространства и времени. Более глубоко проблема пространства

затрагивается в кристаллографии в связи с явлениями симметрии. С другой стороны, понятие о геологическом времени расширяется почти на все отрасли геологии.

Если первая половина XIX в. была эпохой резко усиливающейся дифференциации геологии на ее главные отрасли, то во второй половине века происходит во многом самостоятельное развитие этих уже традиционных дисциплин и становление новых геологических наук.

К СОСТОЯНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ XX В. (ПЕРИОД СЕДЬМОЙ)

Вторая научная революция и науки о Земле

Характеризуя научное мировоззрение нашего века уместно вспомнить следующую мысль Ф. Энгельса: «...дискретные части различных ступеней (атомы эфира, химические атомы, массы, небесные тела) являются различными *узловыми точками*, которые обуславливают различные *качественные формы* существования всеобщей материи...» (Маркс, Энгельс. Сочинения, т. 20, стр. 608—609). Эти идеи отражают философскую основу современного естествознания.

Теоретические предпосылки новой научной революции проявились еще в конце XIX в. Одна из них исходила из атомистической концепции Д. Гиббса, который применил вероятностные идеи в термодинамике и развил статистическую механику; в науках о Земле эти направления нашли применение в физико-химическом исследовании минеральных систем, в «математической» геологии, в современных теориях эволюции. Другой предпосылкой можно считать переоценку основ классической механики; Э. Мах в «Механике» (1883 г.) подверг критике ньютоновскую концепцию абсолютного пространства и выдвинул принцип зависимости инерции, движения и пространства от тяготеющих масс Вселенной, названный А. Эйнштейном постулатом Маха. После возникновения эйнштейновской теории гравитации относительный характер пространства — времени стал общепризнанным; далеко не бесспорный космологический или механический принцип Маха обсуждается в наши дни в связи с проблемой Земли — Космос (П. Дирак, Р. Дикке, П. Иордан и др.). В 1893—1895 гг. П. Кюри формулирует универсальный принцип симметрии, которому в науках о Земле придается все более возрастающее значение (В. И. Вернадский, Б. Л. Личков, И. И. Шафрановский и др.).

Открытия в физике отразились на геологических науках, вызвав возникновение радиогеологии, а также новые методы изучения геологического вещества — рентгеноструктурный, определения «абсолютного» (атомного) возраста, изотопный анализ и др.

Стали появляться новые теории и гипотезы геологических явлений, учитывающие и использующие как новые физические данные (радиоактивность, космологическое расширение и др.), так и новые возможности интерпретации (например, в связи с принципами относительности, дополнительности, кибернетики и др.). С успехами биологии оказались связанными общенаучные концепции целостности, иерархических уровней, структурно-системного исследования и т. д. Пионерами теорий организации и систем явились А. А. Богданов, Л. Берталанфи и др. На стыках биологии с науками о Земле формируются новые дисциплины: *учение о биосфере* и *биогеохимия* (В. И. Вернадский, А. П. Виноградов и др.), а также *экология* и *биогеоценология* (В. Н. Сукачев и др.).

Здесь уместно коснуться замечаний Дж. Бернала, характеризующих так сказать взгляд со стороны. Им подчеркивается по сравнению с физикой и химией более низкая степень обобщения в науках о Земле: «Они содержат больше описательных и исторических и меньше логических и математических элементов» (Бернал, 1956, стр. 428); принципы геологии, установленные в XIX в., «были в огромной степени уточнены и расширены»; возникли геофизика и геохимия. Фактический материал добывается целыми армиями специалистов: «Полная научная ценность этой массы новых сведений еще недостаточно осознана» (там же, стр. 429). Дж. Бернал полагает, что «в геологии как науке скоро должно будет совершиться огромное преобразование». Проблема использования естественных ресурсов нашей планеты, больше чем какая-либо другая, требует нового «всеобъемлющего» взгляда на природу и общество (там же, стр. 440). Можно напомнить, что геологи резко отрицательно реагировали на замечания Дж. Бернала, что вряд ли следовало делать, хотя бы потому, что третейского судьи в таких оценках нет, а теоретическая слабость геологии очевидна.

К революции в естествознании на рубеже XIX — XX вв. относится переходное время развития геологической науки, когда геология по ряду обстоятельств, требующих еще объяснения, выходит из числа лидирующих наук. Одним из них было то, что мировоззренческая роль геологии для определенного исторического этапа во многом уже была сыграна; с другой стороны, проблема «человек и природа» еще не была осознана со всей остротой. В то же время прикладное значение геологии стало быстро возрастать.

Исследование переходного времени между классической геологией и геологией нашего века ставит новые задачи: уяснения связей эмпирического и теоретического уровней знания в геологии, установления специфики геологических наблюдений, моделирования, эксперимента, гипотез и теорий, оценки особенностей и удовлетворительности геологических систематик и классификаций, установления соотношения геологической теории и практики,

а также социального значения геологии. Решение последних вопросов смыкается с задачей выяснения места геологии в научной и научно-технической революциях.

Традиционные и новые отрасли геологии

Возросшие требования практики и новые научные методы потребовали в геологии перенесения центра тяжести на углубленное изучение конкретных объектов разных уровней организации.

Если классическая физика и химия, наряду, конечно, с классической геологией, были базой становления в конце прошлого века геофизики, а в начале нашего века — геохимии (Ф. Кларк, Г. Вашингтон, В. И. Вернадский, В. О. Гольдшмидт и др.), то возможности их дальнейшего развития во многом определила революция в физике. Кристаллохимия и радиogeология обеспечили научный потенциал геохимии. Углубление знаний о геологических объектах разных уровней в большой степени зависит теперь от этих новых наук. Не останавливаясь на специфических проблемах геофизики и геохимии, следует отметить, что физика и химия не только через эти дисциплины, но еще раньше непосредственно «вторглись» в изучение геологического вещества — минералов, руд, горных пород, — способствовал созданию частично формализованных их физико-химических теорий.

Геохимия для ряда геологических объектов играет примерно такую же роль как квантовая теория для химии или теория генов для классической эволюционной биологии. Подобно тому как атомная теория дополнила и объяснила периодическую систему химических элементов, так кристаллохимия модифицировала и развила систематику элементарных геологических объектов — минералов. По сравнению с другими геологическими дисциплинами генетическое направление в минералогии получило наиболее надежную структурную основу. Развертываются специфические проблемы парагенезиса, полиморфизма и изоморфизма. К сожалению, не получила развития теория парагена А. Е. Ферсмана, но понятие о парагенезисе стало применяться к различным геологическим объектам и специально разрабатываться в петрографии, литологии, учении о формациях и полезных ископаемых и др.

Физико-химические методы в петрографии позволили значительной части ее преобразоваться в экспериментально-теоретическую ветвь — петрологию. Основой учений о магматизме и метаморфизме становится особый тип петрологического (физико-химического) моделирования практически ненаблюдаемых магматических и метаморфических процессов. Представления о магме претерпевают кризис (по выражению Ф. Ю. Левинсона-Лессинга); еще более существенной оказывается переоценка проблемы гранитов, уяснение роли ультраметаморфизма. Систематика горных пород, будучи в общих чертах установленной в прошлом веке, по сравнению с систематикой минералов в недостаточной

еще степени подвергалась уточнению и пересмотру, причина чего отчасти лежит в довлеющем увлечении геохимией, петрохимией и «аксессуарной» минералогией горных пород. Региональная петрография позволила обобщить представления об ассоциациях горных пород и формациях — магматических и метаморфических.

Литология развивалась параллельно с петрографией магматических и метаморфических пород, причем линии их пересечения возникли лишь в последнее время при изучении вулканогенно-осадочных комплексов, с одной стороны, и литологической расшифровке метаморфизированных толщ, с другой. Преимуществом литологии по сравнению с петрографией является лучшая наблюдаемость ее главного генетического процесса — седиментации. С другой стороны, некоторое отставание разработки систематики осадочных горных пород, в свою очередь, сказывается на обосновании систематики литологических формаций. Другие аспекты литологии развиваются в палеогеографии, учении о фациях, учении о формациях и др.

Ряд учений о полезных ископаемых во многом смыкается с геохимией, минералогией, петрографией, литологией, учением о формациях, но специфичность самих полезных ископаемых как своего рода аномальных геологических объектов позволяет формироваться самостоятельным дисциплинам о рудных месторождениях, неметаллических полезных ископаемых, угле, нефти, природных водах и др. Чрезвычайно сложную структуру имеет учение об эндогенных рудных месторождениях, в состав которого входят физико-химические теории рудообразования, различные классификации руд, месторождений и их ассоциаций, методы структурного анализа и концепции поисков, оценки и разведки месторождений, наконец, синтезирующая дисциплина — металлогения. Ряд отдельных учений имеет своими объектами экзогенные рудные месторождения. Особенно развернутый характер носит учение о нефти.

Для развития традиционных отраслей геологии решающее значение приобрело геологическое картирование — главный поставщик фактических данных, как бы компенсирующий ограниченные возможности обычного модельного эксперимента в геологии. Сама по себе геологическая карта выступает моделью совокупности фактических данных и может трактоваться как эмпирическое обобщение. Специализированные геологические карты — тектонические, палеогеографические, металлогенические и другие — являются своего рода теоретическими построениями, которые часто достаточно строги в формальном отношении и имеют надежную эмпирическую базу. Региональные исследования способствуют развитию стратиграфии, в которой все острее выявляются противоречия между мировыми и местными стратиграфическими схемами и геохронологическими шкалами, а главное между различными методами синхронизации и корреляции. В связи с биоэстра-

тиграфией и палеонтологией все более усложняются вопросы палеобиологической эволюции.

Геотектоника заняла в геологии едва ли не привилегированное положение из-за особо сложного характера своего содержания. С другой стороны, противоречивость и обилие гипотез в геотектонике дали основание крылатому сравнению ее с «сумасшедшим домом». Все же центральные идеи геотектоники основаны на эмпирических обобщениях и реализуются в учении о геосинклиналях и платформах, которое, как это подчеркивают А. А. Богданов и В. Е. Хаин, соединяет структурный метод Э. Зюсса с историческим методом М. Бертрана. Высказанные в начале века развивающие это учение классические идеи Г. Ога, по мнению Е. В. Милановского и Н. С. Шатского, ознаменовали перелом в исторической геологии. Г. Штилле, а в отечественной геологии и Н. С. Шатскому, которые развили региональный и исторический тектонический анализ, геологи во многом обязаны сохранением специфического характера своей науки.

Возникающие на основе сравнительного направления в геотектонике альтернативные генетические гипотезы становятся эффективным научным методом тогда, когда они оцениваются как сугубо рабочие и авторы их достаточно беспристрастны («метод множественных гипотез» Т. Чемберлена). Сравнительная тектоника охватывает ныне проблемы океанического дна, островных дуг, офиолитовых поясов, зон глубокофокусных землетрясений и глубинных разломов. Разрабатываются универсальные гипотезы глобальной тектоники. Выделяется область структурного изучения разномасштабных деформаций кристаллических масс, смыкающаяся с новой отраслью геологии — тектонофизикой. Проблеме систематики структурных элементов земной коры тектонисты, по-видимому, уделяли несколько меньшее внимание, чем процессам, но все же достижения в этой области оказываются существенными (например, классификация геосинклиналей и их элементов). Генетический аспект этой проблемы сливается со слабо разработанной проблемой взаимосвязи тектогенеза и магматизма.

Планетарная геология

Проблема Земля — Космос определяется по существу в XX в. на основе данных планетарной геологии, геофизики, геохимии, геобиологии, астрономии и теорий физических полей. Можно говорить о становлении специальной дисциплины — *планетологии* или «астрогеологии» (В. И. Вернадский, Б. Л. Личков и др.), предмет и название которой вызывают дискуссию и противоречивое отношение. Теоретическая мысль в этом направлении работает весьма активно, а опытно-наблюдательные данные оказываются все более существенными. Во всяком случае сравнительная планетология (включая геологию небесных тел) уже завоевала

себе место «под Луной» (и даже на Луне). Геология приобретает возможности космизации своего знания.

Наиболее распространенная в XIX в. небулярная космогоническая гипотеза в варианте Лапласа к началу XX в. была оставлена и временно получили распространение так называемые катастрофические гипотезы. С 40-х годов произошел возврат к небулярным гипотезам, причем преимущественно в «холодном» (кантовском) варианте (О. Ю. Шмидт, Г. Юри и др.). Восторжествовали идеи В. И. Вернадского, высказывавшиеся в начале века о первоначально холодной Земле и происхождении ее путем аккумуляции частиц. В настоящее время космогонические гипотезы «качественно» перестраиваются, так как должны учитывать электромагнитодинамику и ядерную физику (Г. Альвен, Ф. Хойл и др.). Новые гипотезы строятся на уровне развитых физических теорий, заимствуя у последних формализацию понятий и учитывая данные планетной астрономии, метеоритики и геологии. Рост и пополнение эмпирической базы космогоний происходит медленней, чем усложнение их теоретических интерпретаций.

Геофизика открыла поразительные возможности исследования планеты в целом и ее оболочек, причем главной эмпирической основой для учения о внутреннем строении Земли стали сейсмические данные. Сейсмология, сейсмогеология, сейсмотектоника вносят вклад и в другие проблемы планетарной геологии — изучение земной коры в региональных масштабах, исследование сейсмических явлений, в том числе глубокофокусных землетрясений. Другие геофизические и геодезические методы дополняют сейсмические данные о внутреннем строении Земли, а также дают необходимый исходный материал о ее фигуре, гравитационном поле, вращении, приливах и механических свойствах. Исследование термики Земли стимулировалось радиогеологией и проводится в направлении расчета термических моделей и изменений теплового потока. В изучении геоэлектромагнетизма центральное место заняла гидродинамическая гипотеза. В особое направление выделились палеомагнитные исследования, перекинувшие мосты к гипотезам дрейфа континентов и конвекционных перемещений в мантии.

Модели Земли строятся примерно теми же методами, что и планетные космогонии, но при менее строгих теоретических требованиях, хотя и на более надежном эмпирическом материале. Сами геофизические данные дифференцируются на относительно надежные интерпретации гравитики и сеймики и на весьма предположительные построения о геоэлектромагнитных и геотермическом полях Земли. Достаточно достоверными оказываются геологические интерпретации геофизических данных и геохимических обобщений по самым внешним оболочкам, тогда как адекватность геохимических моделей глубинным явлениям остается гипотетичной. Геохимические концепции происхождения земных оболочек также остаются пока гипотезами. Если представления о литосфере

в целом по фактическому материалу и его объяснению значительно уступают знаниям о внешних оболочках Земли, то все же понимание биосферы остается еще крайне неудовлетворительным.

Некоторые итоги

Первая половина и середина нашего века ознаменовались рядом дискуссий по вопросам историзма и актуализма в геологии. Проблема *актуализма* как геологического метода, обсуждавшаяся преимущественно в нашем веке, в основном характеризует геологию XIX в., хотя сам по себе этот аспект сравнительно-исторического метода мало способствовал преодолению методологических коллизий между разными уровнями теоретического знания и между структурным и генетическим подходами. Понятие об актуальном (действительном) и потенциальном (возможном в прошлом и будущем) философски рассматривалось со времен античности. Так, актуализмом называлось идущее от Гераклита учение об изменчивости бытия. Введение понятия об актуализме в геологию означало признание активности геологического познания, для которого данное ныне есть актуальное, позволяющее уяснить прошлое и будущее (потенциальное). В какой-то мере и прошлое помогает уяснить настоящее. Именно так понимает актуализм И. Вальтер, который предлагает его конкретизировать понятием об онтологическом методе, включающем специфику и структуру явления.

Действительно, всякое историческое исследование, независимо от степени обоснованности его выводов, является актуалистическим. Но актуалистический метод далеко выходит за рамки униформизма и поэтому критика последнего не должна относиться к актуализму, как это часто имело место (особенно в отношении принципа однообразия). Уязвимость же актуализма заключается прежде всего в его неопределенности как термина-понятия, а главное из-за стремления к универсальной его трактовке, тогда как степень эффективности и способ применения аспектов исторического метода дифференцированы в зависимости от классов объектов и пространственно-временных их границ. Поэтому дискуссия об актуализме приобретала очень часто характер обсуждения мнимой проблемы, поскольку сущность вопроса исчерпывается понятием о сравнительно-историческом методе. Конкретизация же последнего не должна сводиться к одному «универсальному» понятию и имеет смысл лишь в плане усложнения (актуальное и потенциальное; онтогенез и филогенез; биогенетический закон и геогенетический закон).

В итоге анализа истории и состояния теоретической геологии можно констатировать следующие главные положения.

1. В развитии геологии в стадию преимущественного накопления фактов и их первичной систематизации (примерно до

конца XIX в.) превалировали эмпирический подход и индуктивные методы. В следующую стадию, не закончившуюся до настоящего времени, интенсивность поступления фактов стремительно возрастает, быстро развиваются специфические геологические и более общие эмпирические методы (в том числе экспериментальные) и по-прежнему главенствует качественное понимание явлений. Но, что особенно характерно, в это и более раннее время господствующим в геологии становится своеобразный подход, сводящийся к истолкованию фактов на основе *генетических гипотез*. Гипотетические генетические представления пронизывают геологию на всех уровнях — от проблемы происхождения и строения Земли, геосфер, континентов и океанов, горных пород, руд (и т. д.) до взаимоотношений ископаемых организмов со средой. Часто наблюдается даже дискредитация генетической гипотезы как необходимой теоретической формы развития геологической науки. Если на уровне классической геологии подобного рода подход играет положительную роль, то эта роль во многом уже сыграна и без применения новых логических методов отчасти становится тормозом развития геологии. Научная революция нашего века требует от геологии расширения ее логико-теоретических средств.

Важно подчеркнуть, что генетический подход закономерен и элемент его в той или иной степени необходим на разных уровнях и всех стадиях геологических исследований. Заблуждение же заключается иногда в том, что генетический анализ опережает или даже подменяет структурный анализ, что нередко создает ложные предпосылки для исторических реконструкций. Расширение, пересмотр и углубление традиционного (часто неявного) системного подхода в геологии должно способствовать разрешению существующих методологических противоречий.

2. К настоящему времени геология стала весьма объемистой (перегруженной информацией) и разветвленной наукой, которая использует главным образом методы эмпирического уровня и обладает в качестве особой специфической формы знания своими *историческими конструкциями*. Геологические теории имеют, как правило, описательный характер, причем выделяются, с одной стороны, обобщения феноменологического типа (например, систематики), а с другой — множественные гипотетические построения. Формализованные теоретические системы развиваются лишь в отдельных отраслях геологии (например, в петрологии). В качестве основополагающих научных принципов геология использует преимущественно идеи классического периода, установленные еще в прошлом веке. Современная геология в значительной мере носит черты переходного времени, когда эти идеи в ряде отношений подвергаются переоценке. С другими фундаментальными естественными науками — астрономией, физикой, химией и биологией — геология контактирует как непосредственно, так и через многочисленные промежуточные дисциплины. Существенно, что

Развитие системы геологических знаний

Период (3-й)
возникновения
науки о Земле
(античность)



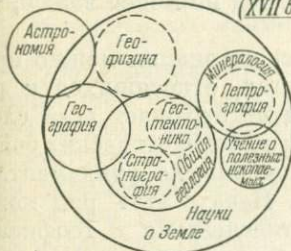
Эпоха
средневековья (4а, б)



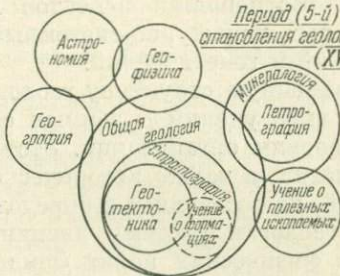
Эпоха
Возрождения (4в)



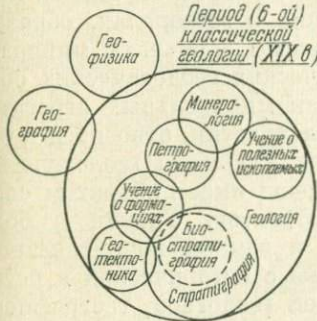
Эпоха
научной революции (4г)
(XVII в)



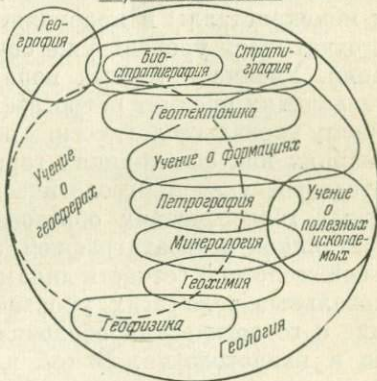
Период (5-й)
становления геологии
(XVIII в)



Период (6-ой)
классической
геологии (XIX в)



Период (7-й)
современной геологии



геология широко использует данные этих наук, тогда как обратная связь явно слабее.

Геология не осознала еще в достаточной мере главную свою «онтологическую» проблему, связанную с осмыслением объекта и предмета своего познания, которой посвящены следующие главы. До сих пор отсутствует общая таксономия и систематика геологических объектов; уверенно не выделены уровни их организации; слабо дифференцированы аспекты исследования геологических систем; не вычленен категориальный базис теоретической геологии и не разработаны сквозные общегеологические понятийные схемы, которые должны быть междисциплинарными и иметь выходы в другие области естествознания. Особое значение приобретает разрешение смысловых противоречий между понятиями о геологических телах и представлениями об их пространственно-временных свойствах; неясности в этой области во многом обусловлены исторической спецификой нашей науки. Важно устранить диспропорцию в соотношении аспектов геологического исследования, среди которых структурно-системный подход не менее важен, чем исторический и генетический.

3. Современную структуру геологического знания можно представить в виде учений о земных объектах, относящихся к различным уровням организации. Этот ряд не отражает всей сложности геологии, а также исторических и методологических связей ее отраслей, но составляет в определенном смысле фундаментальную для геологии систему дисциплин. Начать этот ряд можно учением о физических полях Земли, относящимся к геофизике. Следующим является учение об атомарном строении земной коры и Земли, входящее в геохимию. Учение о минералах, образующих монокристаллы и молекулярные массы — объекты минералогии, охватывает уровень уже специфических геологических образований. Учение о горных породах как минеральных агрегатах, составляющих предмет петрографии и литологии, относится к следующему уровню геологических объектов. Учение о геологических формациях как ассоциациях горных пород имеет объектом самостоятельный уровень геологических объектов. Учение о более сложных геологических образованиях в земной коре связано с геотектоникой и стратиграфией, а также с исторической и региональной геологией (отчасти динамической геологией, географией); региональные тела этих уровней изучены еще слабо. Наконец, учение о геологических оболочках относится к планетарной геологии и планетологии. В той или иной мере объекты всех названных геологических учений прямо или косвенно связаны с объектами биологических уровней организации.

Изложенное в этой главе частично отражено на диаграммах Эйлера-Венна, составленных автором совместно с В. Я. Герасименко (табл. 2). Прерывистые линии означают науку в стадии зарождения и возникновения, а сплошные линии отвечают стадиям ее становления и развития.

**К РАЗВИТИЮ ОБЩЕЙ КОНЦЕПЦИИ
В. И. ВЕРНАДСКОГО В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ**

«Геологи резко отстали от мирового научного движения XX в. Научная геологическая и геофизическая мысль отстает не только от передовой мысли человечества, но, что еще важнее, отстает и от методики современной научной работы». — В. И. Вернадский (1965, стр. 334).

О некоторых основаниях естественнонаучного знания

Субординация понятий по степени общности ставит их в положение либо исходных, либо основных по отношению к той или иной системе знания. В содержательном (но не формально-логическом) смысле философские категории выступают *исходными* для естествознания. Согласно диалектическому материализму к ним в первую очередь относится «материя», движение которой обуславливает «уровни ее организации». Материи в структурном (но не генетическом) отношении равнозначно «сознание» (в системе бытия). Названным категориям субординированно понятие о «вещах» — материальных и идеальных. «Отношения» между вещами (в том числе взаимодействия) выявляют их «свойства». Субординированная система категорий — «вещи», «отношения», «свойства» — в той или иной форме конкретизируется в понятийном аппарате естественнонаучных теорий. В базисную часть его входят *основные* для всего естествознания понятия о «естественных объектах» и их классах, системах и структурах, пространстве и времени и др. В свою очередь они являются исходными для основных понятий специальных теорий (атома, минерала, организма и др.).

В вещах конкретизируется и выявляется бытие. Становление вещи выражает момент развивающегося бытия как закономерно организованной целостной его части. Мир природы представляет собой квазиерархически организованную систему материальных вещей, каждая из которых является системой и обладает таксономической определенностью. Вещи-системы, относящиеся к различным *уровням организации* находятся в сложных отношениях внеположенности, взаимопроникновения, пересечения и т. п. В пределах же одного уровня организации вещи-системы находятся в отношении простой субординации и координации, обра-

зую так называемые *структурные уровни*. Из сказанного следует различие между понятием организации, которое отражает совокупность всех внутренних и внешних системообразующих факторов, и понятием структуры как внутрисистемных отношений. Материальная вещь-система представляет собой совокупность других материальных вещей-подсистем (компонентов), относящихся к данному и к более глубоко лежащим уровням организации. Элементами вещи как материальной системы выступают вещи субординированных структурных уровней, причем вещи-элементы ближнего из них являются атрибутивными элементами. Вещь-система таким образом характеризуется широким *компонентным* составом и «вложенным» в последний *элементным* составом. Вещь-система находится в отношениях с вещами-компонентами (и элементами) и другими вещами того же, а также выше и ниже лежащих уровней. В отличие от отношений вообще, следует выделять атрибутивные отношения, т. е. *взаимодействия* материальной вещи-системы с *вещью-надсистемой*, с *другими вещами* данного уровня, с атрибутивными элементами; сюда же относятся и взаимодействия последних между собой. Свойства материальных вещей, обусловленные их атрибутивными отношениями, нужно считать *атрибутивными свойствами*.

Можно полагать, что число атрибутивных элементов, отношений и свойств вещи-системы конечно. Всякое непрерывное изменение атрибутов вещи отражает ее «состояния». Совокупностью атрибутов, а также компонентным составом обуславливается индивидуальная, видовая и родовая, т. е. таксономическая определенность вещи-системы. Таксономия характеризуется специфическими атрибутами (элементами, отношениями, свойствами), присущими индивидуальной вещи и более высоким классам вещей. Из сказанного следует, что вещь не сводится к системе свойств, как иногда утверждают (Уемов, 1963; и др.). Представляется неверным по существу противопоставление «традиционному» пониманию вещи как тела иное, так называемое «качественное» ее понимание. В гносеологическом же плане любой вещи можно задать множество систем с любыми элементами-характеристиками, которыми, однако, вещь не исчерпывается. Одна система свойств может характеризовать разные вещи, и, наоборот, одна вещь может рассматриваться в различных системах.

Каждая материальная вещь-система имеет пределы своего распространения и ей присущи свои специфические *пространство* и *время*. Материальная вещь является «телом», поскольку вещь как целостная часть другого целого гранична. Но не всякое тело оказывается вещью, поскольку тело может быть выделено по произвольным признакам, не обеспечивающим целостности. Все атрибутивные элементы, отношения и свойства материальных вещей имеют свои пространственные и временные пределы, существует проблема пространственно-временной неадекватности разных атрибутов одной вещи.

Вопрос о пространственных (и временных) отношениях и свойствах вещей часто решается исходя из представлений о едином (по существу абсолютном) пространстве и времени. Но ключом к пониманию пространственных и временных свойств является представление об иерархических уровнях. «Рядомположенность» и простая субординация вещей имеют место в пределах одного уровня организации, а «внеположенность» относится к разным уровням организации. Вещи-системы и вещи-элементы в пределах одного уровня организации относятся к различным структурным уровням. Если граница одной вещи частично совпадает с границами других вещей, то ими могут быть либо рядомположенные вещи одного структурного уровня, или же вещи-элементы данной вещи, относящиеся к нижележащему структурному уровню, или же вещь-надсистема, в которой первая вещь является элементом. Границы вещей, относящихся к разным уровням организации, в принципе (но не всегда) не должны совпадать, так как вещи по своим пространственно-временным свойствам (топологическим, симметрично-групповым, метрическим) неадекватны. Материальные вещи-системы, относящиеся к различным субстанциям, топологически как бы взаимопронизывают друг друга своими пространствами и временами (ср. поля и вещество).

Одна материальная вещь не может находиться одновременно в разных местах, как это утверждают сторонники «качественного» понимания вещи; речь может в таком случае идти либо об одинаковых материальных вещах, либо о разных частях одной вещи. Когда же говорят, что при качественном понимании разные вещи могут находиться в одном и том же месте пространства, то подобное недоразумение объясняется архаическим представлением об абсолютном и едином пространстве. Другое дело, что одна точка (место, событие) может принадлежать многим различным субординированным и несубординированным вещам, относящимся к различным уровням организации. Конкретная же «область пространства» принадлежит одной вещи. Следует предостеречь против «гипноза» современного понимания физического пространства и времени, которые часто признаются единственными, а тем самым и «абсолютными» для нефизических объектов; необходимо осознание пространственного многообразия естественных объектов. Объектами естествознания являются разного рода материальные вещи, отношения, свойства. В качестве наибольшего исследуемого нами естественного объекта (вещи) выступает Вселенная.

Гносеологически, а также терминологически неоправдано распространение отождествление понятий «вещь», «объект» и «предмет». Материальная вещь не выступает «объектом», если она не взаимодействует с субъектом, тогда как любая порожденная субъектом идеальная вещь есть объект. Каждый объект является либо материальной или идеальной вещью, либо отношением или свойством. Если объект есть денотат (все то, что может быть назва-

но), то предметом справедливо предлагают считать знание об объекте (вещь в отображении). *Предмет*, будучи идеальной вещью, выступает объектом на новой ступени абстракции, генерируя новый предмет (следующее отображение первичного объекта) и т. д. Именно в отраженных предметных системах рассматриваются те отношения и свойства вещи-объекта, которые воспринимаются и осознаются в форме разного рода абстрактных сущностей.

Лишь для предмета как идеальной вещи применимо так называемое качественное представление, при котором правомерны формально-логические операции взаимоперехода одного понятия в другое. Понятие предмета лежит в основе моделирования математического пространства множеств, каждой точке которого можно приписывать любые характеристики и согласно им проводить границы для получения требуемых подмножеств (предметов). Но такой подход в естествознании оправдан лишь при онтологическом обосновании, т. е. когда абстрактные понятия формализуемого знания прямо или опосредованно отображают независимо от нас существующие объекты. Естественность последних, т. е. объективность связанных с ними закономерностей, отрицается в некоторых прикладных логико-математических исследованиях, например, в геологии, именно исходя из понимания вещи как системы свойств, якобы задаваемых субъектом в соответствии с его целями. Помимо того, в силу гносеологического антропоцентризма мы всегда стремимся как бы «поглотить» своим отображением (предметом) независимо от нас существующий объект, ограничивая тем самым возможности познания природы.

При разработке некоторых схем формализации и математизации провозглашается сознательный отказ от онтологического их обоснования: «...считается, что выбор объекта не преследует какой-либо цели, а определен независимо от нас фактом существования «естественного» объекта. Последняя точка зрения широко развита среди геологов, изучающих минералы, породы, фации и формации, что является продуктом наивнореалистических воззрений» (Второе Сибирское совещание..., 1967, стр. 30). В развернувшейся дискуссии авторы, занимающие подобную позицию, непосредственно апеллируют к взглядам А. И. Умова (Воронин, Еганов, 1969).

Итак, вместе с новаторскими тенденциями в современную геологию привносится вирус «антиестественности», против которого такие уже «переболевшие» науки, как биология, выработали иммунитет. Отказ от признания естественности объектов отражает гипертрофирование структурного подхода в науке. Геология должна извлечь пользу из своего положения в системе всего естествознания — она может избежать заблуждений и ошибок лидирующих наук.

Не всегда удачно перенесение методов формализации из наук

о микрообъектах в науки о макрообъектах, поскольку меняется характер самих абстракций. Если в основу математизации знания об элементарных объектах кладутся идеальные конструкты, то для теоретизации знания о сложных объектах базисным является ряд понятий о естественных объектах разных уровней, даже если при формализации в «содержательном остатке» (неформализуемом базисе) понятия об этих объектах устанавливаются лишь интуитивно.

В неформализуемом базисе наших теоретических представлений, который мы выявляем интуитивно и путем эмпирических обобщений (а не априорно), содержится та генетическая информация, которая составляет начало любого исследования, каким бы оно себя не провозглашало (эмпирическим, структурным, формальным или др.). Если исследование действительно научное, то оно имеет не только генетическую изначальность (не следует путать с генетическими гипотезами), но и постоянно наполняется генетическим содержанием. Поступление генетической информации, конечно, происходит неравномерно, и на определенных стадиях познавательных операций от нее приходится абстрагироваться, уделяя главное внимание, например, сугубо структурным аспектам исследования.

С понятием о *системе* далеко не всегда совпадает понятие *класса* и еще реже понятие *множества*. Существует принципиальное различие между, во-первых, произвольно взятым множеством объектов (вещей, отношений, свойств), объединяемых каким-либо признаком, во-вторых, классом как совокупностью («популяцией») таксономически определенных индивидов-объектов, и, в-третьих, целостной системой взаимодействующих объектов (элементов). «Плоская» экстенсивная система, организованная на одном уровне, может быть классом-популяцией индивидов. Но структурно-иерархизированная интенсивная система, элементы которой принадлежат к иному уровню, чем она сама, не является ни классом, ни множеством своих элементов, хотя совокупности последних могут рассматриваться как множества или отвечать какому-либо классу. Сама же целостная система есть нечто большее, чем множество или сумма частей-элементов; она есть вещь. Вещь же есть нечто большее, чем совокупность своих атрибутов. Поэтому полная теория систем может быть только таксономической по-существу, ибо инвариантом системы является вещь, но не отношение (структура). По-видимому, предлагаемые ныне в качестве общих теорий систем построения в действительности являются более или менее общими теориями структур.

Таксономическая характеристика имеет две составляющие. Во-первых, место естественной системы определяется принадлежностью ее к классам вещей-систем, которые «в плане» экстенсивно расширяются от индивида к виду и далее вплоть до уровня организации (например: воробей — воробьи — птицы — животные — организмы); при этом экстенсивное расширение классов

материальных систем в идеальном отражении выступает в виде интенсивной иерархии понятий (для того же примера: индивид — вид — класс — царство — уровень организации). Во-вторых, таксономическое место естественного тела характеризуется положением его в иерархии уровней; в этом разрезе интенсивные соотношения систем разных уровней (например, уровень организмов находится «над» уровнем минералов) отражаются в экстенсивном ряду понятий (виды минералов, виды организмов...). Таким образом, классы естественных тел, рассматриваемые сами как естественные тела, во-первых, расширяются экстенсивно на одном уровне, например от млекопитающих к позвоночным, а во-вторых, растут также интенсивно от уровня к уровню, например от механического тела к организму. Последний является физическим, химическим и биологическим телом, образуя тем самым соответственно включающиеся классы вещей.

Все изложенное позволяет считать, что: 1) центральной проблемой оснований естественно-научного знания является вопрос об уровнях организации и таксономии естественных объектов. Его решение может привести к установлению более фундаментальных отношений в природе, чем известные ныне физические или биологические законы; 2) в постановке и решении этой проблемы должны быть использованы «онтологический» и «гносеологический» ряды понятий: «вещи — отношения — свойства» и «вещь — объект — предмет». В частности, они могут быть использованы для обоснования и таксономизации всех вещей-систем, как естественных и искусственных, так и абстрактных.

ИЗНАЧАЛЬНЫЕ ПОНЯТИЯ

Естественные тела

Установление категориального базиса теории в науках о Земле связано с философским и естественно-научным представлением об основных формах движения материи и признанием самостоятельности геологической формы движения материи (Д. И. Выдрин, Б. М. Кедров и др.), а также специфичности и целостности геологических объектов. Главным формам движения материи соответствуют определенные классы явлений.

В. И. Вернадский писал: «В основу современного точного естествознания кладется представление о естественном (природном) теле и о естественном (природном) явлении... Естественное или природное тело — это есть всякое природное независимо от нас обособленное в пространстве и во времени от других природных тел и явлений, материальное или материально-энергетическое проявление. С точки зрения пространственных явлений мы различаем в окружающей нас земной, т. е. планетной среде естественные тела: горные породы, почвы, океаны, минералы,

кристаллы, животные, растения и т. п.» (Вернадский, 1965, стр. 161). Целесообразно конкретизировать эти мысли далее. Природное явление — это любой неискусственный объект (вещь, отношение, свойство, процесс), границы и таксономия которого могут быть не установленными. *Природным телом* выступает материальная вещь (или ее фрагмент) с фиксированными пространственно-временными границами. Физические субстанции природного тела могут быть как веществом (субстратом), так и физическими полями или сочетаниями того или другого.

Понятию о природном теле целесообразно субординировать понятие о *естественном теле* как целостном закономерно организованном природном теле, которое имеет индивидуальную видовую и родовую *таксономическую определенность*, специфический состав и структуру, свои пространственные и временные свойства, занимая таким образом свое «естественное место» на тех или иных уровнях организации природы. Естественное тело, в отличие от природного, не может быть образованием суммативным или выделенным по несущественным признакам. Естественное тело является и частью более общих естественных тел, и целостной системой подчиненных естественных тел; одни из них на прямо субординированных уровнях выступают элементами, тогда как другие могут рассматриваться лишь компонентами. Физические компоненты и свойства атрибутивны для всего естественного тела, но не обязательно специфичны для него. Очевидно, что иерархически организованные естественные тела, наряду с физическими субстанциями и атрибутами, могут обладать также последовательно химическими, биологическими и (или) геологическими и другим субстанциями и атрибутами. Примерами естественных тел-систем являются Метагалактика, Галактика, Солнечная система, Земля (включая ее физические поля), геоэлектромагнитосфера, геосинклиналь, почва, минерал, популяция организмов, клетка, атом, гравитационное поле, физический вакуум.

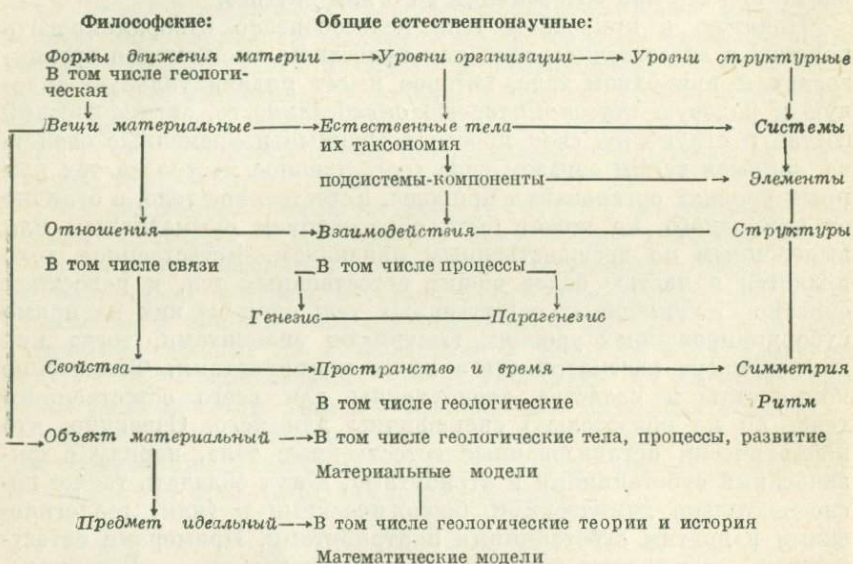
Именно то обстоятельство, что естественное тело имеет свою таксономическую определенность, т. е. принадлежит к какому-либо классу (а классу отвечает и одна вещь-индивид), обуславливает объективные критерии системности. Согласно такого рода критериям мы можем рассматривать системы естественных тел, имеющих те или иные таксономические связи, например, популяцию организмов одного вида, или систему всех организмов, относящихся по-существу к одному уровню организации, или сложно иерархизированную систему одного организма. В качестве крайнего случая выявляются элементарные системы, лишенные элементов и структуры в данной объектной области. Например, элементарная биологическая система — клетка — не имеет биологических элементов, хотя и содержит химические и физические компоненты; также и элементарная геологическая система — минерал — не имеет геологических элементов и структуры, но обла-

дает кристаллохимической структурой и разного рода компонентами.

Рассматриваемые исходные понятия в специализированной форме должны входить в теоретическую систему фундаментальных наук (табл. 3). Так, анализ понятий «геологические естест-

Таблица 3

Исходные понятия категориального базиса геологии



венные тела», «геологические уровни организации», «земное планетное пространство», «геологическое пространство — время» необходим для вывода основных понятий категориального базиса общей геологической теории.

Уровни организации

Проблемой организации природных объектов В. И. Вернадский непосредственно занимался уже с 20-х годов. Характеризуя взаимоотношения концентрических парагенетических оболочек (геосфер), он ввел понятие о структурной организованности планеты, слоистая структура которой определяется однозначностью параметра тяготения: «Сейчас для нас ясно, что лик Земли не является результатом «случайных явлений», а отвечает определенной резко ограниченной геологической земной оболочке — биосфере — одной из многих других, имеющих определенную структуру, характерную для земных планет. Эту структуру удобно назвать организованностью по харак-

теру идущих в ней геологических процессов» (Вернадский, 1965, стр. 52).

В явной форме представление об уровнях организации самим В. И. Вернадским сформулировано не было, хотя он вплотную к нему подошел, развивая понятие о состояниях пространства. Поскольку понятие об уровнях выше уже рассматривалось, здесь лишь подчеркнем, что всякий уровень является и системой, и высшим классом определенной группы естественных тел. Представление об уровнях организации и структурных уровнях в более или менее четко выраженной, но чаще всего в интуитивной форме пронизывает все развитие естествознания. В отечественной геологии, насколько мне известно, впервые концепцию об уровнях организации применил В. И. Драгунов (Материалы к совещанию..., т. 1, 1965).

С точки зрения традиционной геологии против широкого поуровневого и структурно-системного подходов возражений как будто бы нет. Иногда возникает лишь вопрос — нужны ли столь общие понятия, если они сами собой подразумевались всем развитием геологии? Такие вопросы решаются в ходе развития науки: вновь привлекаемые понятия либо отпадают, либо прививаются. Однако у сторонников новых «радикальных» направлений понятие о естественных объектах вызывает решительное возражение. Против применения в геологии понятия об уровнях организации выступил Ю. А. Воронин на Ленинградском совещании по геологическим формациям, утверждая, что это понятие не конкретно-научное, а только философское (Баскина, Круть, 1968)¹.

Поскольку понятия о естественных объектах и уровнях критикуются прежде всего некоторыми сторонниками математизации геологического знания, то уместно обратить внимание на следующее существенное обстоятельство. В теоретико-типовой интерпретации (Б. Рассел, В. Куайн, Хао-Ван) объекты различных уровней организации образуют взаимоисключающие слои. В пределах же одного уровня организации объекты образуют накапливающиеся или кумулятивные слои (структурные уровни). Очевидно, что при математическом моделировании применение того варианта теоретико-множественного подхода, при котором предполагается возможность задания общего слоя для двух любых объектов, недопустимо, если эти объекты относятся к разным уровням организации.

Понятия об уровнях организации и целостных системах оказались исключительно эвристичными, так как стали основой для построения ряда наук и особенно современной теоретической био-

¹ Позднее Э. Я. Еганов выразил сомнение в пользу понятия об уровнях организации и утверждал, что «безнадежно искать и разрабатывать какую-то единую природную классификацию таких объектов, как горные породы, фации, формации и т. д.» («Пути познания Земли». М., «Наука», 1971, стр. 271—272). Такой подход критикуется мною в печати начиная с 1968 г.

логии. Для примера можно привести слова Дж. Бернала и А. Маккея, объясняющих, благодаря чему биология сейчас «...превращается в настоящую науку. Этим она обязана установлению иерархий сложности на атомном, молекулярном, полимерном, клеточном уровнях, а также на уровнях особей и групп, причем каждый уровень может быть объяснен в терминах смежных с ними уровней» (Бернал, Маккей, 1966, стр. 157—158). Позднее, чем в биологии, понятие об уровнях стало восприниматься физикой, имеющей сейчас дело преимущественно с субатомным миром, который представляется слабо дифференцированным по уровням организации; еще более ограничена в этом смысле химия.

К главным уровням организации естественных объектов, устанавливаемым в результате эмпирических обобщений, предварительно относятся субатомный, атомный, геологический, биологический, а также планетный и т. д. Каждый из уровней организации является многоступенчатым. Так, геологический уровень составляют уровни организации второго порядка — минеральный, горных пород, геологических формаций, геотектонических и стратиграфических подсистем геосфер. Не всегда удается провести различие между уровнями *структурными* и *уровнями организации*.

О состояниях пространства

Понимание роли пространства и времени для земных явлений, конечно, имело место и ранее, но лишь революционные преобразования в науке делают эти понятия одними из отправных пунктов теоретического геологического знания.

Понятие о состояниях пространства, введенное П. Кюри, было развито В. И. Вернадским, который писал: «...я ввожу в геологию новое определение — пространство земной реальности, то, которое всегда изучает неизбежно натуралист. В частности, геолог изучает пространственные явления (т. е. явления симметрии) ... только в Земном планетном пространстве, в виде различных его состояний... Наша планета в конце концов пространственно чрезвычайно разнородна, но эта разнородность может быть сведена к разным планетным физико-химическим пространствам. ...Мне кажется правильным во всем дальнейшем изложении говорить не о разных пространствах, а о разных состояниях земного пространства, ибо, как видно из окружающей нас природы, физико-химическими процессами пространство природных тел постоянно меняется. Эти состояния более или менее обособлены, иногда вполне замкнуты, могут принадлежать к разным геометриям...» (Вернадский, 1965, стр. 166, 167, 169). Особо подчеркивалось то обстоятельство, что пространство является «текучим» или динамическим: «... Неоднородность проявляется динамически, т. е. выявляется во времени» (Вернадский, 1932, стр. 572).

При изучении планетных макротел, т. е. находясь вне области релятивистских процессов, вполне закономерно рассматривать

земное пространство, абстрагируясь от времени, в статическом аспекте. Статическое пространство выступает как момент развития динамического пространства и включает летопись прошлого, что делает изучение статического пространства первоосновой геологических и некоторых других наук о Земле, а вместе с тем и применения принципа актуализма, который «... в сущности отвечает, как легко в этом убедиться, тождественности пространства — времени планеты во всем ее бытии...» (Вернадский, т. I, 1954, стр. 675).

Приведенные выше мысли соответствуют современному представлению о пространстве и времени, как совокупности определенных свойств и отношений материальных объектов и их состояний. Пространство и время — атрибуты материи, но существуют лишь конкретные виды пространственно-временных отношений и свойств («состояния» пространства — времени), отражающие специфичность классов объектов и уровней организации. Исследование состояний пространства является делом ближайшего будущего, но значительные успехи уже достигнуты в выявлении различий пространственно-временных свойств между объектами микромира, макромира и мегамира, а также между органическими и неорганическими макрообъектами (включая молекулы). Математическое моделирование выявляет пространственно-подобные отношения между общими свойствами объектов различных классов и поможет установить метрические и топологические особенности состояний пространства, а также симметрические их свойства, изучение которых для макротел уже начато. Все более остро встает вопрос об установлении новых, еще не выявленных пространственных свойств. В рассматриваемом смысле многомерные пространства, как и разнонаправленные времена, вполне реальны в мире природы, ибо сложные естественные тела-системы обладают многими пространствами (и временами).

Классификация природных пространств по их свойствам, по-видимому, еще не может быть проведена, но можно наметить систематику этих пространств по классам объектов. Подобная систематика представляется необходимой, в частности, для обоснования конкретно-научных теоретических построений, в том числе формализованных. Учитывая современное понимание пространства, следует сделать следующий шаг и из понятия «состояние пространства» опустить слово «состояние». Разные пространства целесообразно систематизировать согласно принадлежности разнородным классам естественных тел и группировать в сложные многопорядковые иерархические ряды основных и частных пространств. Основные ряды соответствуют пространству всех тел определенного класса, а частные относятся к пространству того или иного естественного тела.

Пространству Вселенной присуще космическое пространство, ячейками которого выступают частные пространства космических объектов всех рангов. Одному из них отвечает *земное планетное*

пространство, свойственное совокупности вещества и физических полей Земли. Рассматриваемое на субатомном уровне (полей и фундаментальных частиц), космическое пространство является физическим пространством, которое охватывает, как достоверно установлено, всю доступную наблюдению часть Космоса, а в пределах нашей планеты может быть названо *геофизическим пространством*. Физическим полям, например, присущи частные состояния физического пространства. Космическое пространство, рассматриваемое на атомном уровне, отвечает химическому пространству, которое в пределах Земли предложено называть *геохимическим пространством* (Взаимодействие..., 1963, стр. 240). Частным его пространствам отвечают пространства атомов и элементарных ячеек (молекул, ионов, атомов) молекулярных образований. Классификация частных пространств возможна, например, по химическим элементам. В отличие от геофизического пространства, возможности эмпирического изучения геохимического пространства Земли незначительно выходят за глубины собственно геологического исследования. Геохимическое пространство «уже» геофизического в том смысле, что из него исключается пространство субатомного уровня.

Следующим в главном ряду является *геологическое пространство*, присущее, по всей вероятности, не только Земле, но и некоторым другим планетным и субпланетным телам. Частные пространства принадлежат естественным геологическим телам различных рангов. К внутреннему ряду основных пространств в пределах геологического пространства относятся пространства: молекулярно-минеральное (в том числе кристаллическое), минеральных ассоциаций и смесей, ассоциаций минеральных масс, региональных и этажных подразделений литосферы, оболочек. Таким образом, геологическое пространство (и время) является атрибутивным свойством всей совокупности геологических объектов (от минералов до геосфер). Геологическое пространство является более «узким», чем геохимическое. В принципе возможно рассмотрение собственно геологической и физико-географической форм пространства. Следует заметить, что В. И. Вернадский не всегда последовательно толковал состояния земного пространства, сводя иногда их свойства к «физико-химическому» пространству, но в то же время он настойчиво утверждал реальность и специфичность других видов природного пространства, например, биологического с его особыми, например, симметрическими свойствами (правизны и левизны).

Главный ряд пространств как бы замыкается *биологическим пространством*, основные виды которого образуют свой ряд, соответствуя популяциям и таксонам, а также биоценозам вплоть до биосферы. По существу промежуточную линию между геологическими и биологическими пространствами составляют пространства экосистем или биогеоценозов. Частные виды биологического пространства присущи конкретным организмам. Биологическое про-

странство на организменном уровне может рассматриваться как особая форма молекулярно (-минерального) пространства (нижнего члена ряда основных состояний геологического пространства).

Из изложенных представлений закономерно вытекает постановка проблемы о пространственном соответствии природных объектов различных классов, поскольку: «...каждое природное тело и каждое материально-энергетическое явление имеет свое собственное материально-энергетическое специфическое пространство...» (Вернадский, 1965, стр. 166). Представляется возможным сформулировать *принцип неадекватности различных пространств*, согласно которому все естественные тела (и их классы), обладающие своими специфическими пространствами, в общем случае пространственно не соответствуют друг другу: в частности, границы тел различных уровней организации, как правило, полностью не должны совпадать, многочисленные примеры чего будут приведены ниже.

Пространственные отношения и свойства естественных тел, как уже говорилось выше, подразделяются на метрические, топологические и симметрично-групповые. Различия в метрических свойствах земных объектов, устанавливаемых разного рода измерениями, достаточно очевидны. Они отчетливо фиксируются в протяженности и объемах объектов, находящихся в отношении простой субординации и координации друг с другом. Для характеристики метрических свойств объектов одного уровня организации или же разных структурных уровней, находящихся в отношении простой иерархии, мы пользуемся евклидовой геометрией архимедовского трехмерного пространства. Однако уже, например, пространство гравитационного поля оказывается неевклидовым, хотя и остается топологически трехмерным. Пространство гравитационного поля (не единственное физическое пространство) выступает как бы фоном всех других известных нам пространств, поэтому трехмерность их обнаруживается во всех естественных объектах, исследуемых нами на том или ином уровне организации. Однако уже для установления пространственных свойств организованных на разных уровнях объектов и их отношений между собой приходится привлекать идею *многомерных пространств* (с неархимедовыми геометриями). При этом оказывается, что архимедов континуум есть лишь частный случай неархимедова. Можно предположить, что первый из них отвечает пространству одного элементарного объекта, или одного класса объектов, или одному уровню их организации, тогда как многомерная неархимедова геометрия, не использующая аксиом непрерывности, адекватна дискретному «рассеченному континууму» (по выражению А. Пуанкаре), т. е. пространствам объектов, организованных на разных уровнях и относящихся к разным уровням организации.

Вряд ли можно, не прибегая к теории многообразия измерений, достаточно полно, например, описать естественное тело Зем-

ли, образуемое совокупностью пространственно неадекватных вещественных тел и физических полей. Без геометрии многомерного пространства нельзя, по-видимому, также устанавливать пространственные соотношения в биогеоценозе, органические и неорганические компоненты которого также пространственно неадекватны. При описании как трехмерных «простых», так и многомерных «сложных» пространств может использоваться различное геометрическое их представление — в земных условиях чаще всего эвклидова геометрия, но это не значит, что реальные пространства буквально эвклидовы. Просто эвклидовы геометрии наиболее доступны и удобны для описания большинства наших обычных пространств, которые можно, однако, математически моделировать с помощью более общих неэвклидовых геометрий.

Итак, нужно подчеркнуть, что пространственные свойства естественных объектов весьма сложны и мы не должны ограничиваться представлением о них просто как о телах в едином архимедовом и евклидовом пространстве и времени. Пространственные свойства объекта характеризуются зависимостью от фоновых пространств надсистем разных уровней вплоть до космических, затем спецификой пространства самого целостного сложного объекта, и, наконец, отношениями и свойствами пространств подсистем, вплоть до элементарных частиц и полевых вакуумов. При взаимосвязи и взаимообусловленности всех этих пространств они не сводятся друг к другу, а проявляют особые и метрические и более глубокие топологические свойства для каждого уровня организации, выражающиеся в специфике замкнутости, связности, ориентируемости, размерности и др. К топологическим свойствам относятся и так называемые групповые и симметрические свойства, которые во многом отражают как бы дискретный аспект топологических отношений.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОСТРАНСТВО

Естественные объекты как системы

Природные целостные системы относятся либо к *основному* иерархическому ряду, прослеживаемому через ряд уровней разных порядков, либо образуют *побочные* ряды в пределах определенного уровня (или на стыках разных уровней). Системы второго рода, которые можно называть «интрасистемами» (внутренними системами), состоят из элементов систем основного ряда и наряду с этими элементами могут быть частями основных систем. Целесообразно ввести понятие «центросистемы» для систем с доминирующим элементом, который может быть либо относительно неделимым «центрэлементом» (например, Солнце в солнечной системе), либо «интрасистемой» (например, ядро в атоме).

Естественное тело определенного уровня в общем случае выступает одновременно системой естественных тел более низкого

уровня и относительно неделимым элементом системы более высокого уровня. Возможно, однако, выпадение тел какого-либо уровня из ряда. Тогда тело нижнего уровня непосредственно становится элементом системы более высокого уровня. Сущность такого положения ясна, но логическое истолкование представляет некоторую трудность. Например, при формально-логическом понимании вещи лишь как системы свойств, поликристаллический почти мономинеральный рифовый известняковый массив можно рассматривать и как минерал и как горную породу и как формацию. В таком представлении разные вещи могут обладать одним пространством одновременно. Но при рассмотрении таксономии естественного тела в данном случае можно говорить либо о теле горной породы, либо о парагенезе пород, либо о теле формации (но не о теле минерала, так как это не монокристалл). Отнесение естественного тела к тому или иному классу, вероятней всего, должно основываться на соотношении его со смежными объектами. Так, например, гидросфера, являясь полиминеральной (почти монопородной) системой, как природное тело относится к классу оболочек, но не к их элементам, и не к формациям, и не к горным породам.

Естественные тела каждого из перечисленных выше геологических уровней дискретно и вместе с тем практически почти сплошь «выполняют» доступную непосредственным наблюдениям область твердой Земли. Наличие объектов определенного класса в каждой части геологического пространства служит критерием для отнесения их к самостоятельному уровню. Однако такой критерий самостоятельности необязателен (например, для организмов), хотя и может помочь выявлению проблематичных, не отмеченных выше уровней. Самостоятельность уровня определяется прежде всего качественными особенностями взаимодействий между объектами данного класса (и их элементами), а также между ними и объектами смежных («внешнего» и «внутреннего») уровней. Специфичность взаимодействий на субатомном и атомном уровнях заключается в разнообразных и вполне определенных функциональных физических и химических связях. На геологическом уровне весьма сложная картина взаимодействий характеризуется парагенетическими и генетическими отношениями и связями. Между уровнями объектов и видами взаимодействий, по-видимому, не существует обязательной однозначности, так как те же взаимодействия могут быть присущи различным классам систем в разной степени. В то же время именно эта степень «присущности» может быть специфичной для определенных уровней.

В общем плане неорганические природные тела по мере перехода к более высоким уровням становятся менее подвижными. Элементарные частицы могут быть сверхподвижными, миграционная способность атомов в целом значительно выше, чем молекул; пассивная динамика горных пород отличает их от весьма медлен-

ной эволюции геологических формаций. Мало мобильны главные элементы твердых геосфер и сами твердые геосферы. В том же направлении убывает способность объектов одного класса к рассеянию, которая особенно присуща атомам, менее обычна для молекул и минералов и малохарактерна для горных пород. Стремление к созданию ассоциаций (в противоположность тенденции к рассеянию) характерно для геологических тел.

Различие между размерами тел смежных уровней в целом выдерживается, но часты исключения. Например, объем тела на уровне горных пород может быть больше объема тела на уровне геологических формаций. В общем случае диапазон колебаний размеров геологических тел, по-видимому, с переходом к более высоким уровням уменьшается. Математические соотношения величин тел одного уровня могут носить характер пропорциональных зависимостей. Выявление размеров тел одного уровня поможет количественно обосновывать выделение уровней и объяснить классификацию природных объектов, которая до сих пор основана на оценке качественных их различий: «Градация размеров природных объектов закономерно и просто делает «понятным» нам космос от Галактических островов до электрона» (Вернадский, т. IV, кн. 2, 1960, стр. 551).

Для современной геологии, опирающейся на представление о целостности геологических объектов, необходимо развитие понятия о геологических системах. Лишь частными случаями последнего являются понятия о стратиграфических системах или о системах в петрологии. С изучением геологических объектов как систем связано более глубокое представление об их структуре, под которой понимается закономерность отношений элементов в системах. Традиционное тектоническое или минералого-петрографическое значение структуры не в полной мере отражает ее сущность. Интересно сформулировали вопрос об изучении статических, ретроспективных и динамических систем в геологии Ю. А. Косыгин и В. А. Соловьев (1969).

Пространство геологических объектов

В отличие от многих естественных наук в круг интересов геологии входят объекты с различными пространствами (организмы и их сообщества; элементарные частицы и их ассоциации; атомные ядра и атомы, а также некоторые ассоциации последних; различные макрообъекты, включая некоторые космические тела).

Объекты геохимического пространства являются компонентами геологических систем. Собственно геологическому пространству отвечают геологические объекты уровней второго порядка: минералов, горных пород, геологических формаций, главных элементов геосфер. Естественные тела каждого из них выступают как элементарные ячейки соответствующих им основных прост-

ранств, причем роль этих ячеек для геологического пространства в целом неодинакова. В пределах литосферы геологи изучают преимущественно верхнюю ее часть — стратисферу и подстилающую ее консолидированную кристаллическую оболочку. Атмосфера и гидросфера, также охватываемые геологическим пространством, изучаются главным образом географическими науками. Верхняя граница геологического пространства совпадает с верхней границей атмосферы. Нижняя граница неизвестна. Она, несомненно, проходит ниже доступных сейчас непосредственному наблюдению глубин и теоретически должна совпадать с исчезновением молекулярной организации вещества и переходом его в атомарное. Эта граница, возможно, независима от изменения агрегатного состояния вещества, так как все известные виды последнего имеют место в наблюдаемом геологическом пространстве. Иными словами, геологического пространства нет там, где нет минералов (твердых, жидких и газообразных).

Геологическое пространство является сферическим, а поэтому в определенном смысле *криволинейным*. Для молекулярно-минерального геологического пространства (пространства монокристаллов и молекулярных масс) эта геометрическая особенность менее характерна. Необходимо решать проблему изменения степени криволинейности для разных геологических пространств. Уже рассматриваются топологические свойства геологического пространства (см. Ю. В. Казицын, «Геологические формации», 1968).

Структурная устойчивость тел в геологическом пространстве отражена в формах их *симметрии*. Явление симметрии, определяемое уже самой спецификой пространства — времени, может рассматриваться очень широко, но здесь имеется в виду лишь пространственный аспект. Симметрия, являясь свойством пространства, характеризует степень упорядоченности структуры объектов геологического пространства. Симметрия и диссимметрия, будучи взаимосвязанными, могут рассматриваться лишь относительно одна другой. По-видимому, можно утверждать, что каждый природный объект обладает той или иной степенью симметрии и диссимметрии, но проявления их принципиально различны на разных уровнях. Симметрия определенно выявляется в структуре геологических формаций и их рядов, в строении геологических регионов и структурных этажей, в очертаниях материков. Необходимо исследовать геометрию и причину этих явлений. Не удастся ли выявить законы образования симметрии в макро- и мегателах, которые в каких-то отношениях могут походить на кристаллизацию? Гипотезу о кристаллической симметрии астероидов выдвинул, в частности, Б. Л. Личков (1965).

Структура объектов геологического и планетного пространства наглядно выражается в *слоистости* (Вернадский, 1965). Происхождение слоистости обусловлено пассивным, но тем не менее руководящим для образования этой структуры, взаимодействием гравитации как в эндогенных, так и в экзогенных процессах.

В этом смысле сущность стратификации едина. Для эндогенных условий характерно явление *расслоения*, возникающее в результате дифференциации гомогенизированных расплавленных масс. В экзогенных условиях проявляется *наслоение* как результат последовательного отложения осадков, в том числе вулканического материала. Два главных типа слоистости определяют многие структурные различия и изоморфизм главных групп геологических объектов разных уровней.

Проблема субординации уровней естественных тел и соответствующих им пространств и времен имеет значение для установления понятийного базиса формализованных концепций. Так, в некоторых формализованных системах под геологическим пространством понимается, по существу, планетное земное пространство, по В. И. Вернадскому. По различным свойствам и их совокупностям выделяются специализированные формальные геологические пространства, например биостратиграфические, петрографические, геохимические и т. д. Вводится понятие о теоретическом геологическом пространстве, для которого предусматривается возможность любой специализации. В соответствии с этим всякое тело, выделяемое в таком абсолютизированном геологическом пространстве по любым признакам, рассматривается как геологическое тело (будь то даже физическое поле). Именно это мне представляется не соответствующим природе вещей.

Для решения задач формализации в науках о Земле схема понятий, непосредственно развивающая положения В. И. Вернадского, кажется более приемлемой с точки зрения традиций, универсальности, соответствия природным явлениям, а также логической выдержанности; так, например, в этой схеме не нужно называть геологическим телом то, что является физическим полем. Критикуемый же формально-логический подход возникает из понимания вещи лишь как системы свойств, но не как естественного тела.

В разного рода формальных операциях и еще чаще при общих рассуждениях, в одну систему объединяются не только разнородные вещи, но даже, например, одна вещь со свойством другой вещи. С естественнонаучной точки зрения это, конечно, недопустимо.

О парагенезе

Под парагенезом в геологии понимается целостное сочетание одноранговых объектов (т. е. система), границы которого могут быть не установлены. Понятие о парагенезе в одном смысле шире понятия о структуре, так как парагенез обычно не рассматривается, абстрагируясь от вещества, но в другом смысле понятие о нем уже, так как затрагивает структуру, специфическую лишь для геологических объектов. Нужно заметить, что широко распространенные в геологии вещественно-структурные понятия «ас-

социация», «парагенез», «ряд» лишь в частных случаях характеризуют таксономические и систематические единицы. Парагенез минералов далеко не во всех случаях отвечает таксономическому понятию горная порода (или минеральная масса). Ассоциация горных пород еще не всегда формация.

Как отмечал А. Е. Ферсман (т. IV, 1958), понятие о парагенезе содержит три аспекта: 1) совокупность вещественных объектов, 2) пространственное их соотношение и 3) хронологическую последовательность образования. Полиаспектность парагенеза отражает вещество, структуру и развитие геологического объекта. Расшифровывая третий — временной — аспект, можно говорить об одновременном, частично совмещенном, последовательном или наложенном во времени образовании членов парагенеза. Но наложенные члены парагенеза, по-видимому, должны быть генетически связанными с другими более ранними членами, т. е. происходить из них. В противном случае их не следовало бы считать членами данного парагенеза, хотя они и остаются членами ассоциации. Это обстоятельство показывает, что эмпирическое выявление парагенезов содержит в себе генетический анализ.

Методологическое обоснование эмпирического подхода к установлению парагенезов заключается в законе Гесса — Ферсмана, изложение которого может быть следующим: закономерные сочетания одноранговых объектов в общем случае должны быть сходными, независимо от путей их образования, что объясняет существование видов парагенезов. Сформулированный для физико-химических систем, этот закон может иметь значение и для геологических систем вообще, отражая явление *конвергенции*. По-видимому, те явления, понимание которых не укладывается в рамки этого закона, более всего способствует генетическому анализу геологических объектов. Принцип геологической конвергенции (Позделов, 1963; и др.) может подвести к пониманию сущности вещественных геологических объектов (минералов, горных пород, формаций) и объяснить причину ограниченности числа их видов.

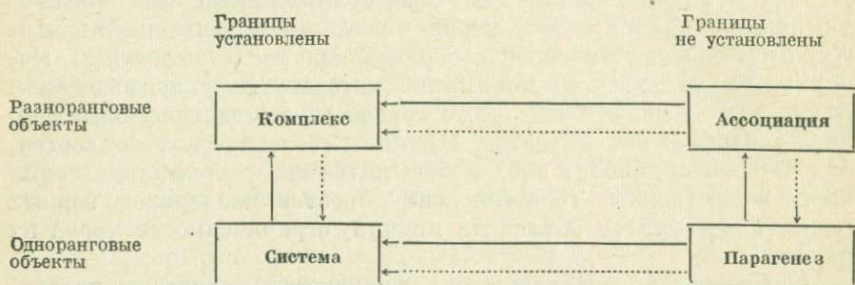
Геологические объекты (тела и процессы) одного и различных рангов образуют разнообразные пространственно-временные сочетания как суммативного, так и целостного типов. Если исходить из предпосылок наличия той или иной степени целостности сочетающихся геологических объектов, участия одноранговых, либо разноранговых объектов, а также установления (или не установления) границ сочетаний, то можно выделить четыре главных типа сложных геологических объектов: *комплекс* — суммативная или целостная совокупность одно- или разноранговых объектов, границы которой установлены (для вещественных сочетаний часто применяют термин «агрегат»); *ассоциация* — то же, но без установленных границ (термин обычно применяется для вещественных сочетаний); *система* — целостная совокупность одноранговых объектов, границы которой установлены; *параге-*

нез — то же, но без установленных границ (термин обычно применяется к специфически геологическим вещественным сочетаниям). Выделение комплексов и ассоциаций в начале исследования может затем приводить к пониманию их как систем и парагенезов. Представление об одном и том же объекте может выражаться понятиями в значительной мере «гносеологическими» (комплекс и ассоциация) или же существенно «онтологическими» (система и парагенез).

Возможность последовательного приложения к объекту одного понятия за другим определяется типовой принадлежностью объекта, присущей ему независимо от степени наших знаний о нем. В субординированных рядах понятий по мере перехода от одного к другому последовательно изменяется роль гносеологического аспекта, в то время как все они могут сохранять свое онтологическое значение. На логических схемах-графах категорий (табл. 4) можно показывать направления: от более частного объекта к более общему («онтологический вектор» — сплошная стрелка), а также обычной последовательности эмпирического познания («гносеологический вектор» — прерывистая стрелка). Нужно, конечно, подчеркнуть лишь примерный характер таких оценок.

Таблица 4

Сочетания геологических явлений



Геологические взаимоотношения



Геологические объекты характеризуются разного рода отношениями между собой. *Отношения* геологических объектов могут быть закономерными и незаконномерными (случайными) для определенных геологических явлений. Частным случаем закономерных отношений выступает функциональное отношение или *связь*, при которой изменение одного объекта влечет изменение другого. Закономерные отношения и связи геологических объектов подразделяются на парагенетические и генетические.

Парагенетические отношения характеризуют закономерные пространственно-временные целостные сочетания геохимических и геологических объектов. Частным случаем парагенетических отношений является *парагенетическая связь*, при которой объекты находятся в обязательной функциональной зависимости. *Генетические отношения* как частный случай парагенетических свидетельствуют об общности происхождения объектов, но не определяют вид парагенезиса. Наконец, *генетическая связь*, являясь частным случаем парагенетической связи, объединяет определяющие вид парагенезиса объекты, которые произошли либо одновременно из одного источника, либо последовательно один из другого. Рассмотренная в качестве примера типизация взаимоотношений представляется применимой для анализа комплексов и систем, ассоциаций и парагенезов. В перечисленном ряду видов взаимоотношений по мере перехода от одного понятия к другому последовательно уменьшается роль гносеологического аспекта в оценке каждого из них. Исследуя конкретное взаимоотношение, можно по мере возрастания знаний о нем последовательно переводить его из одного вида в другой. Но все эти понятия сохраняют онтологическое значение, так как определенный вид взаимоотношений присущ конкретному сочетанию явлений независимо от степени наших о нем знаний (см. табл. 4).

О ФАКТОРАХ И КОМПОНЕНТАХ ЗЕМНОГО ПЛАНЕТНОГО ВРЕМЕНИ

Проблема природного времени

Феномен времени как формы бытия и меры природных процессов в течение всей истории науки находится в центре внимания философов и естествоиспытателей. В явной или неявной форме временной аспект учитывается в каждом исследовании и содержится в любой научной информации. Но, вопреки распространенному мнению об очевидности понятия о времени, последнее в действительности далеко не тривиально и даже в конкретно-научном плане остается во многом неясным и не всегда корректно сформулированным. Выдающаяся роль в осмыслении проблемы природного времени принадлежит наукам о Земле в силу как специфики объектов их изучения, так и особого интереса со стороны крупнейших ученых.

Так, В. И. Вернадский писал: «Время физика, несомненно, не есть отвлеченное время математика или философа, и оно в разных явлениях проявляется в столь различных формах, что мы вынуждены это отмечать в нашем эмпирическом, космическом и т. п. временах. Удобно отличать биологическое время, в пределах которого проявляются жизненные явления» (Вернадский, 1940, стр. 195). Однако в частных дисциплинах не всегда осознается, что наряду со сравнительно хорошо разработанными вопросами хронометрии существует круг более общих хронологических вопросов, связанных прежде всего с качественными (топологическими и симметрическими) характеристиками природного времени, уяснение которых необходимо, например, для понимания ритмических явлений в жизни Земли. Некоторым методологическим и общетеоретическим проблемам геохронологии как учения о природном времени нашей планеты и посвящено дальнейшее изложение.

Наблюдения ритмических явлений в природе и основанные на них измерения времени относятся к первоначальным основаниям натур философии и естественных наук (астрономии, географии и др.).

Достаточно вспомнить идеи о периодах в древневосточных космологиях, об эпохах водных катаклизмов и огненных экпирозисов у античных мыслителей, о птолемеевских циклах и эпициклах, наконец, о гелиоцентризме. Уже в древности намечается противопоставление линейного (необратимого) и циклического (астрономического) времени. В философском понимании времени намечаются тенденции, с одной стороны, к абсолютизации и субстанционализации времени (Платон, Плотин), а с другой, рассмотрения его как последовательности движений и событий (Аристотель). Кроме того, стал обособляться и психологический подход к проблеме времени (Августин, впоследствии И. Кант, А. Бергсон и др.).

Субстанциональная концепция получила научный статус у И. Ньютона, для которого абсолютное *физическое* время являлось равномерно и непрерывно, однородно и одинаково направленно текущей чистой длительностью, неизмеримым пустым «вместилищем событий»; рассматривалось также и относительное («механическое») время, наблюдаемое и измеряемое с помощью равномерных движений. Ньютонианское понимание времени обеспечило развитие классической науки, хотя и подверглось коренному пересмотру, когда впоследствии, наряду с обратимым механическим временем, было установлено необратимое термодинамическое (статистическое время), а затем в результате теории относительности стало непосредственно изучаться пространство и время гравитационного и электромагнитного полей.

Альтернативная «причинно-следственная» концепция развивалась Г. Лейбницем, для которого время было порядком последовательности событий и состояний, причем внутренние и внешние

взаимодействия тел определяют длительность отдельного явления в ряду. Лейбнизианский подход восторжествовал в новейшей науке и был принят диалектическим материализмом, взявшим за основу понимания времени развитие материальных процессов в целом.

В явной или неявной форме лейбнизианское время использовалось науками о Земле, учитывавшими наряду с астрономическим и механическим временем также эволюционный (линейный) и циклический характер сложных процессов. При этом особое внимание было обращено на различие настоящего («географическое время») и прошлого («геологическое время»). Стеноновским законом о возрастной последовательности пластов в разрезе устанавливается специфичность *геологического времени*, которое в отличие от ньютоновского неоднородно и неравномерно. Сам факт напластования, т. е. дискретности геологического пространства, обуславливается циклическостью и периодичностью геологических явлений, т. е. своеобразной топологией геологического времени. И именно эти топологические свойства объясняют длительность геологического времени, т. е. его метрическую характеристику, которая устанавливается пока относительно геологических явлений. Стратиграфический принцип относительной геохронологии явился едва ли не первой эмпирической альтернативой абсолютному физическому времени. Кроме того, геологические законы фиксировали время и генезиса, и перемещения геологических тел, тогда как механические законы — лишь время движения физических тел.

Геттоновско-лайеллевский униформизм, выступивший в качестве принципа сохранения геологических процессов, объединил прошлое и настоящее как равноправные подразделения одного земного времени. Униформистская абсолютизация геологического времени вовсе не означала признания его однородности, но являлась теоретической абстракцией, необходимой для установления истории Земли, поскольку позволяла устанавливать последовательность и корреляцию геологических тел и событий. Принципом фаціальности стала выявляться разновозрастность различных частей одного геологического пласта и возрастное скольжение границ слоев, что означает, по существу, общую относительность геологического времени к «фоновому» физическому времени (механическому или астрономическому). Наряду с общей относительностью, правомерно говорить и о частной специальной относительности земного или геологического времени, определяемой взаимодействиями разнородных геологических объектов между собой.

Эволюционные идеи XIX в. в науках о Земле способствовали вычленению понятия о *биологическом времени*, которое стало учитываться биостратиграфией, палеонтологией, исторической геологией, физической географией, биогеографией. Прежде всего выявлялась специфика метрических свойств биологического време-

ни: дление организмов, их популяций, таксонов и эволюционных линий во многом не совпадало с периодами и циклами геологического времени. Весьма сложными оказались и внутренние (топологические и групповые) отношения между временными свойствами различных биологических объектов как субординированных друг другу (от организма до всего органического мира), так и дивергирующих и конвергирующих в эволюционных линиях. Таким образом устанавливалась, во-первых, общая относительность биологического времени к физическому и геологическому временам и, во-вторых, частная специальная его относительность, отражающая внутренние закономерности развития органического мира. Итак, физическое, геологическое и биологическое времена оказались неадекватными.

К концу XIX в. в науках о Земле наметились две различные тенденции в понимании природного времени. Одна из них, менее явная, была связана с установлением все большего многообразия пространственно-временной специфичности разнородных природных объектов. Другая, служившая основой большинства теоретических построений, стремилась к абсолютизации временных свойств, прежде всего редуцируя их к единому физическому времени, к одной просто субординированной хронометрии. Но там, где не требовалась (или не удавалась) физикализация, как например, в геологии до появления радиохронометрии, проявился иной путь абсолютизации, в данном случае слияние геологического и биологического времени. Действительно, в геологии ведущим стало понятие по существу о биостратиграфических подразделениях и единицах времени. Глубокий и недостаточно осознанный смысл здесь заключался в том, что за единое время принималось время комплексов биогеологических, биогеоценологических, физико-географических объектов. География, занятая в те времена еще преимущественно хронологическими проблемами, уже изучала эти объекты (ландшафты, почвы, биосферу и др.).

Однако до теоретического объяснения как дифференциации времен, так и их интеграции еще было далеко, главным образом из-за слабой разработанности одной из главных концепций естествознания — об уровнях организации материальных объектов.

О факторах и видах природного времени

Итак, время как и пространство, является универсальной формой существования материи: универсальной в том смысле, что оно есть атрибут всех известных материальных объектов; «формой» в том смысле, что оно ни субстанция, ни условие, ни причина материальных явлений, без которых нет и самого времени. Материальные явления и есть *факторы времени*.

Бытует утверждение о «едином времени» для всех материальных проявлений, но время столь же многообразно, как и последние и о единстве времени можно говорить в смысле взаимо-

связи различных времен. Разумеется, все бесконечное множество материальных вещей обладает беспредельным временем, но науки имеют дело с частными совокупностями вещей, каждая из которых вместе и в отдельности характеризуется своим временем, имеющим как общие, так и специфические особенности. Время характеризует не только вещи, но и материальные отношения, взаимодействия, процессы, свойства. Сознание обладает способностью создания абстракций математического времени, которые более или менее адекватно отображают объектное время, даже если представляются весьма мало сходными с последним.

Время является весьма сложным феноменом и определяется совокупностью внешних и внутренних факторов взаимодействия систем разного ранга. Конечно, понятие о времени не исчерпывает понятия о развитии, как и понятие о развитии не исчерпывает понятия о материальных вещах. В любом конкретном случае время есть специфическое отношение, выражающее координацию (последовательность и длительность) сменяющих друг друга разных вещей (событий) или состояний одной вещи (события). При этом, конечно, течение времени самой системы происходит в рамках, на фоне или субординировано течению времени надсистемы (в последнем смысле говорят, например, о течении процесса во времени). Такие слова как «течение», «изменение», «процесс» и даже «история» и «развитие» не имеют строго фиксированного статуса естественнонаучных понятий, в отличие от понятий «система», «пространство» и «время», что, отчасти, и делает последние необходимыми для теоретического знания.

Время является мерой изменения материальных объектов, а мера есть единство качества и количества, причем несомненен примат качественного (топологического) аспекта времени над количественным (метрическим) его аспектом. Топологические свойства времени (его связность, размерность, конечность, обратимость, периодичность, цикличность и другие структурные особенности) обуславливают его метрические свойства, эталонирование которых становится возможным при сравнении времен различных объектов.

Как среди философов, так и среди естествоиспытателей, даже специально занимающихся пространственно-временной проблематикой, бытует еще «физицистская» трактовка материального мира и его пространственно-временных свойств. При этом материальный мир рассматривается как совокупность физических тел, а поэтому и всякое пространство и время представляются только физическими. Последнее положение верно лишь постольку, поскольку всякий материальный объект обладает физической организацией, в том числе физическим пространством и временем. Но если этот объект является к тому же еще и химическим или еще имеет геологическую или биологическую организацию, то ему должны быть приписаны и соответствующие пространства и времена, наряду, конечно, с физическими. Но физическое время, причем не «единое»,

и лишь некоторые виды его (определенные виды гравитационного времени) были приняты в качестве основных единиц систем отсчета времени (звездные сутки и тропический год). Понятие о геологическом времени едва ли не первым нарушило физический «абсолютизм» именно потому, что оно сразу не «привязалось» к физическим единицам, а основывалось на специфической геологической топологии и метрике.

Понятие о природном времени имеет большее содержание, чем понятие о физическом времени, которое рассматривается наряду с другими физическими свойствами — движением, массой и т. п. Но и физическое время это не один вид, а класс разных природных времен, поэтому даже понятие о физической изохронности не является достаточно строгим. Во-первых, физические времена сами по себе весьма различны. Во-вторых, абсолютно синхронными могли бы быть только события, не связанные никакими взаимодействиями, т. е. метрическая одновременность выступает лишь условным соглашением, тогда как объективное значение может иметь только топологическая одновременность событий, которые связаны физическими взаимодействиями. В-третьих же, и это может быть главным, при использовании физической метрики, например, для геологической корреляции, остается неизвестным соотношение гравитационных и атомных метрик для отдаленного прошлого, в частности изменения длительности того года и суток, которые служат мерой периодических процессов. В геологии по существу используется понятие не физической, а геологической изохронности, которая более или менее близка гравитационной метрике.

Классы и виды времени определяются сложными и простыми природными явлениями. Соответственно, можно говорить об *элементарных* (дифференциальных) временах, которые являются компонентами *интегративного* времени сложной организованной системы. Для понимания интегративного времени или для сопоставления времен объектов различных уровней организации необходимо исследование дискретно-топологических и симметрично-групповых свойств и построение математических моделей многомерного времени.

Наибольший из известных нам естественных объектов — Метагалактика — должен обладать своим интегративным космологическим временем, обусловленным всей совокупностью космических процессов (астрофизических, космохимических и др.). Процесс разбегания галактик и расширение космического пространства происходит ныне однонаправленно, но может иметь и свои колебания, причем влияние его, например, на Солнечную систему неизвестно. Интегративными временами обладают и такие сложноорганизованные объекты как Галактика, Солнечная система, Земля в целом, ее сложные подсистемы.

Еще очень мало известно о космических факторах интегративного земного планетного времени. Изменяется ли гравита-

ционная постоянная в связи с расширением Метагалактики? Зависит ли инерция от размещения отдаленных галактических масс, как это предполагается принципом Маха? Какова роль внутригалактических процессов в физической организации Земли? Как изменяются галактический год и солнечный год? Вряд ли предполагаемые процессы могут прямо и просто subordinироваться и коррелироваться, тем более, что одни из них являются необратимыми (например, излучения волн и энтропия), а другие — периодическими. Все большее внимание привлекает соизмеримость значений геологического времени с астрономическими расстояниями, измеряемыми световыми годами.

Оптимизм в отношении исследования космических факторов земных процессов подкрепляется все более уверенным установлением причинно-следственных отношений на уровнях планетных взаимодействий. Многого известно об эволюции размещения планетных тел и их вращения (лунного месяца, земных суток, приливных движений и т. д.). Существуют, например, достаточно надежные данные небесной механики, интерпретирующей приливное движение в системе Земля — Луна, согласно которым продолжительность докембрийского года превышала 400 дней.

С нерелятивистскими процессами связано *гравитационное время*, которое называют механическим и астрономическим. В рамках последнего каждое планетное тело обладает своим эфемеридным временем. Поэтому земное гравитационное время нельзя отождествлять с механическим временем; Земля является примером нерегулярно идущих часов с эфемеридами вращения. Не менее сложным, чем гравитационное время, является *электромагнитное время*, обусловленное релятивистскими, плазменными и лучевыми процессами, проявляющимися на всех уровнях космической и планетной организации.

Ядерные, радиоактивные и космохимические процессы в галактиках и звездных системах, включая планеты и их элементы, характеризуются *атомным временем*. Ядерная (или изотопная) геохронология ограничивается, как правило, геохронометрией — измерением атомного времени геологических объектов; конечно, устанавливаемый таким способом возраст ни в каком смысле не является «абсолютным», как его часто называют. Геохронология же в широком смысле в качестве учения о геологическом времени основывается на процессах геологической организации, независимо от того, какие временные шкалы в ней используются (собственно геологические, или биологические, или физические). Но существует и специфическая область знания ядерной хронологии — дисциплины об атомном времени, его топологических и других свойствах и соотношениях с иными временами (прежде всего гравитационным). Большинство специалистов склонно сейчас считать константы радиоактивного распада практически постоянными. Если же радиоактивные хронометры окажутся не столь «надежными», как на это рассчитывают, то, наряду с услож-

нением проблемы, будет получено и новое средство для исследования истории Земли и Космоса.

На уровне физических и химических макропроцессов (молекулярном) проявляется необратимое *термодинамическое энтропийное время*. Однако диссипация энергии в простых системах может сопровождаться флуктуациями и приводит к антиэнтропийным процессам в самоорганизующихся системах, что существенно усложняет понимание направления времени.

О компонентах земного планетного времени

Эмпирическое обобщение существующих данных и теоретические соображения позволяют рассматривать Землю в целом в качестве самоорганизующейся динамической системы, которая обладает собственным интегративным планетным временем. Надсистемами последнего выступают интегративные времена Солнечной системы, Галактики, Метагалактики. Компонентами земного времени являются различные виды природного времени — гравитационное, электромагнитное, атомное, молекулярное, геологическое, биологическое и др.

Земное планетное время, обусловленное как внешними (контриерархическими), так и внутренними факторами, является комплексной характеристикой нелинейных взаимодействий многих естественных систем, относящихся к разным уровням организации. При этом частная интеграция осуществляется на каждом из уровней организации планеты, а общая интеграция — на уровне целостности всей системы самой планеты.

Время естественных объектов Земли и ее самой в целом обусловлено перекрещивающимися взаимодействиями в прямых и встречных линиях организации природы. В самом общем виде можно наметить встречные «организационно-таксономические потоки». Прямая иерархическая организация берет начало в элементарных природных процессах, прослеживаясь вверх по линии усложнения от субатомных уровней до уровней геосфер. Контриерархическая организация, направленная из Космоса к Земле, в значительной степени формирует ее как целостное планетное тело с оболочечными подсистемами. Факторы «потока» контриерархической организации во многом определяют не только объекты и процессы планетарного масштаба, но прямо или опосредованно «вмешиваются» в организационные геолого-географические и биологические процессы на всех уровнях, вплоть до элементарных. Космические и физические виды времени выступают и условиями проявления и компонентами интегративных земных времен. Такая единица астрономического времени, как галактический год, в одних масштабах земных процессов может выступать эволюционным фоном (например для геотектонических районов и областей), а в других масштабах может быть соразмерной отдельным циклам (например для геотектонических поясов). Воз-

можно, что с колебаниями галактического масштаба коррелируются изменения длительности геотектонических циклов, например их сокращение (С. Бубнов и др.).

Естественные системы Земли (физические, геохимические, геосистемы, экосистемы, биосистемы), как правило, не находятся в отношениях простой субординации и координации между собой и к системе в целом, а образуют сложные пространственно-временные переплетения и взаимопересечения. Отчетливая элементно-структурная зависимость в такой квазиерархии далеко не всегда выявляется. По-видимому, прямую (но не простую) субординацию образуют дробные подсистемы и элементы земного планетного времени, характеризующие тот или иной уровень организации — геофизический (физические поля), геохимический (атомарный), молекулярно-минеральный, почвенно-петрографический, ландшафтно-формационный, регионально-этажный, геосферный. Выделяемые в пределах уровней организации структурные уровни просто субординированных и рядом положенных объектов также обладают своими временами. При этом время каждого из уровней должно быть интегративным, поскольку системы данного уровня взаимодействуют не только между собой, но и с подсистемами и с надсистемами.

Вследствие *нелинейных взаимодействий* как суммативных, так и целостных природных систем, принадлежащих к разным уровням, происходит образование самоорганизующихся систем определенного уровня. Самоорганизующиеся системы от Земли в целом до составляющих ее геосистем, экосистем и биосистем генерируют собственные *колебательные процессы*, как простые физические, так и интегративные геолого-географические. При этом в физическом смысле равновесные системы (например, захороненные геосистемы) могут переходить в неравновесные (например, в магматические очаги, или в географические системы). Но физическая неравновесность последних обеспечивает устойчивость самоорганизующихся систем. Такого рода смена состояний геосистем характеризует общую *стадийность* необратимого их развития.

Самоорганизующаяся природная система в той или иной степени *автономизируется* от всех других систем, приобретая и сохраняя тем самым свою индивидуальную и таксономическую определенность. Автономизация и частичная самоизоляция проявляется в автоколебательных процессах, в наличии *собственных временных ритмов*, при этом система часто становится квазистационарной, т. е. существенно не изменяется при прохождении колебательных волн. Самоорганизующиеся системы реагируют на внешние колебания не только избирательно, но и опосредованно, что весьма затрудняет установление причинно-следственных зависимостей и ставит под сомнение многие корреляционные сопоставления. Гармонические колебания чрезвычайно осложняются интерференцией, резонансом, сдвигами фаз и т. д. Колебательные

процессы создают и организуют естественные системы, обеспечивают их становление и сохранение, но они же могут обуславливать их уничтожение. Автоколебания природной системы могут принимать характер своего рода флаттера и приводить к распаду системы.

Структура земного планетного времени выявляется в его ритмичности, понятие о которой в широком смысле отражает весьма разнообразные колебательные процессы — от простых физических до сложных географо-геологических и биологических. Временной ритм выступает индикатором естественной самоорганизации, будучи элементарной структурной единицей времени той или иной системы (ее временным «квантом»). По-видимому, каждая сложная система обладает своим интегративным ритмом, тогда как другие фиксирующиеся в ней ритмы относятся к надсистемам, к смежным системам или к подсистемам. Тем самым временным ритмом фиксируются системообразующие процессы, а сопоставление этих ритмов отражает переходы между системами, их классами и уровнями организации. В этом заключается таксономическое значение временных ритмов как универсальной характеристики сложных природных систем и природного времени.

В качестве центральной компоненты земного планетного времени выступает геологическое время, характеризующее процессы, происходящие на уровнях от природных химических соединений до комплексных геосфер (типа литосферы, ландшафтной сферы, биосферы). Геологическое время относится к наиболее сложным временным проявлениям природы, хотя для исследования его существуют более или менее надежные шкалы измерений, основывающиеся прежде всего на физических и астрономических процессах. Трудность исследования геологического времени заключается в том, что если при изучении, например, физического времени можно из последнего и не выходить, то для исследования геологического времени нужно знать разные времена, включая физическое и биологическое, а также, по-видимому, и психологическое время, коль скоро мы претендуем на понимание логики исторического исследования.

Особенность геологического времени заключается в его фазовом, стадийном характере, вызванном последовательным переходом геосистем из исходного состояния в другое, например, из активного (географического) в «латентное» (захороненное) и вновь в активное (ультраметаморфизм, разрыв). Стадийность и ритмичность геологического времени следует рассматривать как различные топологические его свойства, которые помогают глубже понять эволюцию и историю Земли.

Существуют по крайней мере три основные линии геосистем с принципиально различными факторами организации: 1) вещественная (от минералов до формаций), 2) структурно-геотектоническая (от структурных ярусов до континентов и океанов) и 3) стратиграфическая (исторические системы).

Геотектоническая организация, главные факторы которой еще плохо известны, является общим геохронологическим индикатором, аккумулируя самые различные астрономические, физические, геохимические, минерально-петрологические, седиментационно-формационные и другие геологические процессы. Геотектонические и седиментационные критерии стратиграфического расчленения и корреляций получили существенное распространение (А. Грабау, М. А. Усов и др.), хотя системы этих линий отличаются слабой целостностью. Слабость предлагаемых геохронологических схем заключается в одноплоскостном подходе, в представлении о всеобщности и синхронности диастрофических проявлений, в стремлении к простой субординации их в шкале физического времени, в отсутствии критериев дифференциации тектонической периодичности разного уровня, типа и генезиса. С другой стороны, для локальной стратиграфии методы циклического анализа оказались весьма эффективными. В этом отношении выделяются работы по угленосным отложениям (Ю. А. Жемчужников и др.) и особенно по флишу (Н. Б. Вассоевич и др.). Главная задача седиментационно-тектонической геохронологии заключается, по-видимому, в увязке сложных колебаний разного рода и порядка, которые не образуют отношений простой субординации, а взаимонакладываются и флуктуируют, развиваясь в двух встречных направлениях, одно из которых идет от глобальных процессов к местным (контриерархия), а другое устремлено от местных процессов к глобальным (прямая иерархия). Геотектонические и седиментационные явления могут генерировать электромагнитные импульсы, с которыми, возможно, связано палеомагнитное время.

Более целостный и сложный характер по сравнению с геотектоническими системами имеют объекты стратиграфической организации, которые являются продуктами географических систем прошлого. Стратиграфические системы и периоды отражают былые состояния и стадии развития географической оболочки, включающей и эволюционные ряды ее подсистем (в том числе экосистем). Именно поэтому стратиграфические подразделения и стали главным стержнем геохронологии. В свою очередь, основой стратиграфии для поздних периодов развития Земли явился органический мир. Биологическое время для определенных этапов становится существенным компонентом и даже центральным индикатором геологического времени, не детерминируя, конечно, последнее.

Исторический характер стратиграфических подразделений, которые если не уничтожены, то составляют вещественные системы в ископаемом состоянии, делает их объектами с наиболее выраженной уникальностью. По всей вероятности, в истории Земли происходило возрастание организационной сложности естественных объектов, соответственно усложнялись и их пространственно-временные свойства. В прошлом топология геологическо-

го времени должна была быть более простой, чем это наблюдается ныне. На ранних этапах истории Земли геологическое время было сравнительно «примитивным». Структура архейского времени была мало дифференцирована качественно и характеризовалась планетарными колебаниями близкого порядка, амплитуда, размах и темпы которых могли быть, конечно, весьма значительными. Позднее, в связи с глобальным распределением жизни и появлением *биогеоценологических* объектов, наряду со все усложнявшейся «чистой линией» геологического времени (литологического, геотектонического) появилась биостратиграфическая линия, которую в силу ее поразительной наглядности геологи часто склонны считать главным историко-геологическим проявлением.

Проблема земного планетного времени оказывается во многом таксономической. Введение и увязка различных шкал времени в науках о Земле может дать полный эффект лишь при установлении общей естественной таксономии геосистем различных уровней, рядов и классов. Эта таксономия много сложнее биологической, включая в себя и экосистемы и биосистемы. Обладая огромным эмпирическим материалом, представители геолого-географических наук еще очень мало сделали в отношении выявления общей таксономии естественных объектов, ограничившись преимущественно разработками в пределах отдельных классов. Полезно напомнить, что становление биологии началось с создания таксономии, а ныне биологическая систематика пересматривается на математическом уровне. Представителям наук о Земле предстоит приложить еще много усилий в направлении качественного осмысления таксономической проблемы, которая должна стать базой геохронологии. Выявление факта автоколебаний динамической системы Земли и ее подсистем и соответствующих временных ритмов способствует становлению общей геолого-географической и геохронологической таксономии, знание которой тем более необходимо, чем яснее мы понимаем всю многофакторность геолого-географического развития и многообразие критериев и индикаторов его выявления. Практическое значение затронутых проблем связано очевидно с оценкой и прогнозом взаимоотношений природы и общества.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕЛА

Уровень минералов

Переходя к рассмотрению естественных геологических тел, следует напомнить, что к нижнему члену ряда состояний геологического пространства относится молекулярно-минеральное пространство, крайними формами которого являются кристаллическое и биологическое пространства (последнее здесь не рассматривается). Термин «молекулярное» обобщенный, так как для химических соединений собственно молекулярная форма не единственная.

Элементарные ячейки молекулярно-минерального пространства — пространство тел простых и сложных природных химических соединений, размеры которых весьма различны. Молекулярно-минеральное пространство отвечает уровню элементарных геологических объектов. Признанными системами этого уровня являются минералы. В. В. Богацкий считает минералы элементарными единицами поля геологической изменчивости — «геонами» (Второе Сибирское совещание..., 1967). Для минералов, как первичных геологических систем, состоящих из химических соединений, по сравнению с геологическими объектами других уровней характерны в целом значительно более сильные внутренние взаимодействия — физические и химические (генетические) связи.

Фундаментальное понятие «минерал» дискутируется десятилетия. Минералами называют тела природных химических соединений (в том числе растворов) и закономерных их смесей, которые образуют твердые, аморфные или жидкие системы, состоящие либо из элементарных ячеек кристаллической решетки, либо из простых или ассоциированных молекул, причем в пределах этих тел изменение свойств происходит переменнo-однородно или направленно. Если величина природных молекул $10^{-7} - 10^{-6}$ см, то минимальные расстояния между ячейками кристаллов 10^{-8} см, а минимальные размеры монокристалла 10^{-5} см (максимальные — до $n \times 10^3$ см). К кристаллическим компактным системам, «в которых в данном объеме пространства содержится максимальное количество атомов», принадлежит «главная масса минералов верхней твердой части нашей планеты — земной коры геологов» (Вернадский, 1965, стр. 183). Тела аморфных и жидких минералов могут достигать огромных размеров. К минералам следует относить также газы; как природные химические объекты они относятся к тому же уровню. Такое широкое толкование оправдано, поскольку отсутствует термин, охватывающий все образования минерального уровня организации.

Термин «минеральное тело» имеет обычно общее значение, отвечая любым телам, образованным различными скоплениями минералов. Тело же самого минерала образуют отдельные монокристаллы и молекулярные массы. Отдельная молекула не может быть минералом, как отдельный монокристалл не может быть горной породой. Молекулярные массы могут слагать как тела минералов, так и тела более высоких уровней. Тела скоплений однородных кристаллов не могут рассматриваться как тела минералов, а являются горными породами или другими минеральными массами (или даже формациями). Систематика твердых минералов имеет кристалло-химическую основу (естественный структурно-вещественный признак). Для аморфных и жидких минералов, а также для газов, видовой определенность выявляется труднее; систематика молекулярных масс и газов не обобщена, тем более, что минералоги иногда ограничивают предмет своей науки лишь изучением кристаллических систем (Поваренных, 1966). Но, поми-

мо минералогии, нет науки, охватывающей все объекты минерального уровня организации.

Естественные систематики минералов и горных пород показывают, что их видовое обоснование заключается в эмпирическом установлении интегративных свойств природной системы в целом, причем на первом месте оказывается вещественный состав, а на втором — структура и фазовые состояния.

Уровень горных пород

Следующее в ряду геологических пространств — пространство минеральных ассоциаций и смесей (минеральных масс) — отвечает уровню горных пород. «В твердом состоянии однородное пространство всегда очень ограничено. Оно образует в нашей природе огромные скопления неоднородных тел, каковыми являются горные породы, строящие континенты и острова, в которых однородные пространственные состояния микроскопически мелки» (Вернадский, 1965, стр. 167).

Элементарные ячейки этого пространства — тела горных пород, руд, магм и лав, осадков, почв, вод, битумов и др. Понятие о главных системах уровня — горных породах — обсуждалось с несколько меньшей остротой, чем понятие о минералах. К горным породам относят обычно твердые полнокристаллические парагенезы нерудных минералов с возможным участием в них рудных минералов и молекулярных масс (а также обломков тех же или иных горных пород). Эти парагенезы, слагаемая более 99% объема литосферы, образуют в ней сложные тела, в пределах которых свойства изменяются переменнo-однородно и направленно. Размеры тел от микроскопических до многих кубических километров. Другие тела минеральных масс (ассоциаций и смесей) как твердых, так и жидких сходны с горными породами, но имеют и специфические отличия; часто они являются интрасистемами рассматриваемого уровня. Систематика этих образований еще не разработана, тем более, что отсутствует геологическая дисциплина, которая была бы кровно заинтересована в изучении всех тел данного уровня.

Количество видов и разновидностей горных пород, по-видимому, не превышает тысячи. Для горных пород, как и для минералов, более чем для биологических объектов, характерна весьма значительная видовая изменчивость, вплоть до постепенных переходов от одного вида к другому. В системах горных пород взаимоотношение элементов — тел минералов и других молекулярных масс, а также обломков горных пород — изменяются в широких пределах и в общем отличны от связей систем минералов. Для элементов кристаллических горных пород типичны парагенетические и генетические связи. Для элементов обломочных горных пород степень взаимодействия, вероятно, ниже. Систематика горных пород разработана хуже, чем минералов, и сталкивается с

большими трудностями. Из двух подходов к ней — сверху (типизационного) и снизу (видового) — первый сразу же оказался и генетическим, и структурным.

Выделение основных типов горных пород не в полной мере свободно от гипотетичности, но тем не менее последняя не столь велика по сравнению, например, с установлением геотектонических или палеогеографических систем.

Эмпирические данные позволяют разделить все наблюдаемые горные породы на две группы: 1) *интегрированные плутонические породы*, образовавшиеся в результате отвердевания более или менее гомогенизированных расплавов и растворов, т. е. магматические (изверженные) и ультраметаморфизованные породы, и 2) *деинтегрированные неплутонические породы*, образовавшиеся при разрушении (и часто также переотложении) интегрированных пород и в результате хемогенно-биологических процессов, т. е. осадочные (часто метаморфизованные, но не в полной мере) породы. Генетический и структурный подходы выступают здесь совместно. В большинстве случаев сама структура горной породы, например интегрированная, устанавливает предшествующее ее состояние в качестве расплава или горячего раствора, что служит критерием отнесения ее к первой группе, куда естественно входят также гидротермалиты, а также те метаморфические породы, первичный тип которых не установлен.

Что касается видовой систематики (пути снизу), то Ф. Ю. Левинсон-Лессинг встал на позицию признания минеральных парагенетических ассоциаций в качестве основы видовой определенности горных пород. Для изверженных горных пород он предполагал возможность полифилетического происхождения. Им подчеркивалось, что горные породы носят двойственный характер: «с одной стороны — это минеральные агрегаты (виды), с другой — это геологические тела (системы), из которых построена земная кора. Если бы можно было сравнить земную кору по сложности ее строения и состава с некоторым сложным организмом, можно было бы сказать, что горные породы — это ткани, из которых построен наш организм, а минералы, слагающие его клетки. В связи с этим двойственным характером горных пород учение о них, т. е. петрография, занимает промежуточное положение между геологией и минералогией и является связующим звеном между ними» (Левинсон-Лессинг, 1955, т. IV, стр. 23—24). А. Н. Заварицкий (1955) считал, что горные породы в отличие от организмов не имеют филогенетических связей, а в отличие от минералов не являются однородными и поэтому возникают особые сложности при установлении петрографического вида. Ф. Тернер и Дж. Ферхуген (1961) подчеркивают, что установление видов и систематики горных пород является задачей, аналогичной той, которая решена зоологами в их генетической классификации царства животных, основанной на морфологических характеристиках.

Несмотря на слабую разработку понятия о петрографическом виде, виды горных пород все же эмпирически выделяются, диагностируясь прежде всего на структурно-вещественной основе, т. е. путем установления парагенезов минералов. Рассматривая горные породы как системы, нельзя базироваться, например, только на их химическом или минералогическом составе, так как в таких случаях отсутствует структурный аспект. Нижние таксоны в системе горных пород — виды пород и их семейства — устанавливаются индуктивным путем. Петрохимические и геохимические классификации горных пород имеют специальное или вспомогательное значение и не могут служить основой их систематики.

Ф. Ю. Левинсон-Лессинг поставил проблему парагенетических ассоциаций горных пород — формаций: «...в петрографии систематическое изучение горных пород ставит вопрос о причине их многообразия, и естественные сообщества горных пород возбуждают, в дополнение к этому, вопрос о причинах тех или иных сочетаний горных пород и об их генетическом взаимодействии. Таким путем, наряду с описательной петрографией возникает учение о петрографических формациях и о петрографических провинциях...» (т. IV, Левинсон-Лессинг, 1955, стр. 22). Он проводил аналогию между таким исследованием горных пород и экологическим изучением биоценозов. Изучение «геоценозов» представляет собой уже формационный анализ в петрографии и литологии, который, в свою очередь, позволяет уточнить и развить естественную петрографическую систематику, расшифровывая, в частности, ее генетическое содержание. Но все же проблема корреляции между видами горных пород и их парагенезами остается плохо сформулированной и по существу открытой. Лишь ее решение позволит завершить построение естественной систематики горных пород.

В последующем изложении целесообразно прервать восхождение по лестнице геологической организации и попытаться спуститься вниз от наиболее крупных ее объектов — оболочек.

Высшие геологические уровни. Оболочки

Ниже предлагается предварительная попытка упорядочить представления о главных системах геологической организации путем установления их субординации, а также пространственных и временных границ.

Главными элементами тела Земли являются ее геосферы (геооболочки), которые характеризуются космической, физической, химической, отчасти геологической и биологической организацией. Естественная систематика геооболочек обуславливается типами организации и взаимодействием соответствующих процессов. Геологическая организация проявляется в определенной области планеты, условно именуемой здесь *геологической оболочкой*, которой соответствует геологическое пространство. Геологическая оболоч-

ка заведомо уже физического пространства земли, так как геологические процессы — минералообразование (элементарный из них), порообразование, формациеобразующие явления, седиментация, магматизм, тектогенез и др. — не имеют места в верхней поносфере и внешних физических полях планеты. Это не значит, конечно, что геологические процессы не связаны с физическими полями.

Итак, вверх геологическая оболочка, в принятом понимании, распространяется по крайней мере до нижней поносферы (включая атмосферу, поскольку воздух в таксономии природных объектов эквивалентен горной породе). Нижняя граница геологической оболочки неизвестна, хотя вполне вероятно, что ее нет, если в ядре Земли находятся твердые, жидкие или газообразные минералы. Но там может быть плазма — уже не минеральное вещество.

Рассматриваемую оболочку и по существу и этимологически правильней называть сферой, что, однако, создает неудобную тавтологию с родовым понятием о геосфере. Временные границы геологической оболочки (ее «длние», по В. И. Вернадскому) определяют максимальную единицу геологического времени, которая приближается к длению Земли, принимаемому сейчас в шкале физического атомного времени около 5 млрд. лет. Возраст Земли может служить также одной из наиболее крупных единиц космического гравитационного времени, которая, вероятно, непосредственно субординирована длению Галактики (порядка 10 млрд лет).

Итак, геологическая оболочка как сложная система является естественным телом, неадекватным планете Земля в целом. Наиболее активно геологические процессы проявляются при взаимодействии земной коры, гидросферы, атмосферы и биосферы, а также более глубоинных (в значительной мере гипотетических) оболочек; в этих взаимодействиях в какой-то мере участвуют внешние физические оболочки и космические процессы. В геологической оболочке, которая является по существу элементом Земли первого порядка (геосферой), вещество организовано на уровнях минералов (и живого вещества), горных пород (и других минеральных ассоциаций), геологических формаций (и других ассоциаций горных пород, а также эквивалентных им ландшафтных подразделений и т. п.) и более крупных регионально-этажных тел.

В геологической оболочке выделяются ее естественные подразделения — оболочки более высокого порядка: 1) *экзогеосфера* — географическая оболочка, включающая атмосферу, гидросферу (в том числе подземную), зону осадконакопления, почвы, биогеоценозы, всю биосферу (сферу организмов); 2) *эндогеосфера* — консолидированная оболочка (литосфера), безусловно выходящая за пределы земной коры в верхнюю мантию. Граница между корой и мантией достоверно имеет пока лишь геофизический смысл. Верхней подсистемой литосферы является стра-

тисфера. Вероятно, существует таксономическое равноправие последней с географической оболочкой. Подобно тому, как В. И. Вернадский называл, хотя и преувеличенно, «гранитную» оболочку «былыми биосферами», можно считать стратисферу былыми географическими оболочками, а литосферу в целом в какой-то мере былыми и стратисферами, и физико-географическими оболочками.

Названные оболочки, будучи пространственно рядом расположенными, неравнозначны по времени — физический возраст литосферы не менее 4,5 млрд лет (стратисферы в основном 2—2,5 млрд лет), тогда как дление географических процессов современного типа должно быть значительно меньше.

Понятие о *литосфере* (каменной или «горно-породной» оболочке) не тождественно понятию о *земной коре*, которая ограничивается снизу геофизической границей. Литосфера включает не только геофизическую «кору», но, по всей вероятности, и геофизическую «мантию» и, возможно, «ядро». Подсистемами литосферы являются стратисфера, гранитно-метаморфический и «базальтовый» слои, а также более глубинные слои. Именно гранитно-метаморфический слой в значительной мере оказывается продуктом переработки стратисферы, точнее первичного осадочно-вулканогенного слоя (былыми стратисферами). Взаимодействие гранитного слоя с базальтовым объясняется пока лишь гипотетически. Верхняя граница последнего на материках (метабазальтовый или ультраметаморфический слой) с большой степенью достоверности проходит внутри архейских образований, а может быть, заходит и в протерозой. Для океанов она, вероятно, расположена в значительно более молодых образованиях. Дление каждой из трех оболочек представляется соизмеримым, превышая 2,5 млрд лет. Подразделение древнейших геологических образований, по данным изотопного датирования (рубежи 2,8—2,7; 2,0—1,8 и 1,1—1,0 млрд лет), очень грубо увязывается с пространственными и временными границами оболочек. Более точное установление временных границ должно приблизить к установлению генетической субординации названных оболочек, возраст которых в разных блоках различен. Здесь же надо упомянуть о *тектоносфере* (сфере тектонических систем), охватывающей земную кору и верхнюю мантию.

Оболочечная симметрия геологической оболочки нарушается во всех ее подсистемах дисимметрией распределения наиболее крупных региональных подсистем (суперкомплексов) — *океанических и континентальных* (и промежуточных) областей, которым соответствуют специфические по составу и строению типы земной коры с разным набором оболочек высоких порядков. В стратисфере океанические и промежуточные области слагаются осадочно-вулканическим слоем (над «базальтовым слоем»), а континентальные — осадочным чехлом древних платформ (над фундаментом сложного состава и генезиса). В современной струк-

туре литосферы граница континентов и океанов проводится по подошве континентального склона, а в физико-географической оболочке — по береговым линиям. Как показывает историческая геология, подразделение на океанические и континентальные области наметилось не менее 1,5 млрд лет назад, хотя время жизни отдельных частей океанов и материков может быть меньшим, до первых сотен миллионов лет.

Геотектонические системы. Формации

Крупнейшие региональные системы — *тектонокомплексы* первого порядка (суперкомплексы) — в пространственно-временном смысле соизмеримы с оболочками. Составляя также подсистемы литосферы, *суперкомплексы* расчленяются на ряд субординированных уровней. Если для обособления геоболочек первостепенное значение имеет горизонтальное расслоение Земли, то для геотектонических систем — вертикальная дифференциация (по разрезу) как бы накладывается на расчленение по площади. Можно говорить о принципиально различных уровнях организации геологических объектов — геоболочках и тктонокомплексах, которые пространственно не адекватны.

Регионально-этажными системами второго порядка, как ископаемыми, так и современными, являются 1) *геосинклинальные* (и орогенные) пояса и 2) *платформенные* области (кратогены). Геосинклинальные пояса и платформенные области образуют структурно-вещественные *мегакомплексы* в литосфере, в том числе в стратиффере, которые находят отражение и в географической оболочке. Формированию геосинклинальных мегакомплексов отвечают тектонико-магматические мегациклы продолжительностью порядка 800—900 млн. лет. В пределах мегацикла тектоногенез полициклический, но в частном случае может быть моноциклическим. Мегакомплексы в пространственно-временном смысле соизмеримы наиболее крупным стратиграфическим подразделениям — подгруппам в допалеозойских образованиях и надгруппе фанерозоя. Продолжительность мегацикла сравнима со всей детально разработанной биостратиграфической шкалой.

Менее отчетливо выражена самостоятельность более глубокого уровня, составляемого геотектоническими системами третьего порядка — *макрокомплексами*, которые прослеживаются на всю доступную наблюдениям глубину литосферы. К ним относятся подсистемы геосинклинальных (складчатых) областей: конкретные геосинклинальные системы и срединные массивы, превращающиеся в своем развитии в мегантиклинории и в межгорные и передовые (краевые) прогибы. Подсистемами-макрокомплексами современных геосинклинальных поясов могут являться островные дуги с глубоководными впадинами, внутренние моря с горными обрамлениями, переходные зоны между материками и океанами. Подсистемами-макрокомплексами платформенных областей выступают антеклизы (и щиты) и синеклизы.

Дление макрокомплексов и соответствующих им тектоно-магматических макроциклов измеряется примерно в 400—500 млн лет. Эти системы трудно сопоставить с какими-либо стратиграфическими подразделениями, что делает их временные границы еще менее четко выраженными. Возможно, что в пространственно-временном и генетическом отношении нет резкого различия между объектами уровней мега- и макрокомплексов. Последний уровень имеет промежуточный характер. Все же именно развитие макрокомплексов, по всей вероятности, служит основанием для выделения тектонических эр. Рассмотрение уровня макрокомплексов представляет особый интерес потому, что позволяет выяснить общую направленность геосинклинального развития в пределах мегацикла, в котором могут быть выделены геосинклинальные макроциклы — начальный (может охватывать несколько циклов), главный (один, реже два цикла), остаточный (обычно один цикл).

Подсистемами мегакомплексов и макрокомплексов являются *структурные комплексы* условно выделяемого четвертого порядка, отвечающие частным геосинклинальным прогибам (эвгеосинклиналям, миеосинклиналям) и геоантиклиналям (соответственно синклиориям и антиклиориям), сводам и впадинам, валам и депрессиям в пределах антеклиз и синеклиз, а также авлакогенам. Эти системы слагаются сериями формаций, образующих вертикальные и горизонтальные ряды. Наиболее специфично рассматриваемые системы выражены в стратисфере, причем дифференциация охватывает и гранитно-метаморфический слой. Они могут быть соизмеримы со стратиграфическими группами и подгруппами (комплексами), выделяемыми для фанерозоя. Дление рассматриваемых комплексов определяет тектоно-магматические циклы, продолжительность которых близка к 180—240 млн лет. Это может оказаться близким галактическому году, который длится около 225 млн лет, причем дление каждого такого года может быть различным.

Рассмотренные выше структурно-формационные зоны расчленяются в вертикальном разрезе на подсистемы более высокого (пятого) порядка, так называемые *структурные этажи*, выделяющиеся в строении зон геосинклиналей, геоантиклиналей, прогибов разного типа, срединных массивов, осадочных чехлов платформ. Этажи слагаются, как правило, звеньями формационных (преимущественно горизонтальных) рядов или могут быть выполнены одной сложной геологической формацией. Они образуют лито- и тектоно-стратиграфические единицы — серии и др. Дление структурных этажей определяет временные границы главных стадий тектоно-магматических циклов (для геосинклиналей начальной, предорогенной, раннеорогенной, собственно орогенной и, возможно, тафрогенной), продолжительность которых 40—80 млн лет.

Структурные ярусы, которые здесь рассматриваются в качестве субординированных этажей, сложены, как правило, геологическими формациями и их подразделениями и могут выделяться как геотектонические системы шестого порядка. Размещение структурных ярусов отражает смену фаз ослабленной тектонической активности (20—40 млн лет) и фаз повышенной тектонической активности (3—15 млн лет). Самостоятельность этого уровня не вполне отчетлива. Тем не менее анализ рассматриваемых его единиц позволяет установить соотношение геолого-тектонического и биостратиграфического времен, поскольку устанавливаются сдвиги границ фаз в вертикальных разрезах коры. Существенны эти комплексы и для понимания изменения интенсивности тектонического развития. В биостратиграфической шкале этому уровню соразмерны отделы и ярусы (серии и свиты), соответственно эпохи и века (один-два века).

Выделенные системы разных порядков не всегда строго субординированы и отдельные звенья этого ряда объектов могут выпадать. Все они объединяются в сложную квазиерархическую систему тектонокомплексов, в пределах которой наблюдаются как прямая иерархия структурных единиц, так и переплетение иерархий.

Качественно иной и более глубокий уровень организации геологической оболочки по сравнению с геотектоническими комплексами образуют *геологические формации*, которые являются компонентами тектонокомплексов, а в географической оболочке, по видимому, им эквивалентны ландшафты.

Формации, строго говоря, не субординированы по отношению к геотектоническим системам, так как одна формация (или чаще однородные формации) могут слагать структурные ярусы и этажи. Но наличие структурных этажей в пределах единой в формационном отношении литологической толщи требует подразделения ее на соответствующее число однородных формаций. Сами формации составляют четко выраженный уровень организации, но их парагенезы образуют сложные горизонтальные и вертикальные ряды и их звенья, которые более или менее субординированы.

При литологическом расчленении формации часто принимаются за стратиграфические подразделения — свиты и др. С этой точки зрения среди осадочных формаций можно выделять не только литостратиграфические, но и палеобиогеоценотические формации, определяющие биостратиграфическое (биогеоценотическое) время. При высокой точности наблюдений часто выявляется пространственно-временная неадекватность ископаемых и современных биогеоценозов геологическим формациям (и ландшафтам).

В качестве компонентов геотектонических систем геологические формации могут фиксировать тектоно-магматические стадии и фазы, причем плутонические и вулканические формации

Таблица 5
Геологическая таксономия

| | Уровни | Естественные |
|--|---|--|
| | Геологиче- ски | Первого порядка (геосфера) |
| Второго порядка | | Литосфера (кора, мантия, ядро?) |
| | | Географическая оболочка (включая биосферу) |
| Третьего порядка | Глубинные оболочки: «Базальтовый слой» Гранитно-метаморфический слой Стратисфера | |
| Геомолеку- лярно | Регионально-этажные системы первого порядка (суперкомплексы) | Континентальный сегмент (материки, моря) } Океанический сегмент (океаны, моря) } |
| | Второго порядка (мега- комплексы) | Тектонокомплексы |
| | | Геосинклинальные, складчатые, орогенные пояса Платформенные области (включая основания и чехлы) |
| | Третьего порядка (макро- комплексы) | Геосинклинальные системы, складчатые и орогенные массивы (мегаантиклинории), срединные массивы (межгорные и краевые прогибы) Фундамент и чехлы платформ, антеклизы (и щиты) и синеклизы (группы формаций) |
| | Четвертого порядка | Эвгеосинклинали, миегеосинклинали, (синклинории), геоантиклинали (антиклинории) Своды и впадины, валы и депрессии, авлакогены (серии формаций с горизонтальными и вертикальными рядами) |
| | Пятого порядка | Тектонические этажи, структурно-формационные зоны (звенья формационных рядов и формаций) |
| Шестого порядка | Тектонические ярусы, структурно-фашиальные зоны (формации и их подразделения) Элементарные структурные единицы (слои, складки и др.) | |
| Ассоциации минеральных масс (и организмов) | Геологические формации (ландшафты) Парагенезы горных пород и других минеральных масс, элементарные породные ассоциации | |
| Минеральные массы | Горные породы, руды, магмы и лавы, почвы, воды и др. | |
| Природные химические соединения | Минералы (и живое вещество) | |

| тела | Время | |
|--|---|---|
| | геологическое | физическое |
| | Максимальная единица геологического времени | >5·10 ⁹ |
| | | >3,5·10 ⁹ |
| Земная кора | Максимальная единица биогеоценоотического времени | >2,5·10 ⁹ |
| Соответственно типы коры | Этапы | >1,5·10 ⁹ |
| Стратокомплексы | Мегациклы | 8—9·10 ⁹ |
| Подгруппы допалеозоя Надгруппа — фанерозой | | |
| Группы | Макроциклы (для геосинклинального развития: начальный, главный, остаточный) | 4—5·10 ⁹ |
| | Биогеоценоотическое время | |
| Группы Подгруппы фанерозоя | Эры | 18—24·10 ⁹ (галактический год 225·10 ⁹) |
| | Эры | |
| Системы (серии и др.) | Периоды | Стадии |
| Отделы Ярусы (серии и свиты) | Эпохи Века | Фазы |
| | | 2—4·10 ⁹ 3—15·10 ⁹ |
| Ярусы (до систем), зоны Свиты, горизонты, пачки, слои, пласты | Века (до периодов), «времена» | Фазы (до стадий) Импульсы |
| | | Минимальные единицы биогеоценоотического и геологического времени |

могут отражать еще более дробную дифференциацию — до тектонических импульсов (продолжительностью 0,1—2 млн лет), а литологические формации — также и географическую (ландшафтную) дифференциацию.

Подсистемами геологических формаций являются тела горных пород и их парагенезов, которые могут быть сложными и многоступенчатыми, образуя градации, литофации и другие нестрого субординированные единицы. Некоторые из этих парагенезов могут рассматриваться как литостратиграфические подразделения, (слои, пачки, пласты). В тектоно-магматической шкале временные интервалы интраформационных парагенезов горных пород и минералов обычно отвечают фазам, импульсам, ритмам высоких порядков, исследование которых подводит к установлению минимальных единиц геологического времени, которые в отдельных случаях коррелируются с космическим и физическим временем (с суточными, сезонными и годовыми ритмами).

Разумеется, что выделение минимальных интервалов геологического времени, например времени образования кристалла, не дает еще оснований для установления универсальной меры геологического времени, подобно тому как минимальный интервал биологического времени, используемый популяционной биологией — дление отдельного организма — не означает фиксированной метрической характеристики. Но выделение подобных минимальных (как и максимальных) интервалов — единиц оказывается необходимым для изучения топологической структуры времени, в частности биологической эволюции или геологической истории. Изложенное выше суммировано в табл. 5.

Общие соображения о геологической организации

Проблема организации природных объектов является по существу проблемой *развития природы*. То знание истории природы, которым мы ныне располагаем, есть результат многовекового исследования организации материального мира. Однако весьма общий и во многом нестрогий характер идей о развитии и истории далеко не полностью удовлетворяет науку, требующую перехода ко все более высоким уровням теоретизации. Для того чтобы сказать принципиально новое о развитии природы, современная наука требует пересмотра проблемы организации в различных ее аспектах, объединяемых системным подходом. Последний вполне правомерно может осуществляться, например, с акцентом на структурном анализе, что не снимает, конечно, требования увязки его с генетическим, историческим и функциональными аспектами исследования систем.

Уровни и другие классы естественных тел устанавливаются в результате эмпирических обобщений. При этом, если вывод о наличии класса объектов иногда интуитивен, то фактическое подтверждение его обычно достигается другими научными сред-

ствами. Дело в том, что объективно существующая видовая организация естественных тел сама по себе способствует восприятию этих объектов нами в качестве целостных образов, а системная совокупность признаков объекта позволяет субъекту (при условии, если он имеет необходимую сумму знаний и способностей) интуитивно устанавливать индивиды, виды и другие классы объектов. Конечно, подобное распознавание образов имеет все же эмпирическое основание, хотя нередко оказывается теоретически трудно объяснимым. Особые же усилия нужны для объяснения образования объектов и уровней их организации.

Последнее обстоятельство требует методологических пояснений и взаимоувязки некоторых понятий, которые трактуются неоднозначно. Организация в природе выявляется в упорядочении ее объектов в виде систем вещей, отношений (в том числе взаимодействий), свойств. Все эти объекты развиваются, т. е. генерируются, изменяются, отмирают и порождают друг друга. При развитии материальных объектов образуются уровни (ступени, узлы, порядки) организации материальных систем. Развитие взаимодействующих материальных систем рассматривается нами как исторический процесс. История в объективном смысле есть сложная совокупность реальных отношений (взаимодействий) вещей; в более узком значении история есть лишь наше описание этих отношений. Материальные вещи (и их материальные отношения и свойства) имеют свою историю, хотя не история (совокупность отношений) порождает вещи, а вещи порождают друг друга (а вместе с тем и историю). Понятие об историческом процессе — отражение объективного взаимодействия вещей. Уровни организации объектов есть и причина и следствие их развития. Но нет развития без взаимодействующих материальных систем, так же как нет динамики отношений без статики вещей. Гносеологический принцип историзма «различает два метода воспроизведения исторических процессов развития объекта: логический метод, с помощью которого развитие объекта воспроизводится в форме теории системы, и исторический метод, с помощью которого развитие объекта воспроизводится в форме истории системы» (Философская энциклопедия, т. 2, 1969, стр. 352). В различных науках в силу особенностей их объектов, а также возможностей и традиций исследования, превалировал тот или другой метод, но общая задача любой науки о развивающихся объектах заключается в соединении двух подходов к *теоретической истории*, понятие о которой стало обсуждаться лишь недавно.

Собственно исторические методы используются геологией в достаточно полной мере, тогда как теоретические методы развиты еще слабо, что затрудняет построение в геологии теоретической истории. В геологии мы пользуемся методом восстановления прошлого на основе понимания настоящего, который получил название ретроспективной экстраполяции (в геологии — актуализ-

ма) или так называемого ретросказания (термин Е. П. Никитина, 1966 и др.). Конечно, полученные тем или иным путем генетические и исторические данные мы всегда используем и при статическом и структурном изучении, ибо нет чистой теории без истории, как и чистой истории без теории. Ведь в конце концов история и теория есть лишь разные аспекты полного описания объекта. Однако в геологии мы часто «прикрываемся» исключительной историчностью своей науки, теряя при этом теоретическое чутье, забывая, например, о необходимости построения различных моделей природных систем — структурно-статических функционально-динамических, структурно-генетических и др. Последовательность в рядах моделей может быть различной, а зависимости от исходных данных, методов и целей исследования (см., например, Шанцер, 1970; Косыгин, 1970; и др.).

Коренные вопросы проблемы организации сводятся к следующему: как происходит переход от одного уровня к другому, почему образуются уровни? Конечно, оба вопроса являются взаимосвязанными, но первый из них акцентирует внимание на структурных и функциональных аспектах системного анализа, а второй на генетических и исторических его сторонах. Наблюдаемая нами организация природы отражает своего рода момент развития. Более того, понятие о развитии, даже если оно теоретически слабо разработано, всегда, в той или иной мере, находится в числе предпосылок рассмотрения других аспектов, в том числе структурных. По первому из названных выше вопросов здесь придется ограничиться лишь некоторыми замечаниями. При этом по возможности не упускается из виду и второй вопрос, ответ на который в целом кажется значительно более сложным. Следующие ниже рассуждения преследуют цель самой общей постановки вопроса, не претендуя на единственность подхода.

Если понимать под организацией естественного тела ту совокупность вещей, отношений и свойств, которые придают ему системную устойчивость и таксономическую определенность, то для каждой организации констатируются специфические сочетания факторов. Эти системообразующие факторы (вещи, отношения, взаимодействия, состояния и т. д.) играют разную относительную роль на каждом уровне. От уровня к уровню варьирует и набор факторов и их иерархия. При этом можно различать разные иерархии, например причинно-следственную (генетическую), энергетическую, структурную и др.

Совокупность факторов определенного уровня организации может содержать в себе возможности для образования объектов более высокого уровня, которые и осуществляются при развитии. Совокупность факторов системообразования для каждого уровня конечна, а тем самым содержит вполне определенные и количественные возможности для повышения организации в процессе взаимодействия объектов. Нужно подчеркнуть, что речь идет о конечном числе не всех свойств данной совокупности объектов, а лишь

о существенных (системообразующих) факторах. Таким образом, организационный процесс, генерируемый определенным уровнем объектов и приводящий к образованию другого уровня, осуществляется конечными предельными порциями, как бы *квантами организации*, которые актуализируют возможность существования следующего более высокого уровня.

Понятие о кванте организации отвечает не развитию вообще, которое осуществляется, конечно, не только долями определенной величины, а лишь переходу от уровня к уровню. Квант организации — это мера такого процесса — «единица процесса», в некотором смысле количественная характеристика перехода к новому качеству. Квантом организации не могут обуславливаться изменения внутри одной системы, или внутриуровневые взаимодействия и превращения, или же межуровневые процессы промежуточного значения.

Итак, квант организации — это совокупность системообразующих факторов, которая вызывает переход от одного уровня объектов к другому уровню и тем самым объясняет развитие иерархии уровней. Этот квант не следует понимать только как имманентную, внутренне присущую «силу» объектов какого-либо уровня организации. Факторы, составляющие квант, являются как внутренними, так и внешними, они обусловлены взаимодействиями как компонентов и элементов систем данного уровня, так и взаимодействиями их с надсистемами и с объектами уровней других линий организации. Понятие о кванте организации, относясь к системам определенного уровня, характеризует, таким образом, существенные взаимодействия не только элементов внутри них, но и их между собой и взаимодействия их с системами других уровней организации.

Полный квант организации содержит конечную совокупность уровнеобразующих факторов, но не всех факторов вообще. Можно говорить и о частных квантах организации (например, структурном, пространственном, временном и т. д.), которые отвечают переходам между уровнями высоких порядков. Хотелось бы надеяться, что установление полного кванта организации должно объяснить общую зависимость между уровнями и их таксономией, тогда как выявление частных квантов окажется достаточным для более узких целей и объяснений. Установление квантов организации, от чего, как представляется, в большинстве случаев мы еще далеки, поможет расшифровать историческую информацию, которая имплицитно содержится в таксономии систем.

Следует обратить внимание на существенно генетическое содержание понятия о кванте организации. Наличие кванта организации «между» объектами разных уровней свидетельствует об их причинно-следственной зависимости. Существует принципиальное различие между двумя типами генезиса объектов. Во-первых, они могут происходить путем простого изменения, включая количественное усложнение организации, которое идет на одном

уровне (например, при химических взаимопревращениях минералов). Во-вторых, они возникают способом возрастания организации при переходе от одного уровня к другому (например, процессы минералообразования, приводящие к сложным рудным концентрациям уже на уровне горных пород). Второй случай существенно отличается от первого тем, что происходит перегруппировка факторов организации, своего рода естественное их «перекодирование». Именно такая перегруппировка характерна для кванта организации и сама по себе является признаком его наличия. Конечно, далеко не всегда существует резкое различие между системообразующими процессами, происходящими в пределах одного уровня, и «уровнегенерирующими» процессами. Поэтому в природе образуются структурные многоступенчатые и побочные уровни высокого порядка, а также интрасистемы. Для каждого класса естественных объектов существуют преобладающие, доминантные факторы, которые входят в квант организации этих объектов.

Данные о геологической таксономии позволяют подчеркнуть некоторые особенности естественной перекодировки системообразующих факторов при переходе от одного уровня к другому.

В самых общих чертах прежде всего можно говорить о *вещественном* доминантном факторе для уровней минералов, горных пород и формаций. Вещественная доминанта — совокупность факторов образования вещественных тел — включает, например, источники вещества, условия их переноса и отложения, а также процессы консолидации и преобразования. При этом сложные геологические системы приобретают черты самоорганизации (кристаллы, осадки, плутоны и т. д.). Вещественная доминанта сохраняет главное значение при перекодировке факторов между уровнями от минералов до формаций. При этом, конечно, организация не исчерпывается только вещественным фактором. При переходе от пород к формациям возрастает роль структурных, в частности, временных факторов, с уменьшением относительной роли вещественной доминанты. Однако последняя, как важнейшая характеристика, сохраняется и в организации формационных рядов. Вещественная доминанта позволяет уверенно анализировать восходящий ряд «минералы — породы — формации», члены которого часто субординированы в форме прямой иерархии. В этой «формационной линии геологических объектов» горные породы являются как бы «более вещественными» ассоциациями, чем геологические формации, которые уже более явно оказываются ассоциациями структурно-вещественными (на первом месте в словосочетании указывается подчиненный фактор). Факторы преобразования и самоорганизации вещества участвуют в формировании и высших геологических уровней, но они, по-видимому, не являются для них уже столь существенными.

При формировании вещественно-структурных объектов уровней геотектонической организации доминантой становятся *струк-*

турные факторы эндогенной природы. Эти факторы включают в себя пространственно-временные взаимодействия вещественных естественных тел, раскрываемые в значительной мере историческими исследованиями, которыми в некоторой мере расшифровываются также внешние воздействия планетарного значения. Но историко-геологический анализ не дал еще возможности понять как и почему образуются геотектонические системы; генезис и развитие их остаются во многом еще не расшифрованными. Несомненно, что в квант организации на этих уровнях особенно активно включается энергетическая компонента, а также специфические историко-динамические факторы планетарного масштаба. Геологические объекты «геотектонической линии» — от структурных ярусов до континентов и океанов — находятся в отношении сложной субординации с объектами формационной линии; при этом последние являются не элементами, а компонентами первых. Формационные и геотектонические объекты нередко координируются друг с другом по принципу пересечения; ряды оказываются неадекватными в пространственно-временных отношениях.

Едва ли не главным эмпирическим обобщением геологии явилось установление «стратиграфической линии» геологических объектов, когда в организации вещественно-структурных ассоциаций доминантой выступают не столько структурные факторы сами по себе, преимущественно в топологическом и энергетическом аспектах, сколько пространственно-временное отношение в наиболее общем историческом его аспекте. Оценка геологической организации с этой точки зрения позволяет вычлнить стратиграфическую линию естественных объектов, причем реставрация ныне не существующих систем, как и анализ исторических систем вообще, приобретают для выявления стратиграфической организации главное значение. Стратиграфические системы (подразделения) остаются еще менее понятными, чем геотектонические, что до сих пор служит основанием для сомнений в их реальности и для взгляда на стратиграфическое расчленение лишь как на средство познания хронологических и исторических связей геологических объектов вообще. Но кембрий или силур — это не только «средства», а реальные исторические системы, существовавшие ранее и отчасти сохранившиеся ныне как естественные тела планетарного масштаба. Стратиграфические объекты являются наиболее интегративными геологическими системами. В квантах их организации концентрируются все существенные геологические факторы разного масштаба. Нелинейные взаимодействия этих факторов вызывают автоколебательные геологические процессы, временная структура которых и рассматривается нами как история. По своей сложности стратиграфическая организация является в геологии высшей.

Существенно подчеркнуть, что в ряду доминант «вещество — структура — время» каждая из доминант имеет различное онтоло-

гическое значение. Субстратом для всех естественных объектов остается «вещная» организация (для геологических систем вещественная), тогда как структурная и временная организация соотносятся с ней как ее отношения и свойства, т. е. по существу как аспекты. Однако из различного онтологического статуса доминант не следует их относительная роль в геологическом исследовании. Так, исследование структурных и пространственных отношений и свойств исторических систем дает нам такую информацию о развитии Земли, которую мы не можем получить, изучая лишь вещество. Более того, выявляя историю мы узнаем о веществе, которого уже сейчас нет.

В геологическом процессе мы сталкиваемся не столько с дивергенцией доминант, как это имеет место, например, в биологическом процессе, сколько с усложнением квантов организации и их взаимодействием. Геологическое видообразование объясняется, таким образом, сложным взаимодействием объектов разных классов и квантов организации разных уровней. При принципиальном различии геологической и биологической генетик все же существует более чем формальное их сходство (см., например, разработки Д. В. Рундквиста, Б. П. Высоцкого и др.). Аналогия между геогенетическим законом развития и биогенетическим законом носит характер структурного изоморфизма, причины которого коренятся в наиболее общих закономерностях организации природы.

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ

«Формации — это крупные геологические естественно-исторические тела; составляющие их виды горных пород являются лишь отдельными звеньями этих тел. Формации — это сообщества горных пород. Следует отметить два обстоятельства: во-первых, формации до сих пор не распознавались и не изучались; во-вторых, формации дают не только метод структурного анализа, но и метод изучения и прогнозов полезных ископаемых. Таким образом, изучение формации является одной из важнейших и актуальных проблем современной геологии». — Н. С. Шатский (1965, т. III, стр. 7).

К СОСТОЯНИЮ УЧЕНИЯ О ФОРМАЦИЯХ**О понятии «геологическая формация»**

В настоящее время лидирующее направление в учении о формациях, идущее от трудов Н. С. Шатского, не столько противопоставляется другим направлениям, сколько дополняется представлениями о различных аспектах формаций — факторах образования, стратиграфическом значении, генезисе в целом.

Н. С. Шатский называет геологическими формациями «естественные комплексы (сообщества, ассоциации) горных пород, отдельные члены которых (породы, пачки пород, свиты, отложения) парагенетически связаны друг с другом как в латеральных направлениях, так и вертикальной стратиграфической последовательности» (Шатский, т. III, 1965, стр. 153). Каждый вид формаций «отличается от другого своим, особым парагенезисом пород, а также составом слагающих его членов (пород, пачек, отложений) и пространственным взаимоотношением между ними» (там же). Последние условия оттеняют структурный смысл понятия. Для наслоенных, преимущественно осадочных, минеральных масс земной коры Н. С. Шатский устанавливает следующий ряд таксономических единиц: горные породы — отложения различных генетических типов — формации — формационные ряды. Следует сразу заметить, что «ряды», как и «ассоциации», сами по себе не являются таксономическими единицами, хотя последние и могут из них состоять. Не является таксономическим и понятие о генетических типах отложений. Фациальная сопряженность членов формаций и самих формаций должна рассматриваться стратиграфически (вслед за А. Гресли). Границы формаций могут иметь различный характер. Главными факторами образования формаций считаются тектонический и как подчи-

ненный климатический. Классификация формаций и их рядов проводится по тектоническому принципу, который признается все же неудовлетворительным, так как часто имеет гипотетический характер. Формационные ряды занимают все пространство того тела, которое образует геосинклиналь или платформу. Устанавливаются формации прежде всего эмпирическим путем.

Определение Н. С. Шатского легло в основу многих исследований. В 50-х годах Н. П. Херасков (1967) углубил представления о внутреннем строении формаций и развил их классификацию по тектоническому признаку, который считается им парагенетическим. Он указывает на спорность выделения метаморфических формаций. Г. Ф. Крашенинников (1962) предложил рассматривать таксономический ряд: горная порода — фация — генетический тип — формация и подчеркнул, что климатический фактор является частью физико-географического. И. В. Хворова (1963) указала на значение исходного вещества как фактора образования формаций и ввела представление об элементарных породных ассоциациях.

Парагенетический принцип, заложенный в основу учения о формациях Н. С. Шатским, подводит к пониманию формаций, как класса системных объектов, относящихся к определенному уровню организации вещества. Продуктивными в учении о формациях оказываются и другие концепции, исходным основанием которых служат либо стратиграфические принципы (М. А. Усов, Л. Л. Халфин, а также многие американские геологи), либо тектонический подход (В. В. Белоусов, В. Е. Хаин), либо географические факторы (Д. В. Наливкин, Н. М. Страхов, Л. Б. Рухин). Гипертрофирование того или иного аспекта явления в приложении к большому фактическому материалу оказывается своего рода мысленным экспериментом, результаты которого имеют объективную ценность.

Особую позицию занимают геологи, которые в основу изучения формаций кладут генетические признаки как исходные. Неудовлетворительность такого подхода в учении о формациях была показана Н. С. Шатским и его последователями. Действительно, как определять и изучать с определенных генетических позиций, например, аспидную или флишевую формации, условия образования которых (либо континентальные, либо морские) даже сторонниками генетического направления толкуются диаметрально противоположно? Если в основу определения формации класть генетический принцип, то положение подобных формаций в естественной систематике оказывается неопределенным.

Для уменьшения существующей сейчас многозначности термина «формация», которым иногда обозначаются и парагенезы горных пород и парагенезы парагенезов, первые из них было предложено называть «парагенерациями», а вторые, вслед за Н. Б. Васюковичем, «геогенерациями» (Драгунов, 1966). В нашей литературе широко распространилось деление понятия «формация»

на два класса — абстрактный и конкретный, причем предлагаются различные термины для их обозначения (например, «формация» и «комплекс», «парагенолит» и «парагенерация»). Такое терминообразование не имеет логического смысла, так как формация как вещь всегда конкретна, а понятие о ней всегда выражает нечто общее, родовую или видовую определенность вещи и, стало быть, всегда абстрактно. Следует подчеркнуть, что в сравнительно развитых учениях о минералах и горных породах такое терминологическое различие отсутствует. Распространение его в учении о формациях объясняется, по-видимому, общей незрелостью этого учения и недостаточным пониманием сущности формаций. Подобная двойная терминология затрудняет разработку систематики формаций. Сказанное, конечно, не является отрицанием проблемы выделения индивидов, видов и других классов формаций.

Формации кристаллических пород

Обобщение Ю. А. Кузнецова (1964), развившего концепцию Н. С. Шатского в применении к магматическим формациям, в отношении систематики последних опередило изучение осадочных формаций. Термин «парагенезис» им трактуется не только как сонахождение, но и как происхождение. Поскольку магматические формации, в отличие от осадочных, редко слагают единое тело и представлены обычно серией тел, то весьма сложными оказываются пространственные взаимоотношения последних, особенно принадлежащих к разным формациям, причем из характеристики отношений магматических и осадочных формаций явно выступает их пространственная неадекватность. Если построения Ю. А. Кузнецова и ряда других геологов усложняются рассуждениями о «конкретных» и «абстрактных» формациях, то избавившись от подобного логического дуализма, следующий шаг в проблеме магматических формаций делает Р. Иванов (1968, 1969). Излишнюю осторожность, по-видимому, проявляет Г. Д. Афанасьев, оперирующий понятием «конкретная» формация и считающий преждевременным выделение их видов (Афанасьев и др., 1968; и др.).

Принципы регионального анализа кристаллических пород, используемые при региональных исследованиях, не однозначны. Коллектив ВСЕГЕИ составил карты магматических формаций различных регионов и СССР в целом. При выделении формаций главными критериями приняты парагенезис горных пород и общие особенности минерального состава, петрохимии и металлогении, а также связь с тектоническими структурами и стадиями развития. Но последний гипотетический момент оказывается важнейшим и служит основой классификации формаций, рассматриваемых в рамках канонизированных схем геотектонических циклов. Коллективом составителей карты магматических форма-

ции СССР предлагается определение магматической формации как естественной комагматической ассоциации изверженных горных пород и их производных, закономерно проявляющейся в определенной геологической обстановке в ходе развития разновозрастных, но однотипных геотектонических элементов земной коры. Указание на комагматичность подчеркивает генетический характер определения. Тем самым исключается более широкое представление о парагенетических (в том числе генетических) отношениях различных минеральных масс, которые являются членами формаций. Это уже отказ от представления о формациях как естественных телах (или сериях тел), компоненты которых могут иметь различное происхождение. Рассматривая же магматические формации как частный случай геологических формаций с парагенетических позиций можно выделять и смешанные, например, вулканоплутонические и осадочно-вулканические формации. Понятие о комагматических или генетических сериях и рядах изверженных горных пород не является однозначным понятием о геологических формациях. Да и содержание рассматриваемой карты показывает, что само выделение, типизация и картографирование формаций практически не вытекали из генетического определения основного понятия и основывались главным образом на установлении парагенезов пород. Другой вопрос связан с тем, что однотипные разновозрастные формации имеют больше сходства, чем различия. Но сразу возникают сомнения, правильно ли на этом основании жестко определять положение формации в пределах тектонического цикла, исключая тем самым возможность конвергенции. О подобном прокрустовом ложе уже много говорилось.

Общие принципы формационного анализа определяют отношение к классу метаморфических формаций. Так, сведение формационного анализа к установлению пространственных закономерностей, по-видимому, не следует провозглашать главной и конечной его целью, поскольку отказ от временного фактора при выделении формаций характеризует лишь сегодняшние ограниченные возможности. Каждое естественное тело имеет не пространственные или временные, а пространственные и временные границы; другое дело, что мы не всегда можем фиксировать обе вместе. При наблюдении метаморфических формаций можно не наблюдать пространственных, но выделять временные границы (часто весьма постепенные). В одном и том же объеме на разных отрезках геологического времени могут быть разные формации; придерживаясь противоположной точки зрения приходится отказываться от метаморфических формаций, как это делает, например, Ю. Ир. Половинкина (Геологические формации, 1968).

Понятие «*формация*» многими геологами определяется через понятие «*фация*», которое толкуется противоречиво, но чаще в генетическом смысле. Л. Б. Рухин (1969) называл *формацию* генетической совокупностью *фаций*. В. В. Белоусов (1962) характеризует осадочную *формацию* как комплекс *фаций*, соответствующий определенной стадии геотектонического цикла. Д. В. Наливкин (1956) называет *формацией* «крупнейшие составные части земной поверхности» и выделяет среди них континентальную, лагунную и морскую *формации*, причем между ними и *фациями* выделяет промежуточные таксономические подразделения — *нимии* и *сервии*. Н. М. Страхов, рассматривая осадочную *формацию* как ландшафтно-тектоническое сообщество пород, полагает, что «однопородных и монофациальных *формаций* не существует и существовать не может» (Страхов, т. I, 1962, стр. 89). Последнее утверждение справедливо лишь в том смысле, что абсолютно чистого вещества не бывает. Тем не менее геологическая *формация* может практически состоять из одной породы и даже быть мономинеральной (но не монокристалльной); пример: третично-меловая известняковая *формация* Багамских островов, мощностью более 4000 м.

Прилагаемое сейчас к различным геологическим образованиям понятие о *фациях* возникло в применении к слабо измененным осадочным отложениям и именно в этой области всесторонне обсуждалось. Классическая «чистая линия» представления о *фациях* идет от А. Грессли к работам Н. С. Шатского, а также М. С. Швецова, Р. Мура, К. Данбара и Дж. Роджерса и др. Согласно этим представлениям, *фациями* являются отличные друг от друга вещественные разновозрастные геологические образования; в этом смысле понятие «*фация*» характеризует пространственные изменения одноранговых объектов. Рассмотрение же *фации* вне разновозрастности превращало бы их в таксономические единицы. Можно говорить о *фациях* различных разновозрастных горных пород, генетических типов отложений, *формаций*, *формационных рядов*. Можно выделять *фации* в пределах отдельных стратиграфических подразделений, интрузии, *формаций*, *формационных рядов*. В таком смысле можно также рассматривать *фации* минеральных ассоциаций и, по-видимому, также геохимические *фации*, но в последнем случае только прилагая их к ассоциациям элементов (например, рассеянных). Закономерно установление палеобиологических *фаций* применительно к сравниваемым танатоценозам.

Важно подчеркнуть, что *фации* разновозрастных образований не могут рассматриваться только в хроностратиграфических границах (изохронах) и поэтому стратиграфическое понимание *фации* имеет значительно более широкий смысл. Любое геологическое тело (пласт, плутон, *формация* и др.) в том или ином при-

ближении может рассматриваться как разновозрастное образование. В пределах его могут выделяться фации, независимо от их положения в нем. Фациями могут быть компоненты сложного тела, например многофазового плутона, или же части постепенного изменяющегося по свойствам простого тела, например, однофазового дифференцированного плутона, или «градации» в осадочных формациях, по И. В. Хворовой.

Поскольку фация, как облик («лицо») геологического тела или его части, зависит от условий его становления, преобразования и сохранения, то закономерно понятие о *фациальных условиях*, но лишь применительно к разновозрастным и одноранговым образованиям, так как иначе слово «фациальные» излишне. Так как фациальные условия устанавливаются по определенным признакам, присущим вещественным геологическим образованиям, то логично говорить об их *фациальных особенностях* (признаках).

Приведенная характеристика понятия о фациях более универсальна, чем сформулированная Н. С. Шатским, и применима также к магматическим образованиям, что представляется полезным для решения проблемы эволюции магматизма и, в частности, вопросов комагматичности и образования вулканоплутонических ассоциаций. Многими исследователями понятие фация употребляется в палеогеографическом смысле, другими же — в сугубо литологическом (подменяя понятие о горной породе). В тех и других случаях термин фация, как показал Н. С. Шатский, становится излишним.

В большинстве случаев при собственно фациальном анализе стремятся выяснить, как подчеркивает В. И. Попов (1959), сингенетические фации, соответствующие времени становления геологического тела. Поэтому им предлагается понятие — *фазовые фации*, характеризующее тела (и их части) на разных стадиях (фазах) их изменения (литификации, гипергенеза, метаморфизма).

Наконец, необходимо коснуться понятия о *генетических типах отложений* (литолого-генетических комплексах), которые, по Н. С. Шатскому, в противоположность фации, относятся к таксономической единице наслоенных минеральных масс. Они трактуется им как сообщества, занимающие промежуточное место между горными породами и формациями, однако принципиальное отличие их от тех и других четко не определяется. Указывается лишь, что они являются «отложениями различного типа и происхождения», «систематика которых отражает географические условия или ландшафты минувших геологических периодов» (Шатский, т. III, 1965, стр. 154). В отличие от формаций тектонический фактор не ложится в основу их выделения. Понятие о «генетическом типе», введенное А. П. Павловым, подробно рассмотрено позднее Г. Ф. Крашенинниковым (1962), который считает генетический тип таксономической единицей, промежуточной

между фацией и формацией. Причем, если им для фации предусматривается обязательное отличие ее от одновозрастных отложений, то для генетического типа, понимаемого как комплекс генетически связанных фаций, такое условие не предусматривается. По-видимому, понятие о генетическом типе логично применять лишь к ассоциациям горных пород, происхождение которых установлено, а таксономическая роль может быть различна. Представление о генетических типах отложений развивается ныне в виде самостоятельного учения (Шанцер, 1966).

Из изложенного следует, что такие разнородные геологические понятия, как «фация», «генетический тип отложений», подобно «стратиграфическому подразделению», не являются непосредственно определяющими понятие «геологическая формация» и связаны с ним косвенно.

Формации и стратиграфические подразделения

Вопрос о взаимоотношении стратиграфических подразделений и геологических формаций как ассоциаций горных пород и их сочетаний остается однозначно нерешенным.

На протяжении длительного времени формации отождествлялись или в той или иной мере связывались со стратиграфическими подразделениями. После открытия закона о последовательности напластования (Н. Стенон) уже в XVIII в. возникло представление о литолого-петрографических единицах, образование которых происходило в определенных условиях и в определенный отрезок времени. Это представление было гипертрофировано А. Вернером до признания обязательной разновозрастности отложений различного состава, названных им формациями. Так, формации были признаны хроностратиграфическими подразделениями; последствия этой ошибки не полностью изжиты до наших дней. После установления В. Смитом на рубеже XVIII и XIX в. возможности стратиграфической корреляции на палеонтологической основе наименование «формация» укрепилось за крупными стратиграфическими подразделениями, для которых предполагалась общность происхождения, состава ископаемых организмов и времени (А. Гумбольдт, Ч. Лайель, Э. Зюсс и многие другие). Эти несколько расплывчатые представления стали конкретизироваться и расчленяться после установления в середине XIX в. понятия о фациях (А. Грессли), которое по существу дало возможность рассматривать формации вне хроностратиграфии, что было признано целесообразным лишь в конце прошлого века Международным геологическим конгрессом.

Если рассматривать стратиграфию как науку о соотношении слоев (или о первичной структуре стратисферы), то многие осадочные и некоторые магматические формации находят в ней определенное место, так как сами часто являются слоями или их сочетаниями. Эти формации могут рассматриваться как *лито-*

стратиграфические единицы. Такая точка зрения принята многими американскими, а также — с теми или иными оттенками — некоторыми отечественными геологами (М. А. Усов, Л. Л. Халфин, Т. П. Леонов, Ю. А. Косыгин). Правильное представление о распространенном совпадении формаций со стратиграфическими единицами часто приводит к ошибочному отождествлению тех и других, что особенно недопустимо в тех случаях, когда стратиграфическому подразделению предъявляется требование обязательной изохронности (в физическом времени). Показателен в этом отношении пример порочного логического круга, когда свиты рекомендуются выделять по признакам, являющимся по существу формационными, но наряду с этим ставится недостижимое для них требование быть хроностратиграфическими подразделениями. То же касается и других стратиграфических подразделений, когда их предлагается выделять по совокупности всех признаков (практически прежде всего палеонтологических). В такой установке нетрудно увидеть не только повторение заблуждения А. Вернера, но также искажение и фетишизацию плодотворного биостратиграфического принципа. Определенную роль здесь сыграла формулировка о «единстве среды и организма», толкование которой в последнее время часто приобретало абсурдный смысл. В связи с этим необходимо уточнить доминирующее у нас представление о единстве и пространственном совпадении хроно-, лито- и биостратиграфических единиц.

Границы биосферы (т. е. в узком смысле сферы организмов), пространство которой может рассматриваться как одно из состояний биологического пространства, не совпадают с границами других геосфер. В принципе биологические тела пространственно неадекватны геологическим телам. Организм находится в сложных и противоречивых отношениях со средой и отнюдь не составляет и их сообществ (например, биоценозы, биозоны, биофации) в биостратиграфии. В общем случае, если какой-либо биологический вид прогрессирует, то он обычно стремится расширить рамки своего обитания и наоборот, если регрессирует, то сужает их. Поэтому ареалы и местообитания живых и ископаемых организмов и их сообществ (например, биоценозы, биозоны, биофации) в общем случае пространственно наравнозначны тем или иным объектам среды (например, ландшафтам, литофациям, формациям). Поэтому биостратиграфические подразделения не обязательно должны совпадать с литостратиграфическими подразделениями. Следует заметить также, что границы тех или других неадекватны изохронам физического времени.

Можно полагать, что взаимоотношения между стратиграфическими подразделениями и осадочными формациями сводятся к следующему.

1. Латеральные ограничения формаций происходят путем выклинивания или имеют фациальный характер и являются асинхронными.

2. Вертикальные ограничения формаций очень часто совпадают с границами литологических слоев и в этом смысле могут быть стратиграфическими (точнее литостратиграфическими). Но такие границы всегда являются диахронными, т. е. при высокой точности наблюдений скользящими во времени (более — в терригенных породах, менее — в хемогенных осадках). Несогласие может рассматриваться как односторонняя стратиграфическая граница (также диахронная). Хронеостратиграфические границы (изохроны физического времени) являются условностью, допустимой и полезной в пределах определенной степени точности исследования.

3. Пространство, занимаемое формацией или литостратиграфическим подразделением, может быть неадекватно пространству, занимаемому биостратиграфическим подразделением, границы которого в общем случае также диахронны. Совпадение литостратиграфических границ, как и вообще границ геологических тел, с биостратиграфическими границами частое, но не обязательное явление.

Несомненно, что выделение биостратиграфических подразделений продолжает оставаться основой установления условных (в пределах точности палеонтологического критерия) хронеостратиграфических единиц. Вопрос о степени соответствия в различных случаях литологических и биостратиграфических подразделений нуждается в дальнейшей разработке: «...общее количество изменений органической жизни, обнаруживаемое ископаемыми, погребенными в последовательных формациях, неодинаково. С этой точки зрения каждая формация не представляет собой нового и полного акта творения, но лишь случайную сцену, выхваченную почти наудачу из медленно и непрерывно развивающейся драмы» (Дарвин, 1939, стр. 541).

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ КАК ЕСТЕСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ

Новые направления в учении о формациях

Проблема геологических формаций разворачивается сейчас в ряд новых проблем, постановка и решение которых диктуется необходимостью создания теоретических систем в геологии.

Представляется, что в геологии еще недостаточно понята сущность формаций как закономерно организованных, имеющих видовую и родовую определенность естественных тел. Несмотря на осознание большинством геологов того факта, что формации являются целостными природными объектами, в некоторых концепциях о них наблюдается своего рода «потеря объекта». Так, иногда говорят об иерархии формаций или о том, что они могут быть многоступенчато вложенными друг в друга. В действительности же речь может идти об иерархии парагенезов пород,

а также об иерархии понятий в систематике. Нередко к формациям относятся тела различных классов и уровней, что характерно для формализованных схем, в которых геологическая формация является лишь частным случаем ассоциаций геологических тел любых порядков в любых формализованных геологических пространствах.

Крайняя позиция занята Ю. А. Вороным и Э. А. Егановым, которые, предлагая свою формализованную схему, по существу отрицают наличие в природе естественных геологических тел: «Естественных вариантов группирования любых тел в формации «независимых» от целей исследования и обладающих универсальностью не существует» (Второе Сибирское совещание..., 1967, стр. 24). Можно было бы подумать, что речь идет лишь об определенных формальных условиях, а не о научных предпосылках исследования, если бы не последующее утверждение о других геологических объектах крупнее минерала: «никаких «естественных» способов выделения таких элементарных таксонов также не существует. Все зависит от экономической эффективности именно выбранного таксона для определения целей исследования». И позднее: «...учение о формациях опирается на гипотезу о существовании «естественного» и универсального способа выделения формаций. «Естественного» в том смысле, что способ выделения формаций не зависит от возможностей и устремлений исследователя, в частности, от тех экспериментальных средств, которыми исследователь пользуется. Универсального — в том смысле, что способ выделения формаций не зависит от целевых установок исследователя. ...Единственная возможность действительного совершенствования учения о формациях и формационного анализа заключается в отказе от гипотезы о существовании универсального «естественного» формационного расчленения земной коры, о «единой естественной» классификации формаций и в применении формальных требований» (Геологические формации, 1968, стр. 39). Если согласиться с приведенными утверждениями, то остается признать нереальность объектов геологии. Подобная формализация, как говорится, выплескивает с водой ребенка.

В учении о геологических формациях происходит и то, что можно назвать «потерей понятия». Сложность эволюции представлений о формациях привела к предложениям переименовать объект (назвав его, например, геогенерацией) и отказаться от дефиниции термина «формация». Такой подход мало оправдан в силу исторической преемственной понятий и терминов, соображений экономии и простоты научного знания, необоснованности замены термина в связи с изменением его содержания или разноречием в понимании.

Учение о формациях, развивающееся в системе традиционных понятий, в теоретическом отношении на определенном этапе исчерпывает себя. Нужно попытаться перейти к рассмотрению формаций в более общей системе естественнонаучных понятий,

включая, конечно, и пересмотренные традиционные понятия. В частности, системное исследование геологических формаций позволит объединить изучение их вещественного состава, структуры и генезиса. При этом следует уделять все большее внимание понятию «системности», не ограничиваясь лишь аспектом «структурности», а также необходимо разрабатывать не только внутрисистемные критерии формаций (по их элементам), но и межсистемные критерии путем установления взаимодействий формаций. Представляется, что в направлении разрешения этих проблем могут быть полезны нижеследующие соображения.

Иерархическая проблема — внутренний и внешний аспекты

Кардинальной проблемой учения о формациях остается иерархическая субординация геологических тел, при исследовании которой нужно учитывать, что помимо основной линии иерархического ряда классов объектов, по всей вероятности, имеются побочные его ответвления.

Главная сторона проблемы относится к внутреннему звену иерархии «формация — горная порода» и сливается с проблемой «вещество — структура» формаций. Последние могут состоять как из одной (даже мономинеральной) горной породы, так и из сложнейших их ассоциаций и давно возникший вопрос о наличии промежуточных классов тел (одного, двух или более) и степени их самостоятельности не решен. Трудно признать правильной точку зрения Н. С. Шатского и Г. Ф. Крашенинникова о генетических типах отложений как промежуточных таксономических единицах, так как она противоречит исходным принципам выделения формаций.

Элементами формаций являются главным образом тела горных пород и их сочетаний, причем ими могут быть также тела руд, осадков, битумов и др. Формации могут состоять как из одной, даже мономинеральной массы, так и из сложнейших их парагенезов, причем весьма обычно участие в них *интрасистем*, т. е. внутренних систем, которые состоят из элементов основной системы и наряду с другими элементами являются частями этой основной системы. Вопрос о степени самостоятельности этих интрасистем далеко не решен. В качестве промежуточных подсистем формаций различными исследователями выдвигались различные виды парагенезов пород: элементарные породные ассоциации, парагенерации, градации, генетические комплексы, фации и литофации, литотопы и литокомплексы (соответственно петротопы и петрокомплексы) и др. Однако веских доказательств отнесения каких-либо из этих образований к самостоятельному уровню организации вещества не имеется, хотя они и образуют внутренние структурные уровни.

Геологическая формация может рассматриваться как целостная система, элементы которой (горные породы и их сочетания) находятся в парагенетических (в том числе генетических) отношениях и связях, как и сами формации между собой. Примерами генетической связи элементов формаций могут служить субвулканические и вулканические породы в вулканогенной формации; генетических отношений — плутонические и вулканические породы в вулcano-плутонической ассоциации; парагенетической связи — различные осадочные породы в одной осадочной формации; парагенетических отношений — вулканические и осадочные породы в осадочно-вулканической формации; незакономерных отношений — некоторые плутонические породы (не входящие в состав осадочных пород) в теле осадочной формации.

Структурный аспект исследования формаций и их рядов, наряду с изучением характера отношений в парагенетических сочетаниях, включает вопросы упорядоченности вещественных единиц и симметрии и диссимметрии формаций и их рядов, о чем писал еще Н. С. Шатский в связи с автохтонными и аллохтонными формациями. Структурно-вещественная однородность тела формации является лишь частным случаем и, по-видимому, более характерны направленные или колеблющиеся изменения свойств. Заслуживает внимания изучение слоистых и концентрических структур в формациях.

Развивая новые концепции, важно не утратить сущность определения Н. С. Шатского, заключающуюся в том, что элементами формаций являются как тела горных пород, так и тела их сочетаний. При этом, если элементами формации являются сочетания горных пород, то сами последние должны рассматриваться как ее компоненты. Понятие об *элементарных породных ассоциациях* в том виде, как оно было выдвинуто И. В. Хворовой (1963), представляется в этом смысле особенно продуктивным. По-видимому, количество видов элементарных парагенезов, как и видов формаций, ограничено, на что указывал еще Н. С. Шатский. Представление об элементарных породных ассоциациях в сочетании с понятием об интрасистемах в основном объясняет структуру формаций. Парагенезы пород в формациях являются часто многоступенчатыми, причем отдельные ступени можно рассматривать как интрапарагенезы или же как парагенезы второго и более высоких порядков. Интрасистемы могут быть членами побочных структурных уровней. Если любые парагенезы пород можно отнести к тем или иным геологическим формациям (нет парагенезов вне формаций), то приписать их к какому-либо виду интрасистемы часто невозможно. Легко представить себе расчленение всей литосферы на формации, но, по-видимому, невозможно всю ее расчленить на тела каких-либо других парагенезов пород одного ранга. В каждой формации (и везде в ней) можно выделить в качестве компонентов и элементов тела горных

Таблица 6

Иерархия вещественных систем литосферы

| | | | | |
|-------------------------|---|--|---|--|
| Надсистемы: | { | Внешние структурные уровни — парагенезы формаций, их ряды и звенья | ↓ | Уровень организации геологических формаций |
| Формационная оболочка | | Внутренние структурные уровни (интрасистемы) — многослой и др. | ↓ | Элементы: породы (и другие минеральные массы) и их элементарные ассоциации |
| | | Компоненты: минералы, породы | ↓ | |
| Горно-породная оболочка | Внешние структурные уровни — «геоцеонозы» пород и других минеральных масс | ↓ | Уровень организации горных пород и других минеральных масс (руд, магм и лав, осадков, почв, вод, битумов и др.) | |
| | Внутренние структурные уровни — минеральные массы, обломки пород и др. | ↓ | Элементы — минералы, их генетические и парагенетические ассоциации и смеси | |
| | Компоненты — природные химические соединения | ↓ | | |
| Минеральная оболочка | Внешние структурные уровни — ассоциации минералов | ↓ | Уровень организации минералов — элементарных геологических систем (геонов): монокристаллов и молекулярных масс (твердых, аморфных, жидких, газов) | |
| | Внутренние структурные уровни — зональные кристаллы и др. | ↓ | Компоненты: элементарные ячейки кристаллической решетки (атомы, молекулы, ионы), простые и ассоциированные молекулы (и атомы) | |
| | | ↓ | | |

пород и их сочетаний, но далеко не в каждой (и не везде в ней) можно установить интрасистемы.

Подсистемы формаций образуют своего рода иерархию по роли и значению в сложных парагенезах. Могут выделяться, например, главные члены (основные, второстепенные, резко подчиненные) и акцессорные члены (типичные и редкие), а также наложенные и случайные члены. Виды взаимоотношений подсистем в формациях изменяются в более широких пределах, чем в горных породах или минералах и в этом можно видеть специфику данного уровня. Изменение видов взаимоотношений на разных ступенях многоступенчатых парагенезов не имеет обязательного направленного характера. В то же время изменения свойств в теле формаций могут происходить направленно или попеременно однородно. По-видимому, степень взаимодействий для элементов формаций в целом на порядок ниже, чем для элементов горных пород.

Во многом не ясна проблема внешнего звена иерархического ряда, т. е. вопрос о промежуточных уровнях (или уровнях второго порядка) между земными оболочками и формациями. Согла-

сно Н. С. Шатскому, В. И. Попову, Ю. А. Косыгину, формации подчинены телам, отвечающим крупным региональным и этажным подразделениям земной коры, но принципы выделения этих единиц недостаточно разработаны. Рассмотрение формаций как геологических тел, выделяемых прежде всего по вещественно-структурному признаку, ставит под сомнение столь широкое понимание их объема, которое имеет место у В. В. Белоусова, Д. В. Наливкина, Л. Б. Рухина, Н. М. Страхова. Остается открытым вопрос, являются ли формации в понимании этих геологов отдельными звеньями формационных рядов или отвечают самостоятельным (или может быть промежуточным) уровням, т. е. уже другим классам объектов. Нелогичным было выделение Н. С. Шатским формационных рядов как самостоятельных таксономических единиц, хотя само понятие о формационных рядах вполне закономерно. Изучение формационных рядов позволяет выйти из рамок петрографических критериев формаций и помогает установить специфические формационные признаки.

Парагенезы геологических формаций, образующих вертикальные и горизонтальные ряды, оказываются обычно более простыми, чем внутриформационные парагенезы. По-видимому, парагенезы формаций не бывают многоступенчатыми и, возможно, не содержат интрасистем. Парагенезы плутонических формаций более сложны, чем парагенезы осадочных и вулканических формаций. В парагенезах степень взаимодействий формаций, по-видимому, на порядок ниже, чем между элементами формаций. Господствующими выступают парагенетические отношения. Выявление взаимоотношений между формациями в их рядах помогает установить важнейшие факторы образования формаций — вещественный, геотектонический, географический и другие, — которые кладутся обычно в основу их классификаций. В прилагаемой схеме (табл. 6) суммированы изложенные выше соображения об иерархии вещественных систем литосферы.

Принципы систематики формаций

Геологические формации как структурно-вещественные ассоциации горных пород и их сочетаний выявляются по парагенезу слагающих членов. Этот принцип является по существу эмпирическим и содержит в той или иной степени генетический элемент, связанный, например, с установлением того или иного вида горной породы или их сочетаний. Классифицируются формации обычно путем выявления парагенетических их сочетаний в рядах. Естественная же систематика формаций, т. е. классификация по совокупности главных для них структурно-вещественных признаков еще не разработана.

В существующих классификациях, проводимых, как правило, отдельно для магматических и осадочных формаций, нередко главная роль отводится гипотетическим предпосылкам — геотек-

тоническим или палеогеографическим условиям образования. Не-совершенство такого подхода подчеркивалось Н. С. Шатским, который в 1954 г. писал о тектоническом принципе: «В настоящее время такая классификация может оказаться бесполезной для дальнейшего развития учения о формациях. Мы здесь заранее предопределяем, что формации, обнаруживающиеся в геосинклиналях, не могут встречаться на платформах. ...Для меня совершенно очевидно, что эта классификация неудовлетворительна. Будущая классификация должна основываться на изучении естественных групп и рядов» (Шатский, т. III, 1965, стр. 10—11). Классификация парагенезов или ассоциаций формаций способствует выделению и самих формаций и более крупных геологических тел, хотя и не определяет систематику ни тех, ни других.

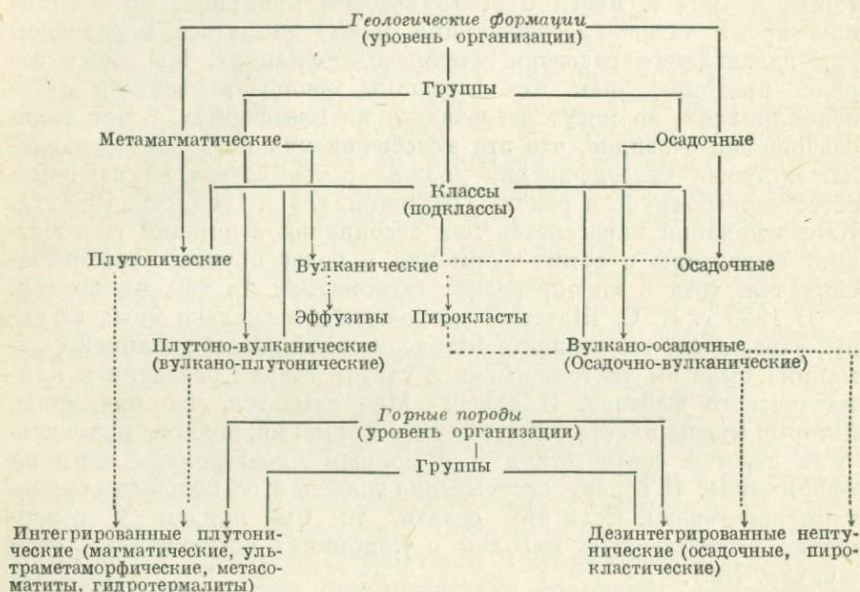
В 1959 г. Н. С. Шатский высказывает несколько иные взгляды, утверждая, что «единственно возможной классификацией формаций» была бы тектоническая с учетом стадий развития и климатического фактора. И далее: «Мне думается, что принципы, которые нужно класть в систематику формаций, должны находиться в строгом соответствии и с полным определением термина «формация». В основу систематики должны быть положены опять-таки парагенезы. Если это делать, то мы придем к совершенно определенным выводам о принципах систематики» (там же, стр. 182).

Приведенные высказывания, несмотря на некоторую их противоречивость, показывают неудовлетворенность Н. С. Шатского состоянием вопроса о классификации формаций, в основу которой он предлагал заложить прежде всего выявление парагенезов (на уровнях самих формаций и их членов). В то же время в понятии парагенеза вещественный его аспект как будто подчеркивался недостаточно, хотя он, как следует из определения формации, является главным. Подобно тому как парагенезы минералов слагают горные породы (или руды и т. п.), а парагенезы горных пород — формации, так и парагенезы формаций в виде их рядов слагают тела более высоких уровней. Во всех этих парагенезах закономерно связанные одинаковым образом члены могут быть различными в вещественном отношении. Поэтому классификации по структурно-парагенетическим признакам в той или иной степени оказываются отличными от структурно-вещественной систематики.

Казалось бы, что генетический принцип геотектонической классификации формаций составляет логический круг с принципом установления палеогеотектонической обстановки на основе формационного анализа, так как неясен исходный пункт исследования. Тем не менее это не совсем так. Геологические формации, независимо от эволюции понятия, всегда понимались как вещественные ассоциации и служили (часто интуитивно) основой для геотектонических и палеогеографических построений. В свою очередь, применение этих построений для типизации геологиче-

Таблица 7

Типизация горных пород и геологических формаций



ских формаций столь же закономерно, как и создание гипотез для науки вообще. Здесь скорее мы имеем дело не с логическим кругом, а с взаимообменом информацией по принципу прямых и обратных связей. Между эмпирическим и генетическим принципами типизации формаций нет резкой грани, так как элементы того и другого имеются в любом варианте подхода. Так, например, Н. С. Шатский справедливо считал геотектонический принцип гипотетическим. Но и Н. П. Херасков не без оснований полагал, что этот принцип основан на наблюдаемых парагенезах формаций и является тем самым эмпирическим. Итак, эмпирический принцип выделения формаций и их рядов находится лишь в частичном противоречии с распространенными принципами их классификаций.

Признавая необходимость геотектонической классификации, все же при современной систематизации наших знаний, включая их формализацию, целям формационного анализа более соответствует парагенетический принцип — литолого-петрографический, т. е. выделение формаций по составу горных пород и структуре их сочетаний. Отдельные звенья систематики формаций уже выявлены, причем раздельно для магматических, осадочных и метаморфических формаций. Если систематика формаций понимается как естественная их классификация на всех ступенях таксономии, то под типизацией далее будет иметься в виду установление высших таксонов систематики (табл. 7).

В литосфере можно выделить две основные группы ассоциаций горных пород, а вместе с тем и формаций — *метамагматическую* и *осадочную*. Метамагматические формации сложены интегрированными плутоническими горными породами — магматическими, ультраметаморфическими, метасоматитами, гидротермалитами (конечно сюда входят и эффузивные породы). Рассматривая ассоциации метамагматических пород, можно подразделить их на две подгруппы (классы) — *плутонические* и *вулканические*. Очевидно, что группу *осадочных* формаций нельзя подразделить на столь же существенно различающиеся подгруппы, но подгруппа вулканических формаций обладает признаками как магматических, так и осадочных ассоциаций и занимает таким образом промежуточное положение; в отношении внешней структуры вулканические породы стоят ближе к осадочным, чем к плутоническим.

Итак, по составу и структуре выделяются три крайние подгруппы ассоциаций: плутонические (интегрированные горные породы и расслоенная структура), вулканические (интегрированные и дезинтегрированные горные породы и слоистая структура) и осадочные (дезинтегрированные горные породы и слоистая структура). Вопрос о возможности формирования ассоциаций дезинтегрированных осадочных горных пород с расслоенной («магматической») структурой решается обычно отрицательно. Поскольку же переходные ассоциации также имеют специфику в вещественном составе и структуре, то нужно ввести еще промежуточные подгруппы. В «крайних» подгруппах «главное» вещество должно либо присутствовать, либо отсутствовать. Более сложные количественные характеристики получают объективность лишь при установлении точных критериев качественного изменения формации. В принципе классификация по количественным соотношениям, основанная на наличии или отсутствии главных пород, необходимо ставит во главу угла парагенетическую связь.

В ассоциациях горных пород могут участвовать парагенетически связанные породы, которые в общем случае могут составлять следующие сочетания: плутонические — вулканические, плутонические — вулканические — осадочные, вулканические — осадочные. В теле геологической формации, отнесенной к тому или иному классу на основе преобладающей по объему парагенетической ассоциации, могут присутствовать инородные члены, которые могут относиться, например, к другим формациям. В определении принадлежности к тому или иному классу решающим является соотношение подгрупп пород находящихся в парагенетической связи. В такой связи не может, по-видимому, состоять ассоциация плутонических и осадочных пород (без вулканических).

В результате можно выделить ряд геологических формаций, со следующими их классами.

1. Плутонические формации (крайний в ряду основной класс) — ассоциации только полнокристаллических парагенетически связанных пород. Для этого класса генетическая трактовка часто затруднительна; сюда относятся породы как изверженные (только интрузивные), так и сформировавшиеся на месте (ультраметаморфические). В этот класс включаются метморфизированные перекристаллизованные породы с развитой *расслоенной* структурой, даже если для них несомненно устанавливается первичный вулканический или осадочный состав. Преобладание же в породах *наслоенной* структуры исключает их из этого класса. Недопускается участие в плутонических ассоциациях вулканических и осадочных горных пород, если они не ультраметаморфизованы.

2. Плутоно-вулканические (или вулкано-плутонические) формации — промежуточный класс ассоциаций с обязательным присутствием парагенетически связанных интрузивных и вулканических пород, включая непереотложенные пирокласты и подчиненные осадочные породы. Соотношение двух главных групп сколько угодно переменено, причем преобладание тех или иных можно отразить в названии, где на первое место следует ставить количественно подчиненную породу. Важно подчеркнуть, что к интрузивным следует относить лишь полнокристаллические плутонические породы, тогда как застывшие ниже поверхности магматические породы, не обладающие такой структурой, нужно причислять к вулканогенным образованиям. Специфической особенностью формаций этого класса является развитие изверженных пород с промежуточной внутренней структурой и специфическими формами слагаемых ими тел (собственной структурной организацией). Установление промежуточных структур изверженных пород является диагностическим признаком этого класса. Однако для окончательной диагностики его необходимо и достаточно установление пород с «крайними» видами структур. На примере вулкано-плутонических формаций видно, что в одну формацию могут включаться лишь образования, находящиеся друг с другом в парагенетическом отношении. Инородные тела формаций, не состоящие в их парагенезах, могут быть или аллохтонными (например, при сложных тектонических взаимоотношениях), или реликтовыми (сохранившимися от более древних формаций), или дочерними образованиями (членами более молодых формаций).

3. Вулканические формации — основной переходный класс, в составе ассоциаций которого участвуют только парагенетически связанные субвулканические, эффузивные и пирокластические (непереотложенные) породы. В качестве аксессуаров могут иметь место осадочные породы, переотложенные вулканокласты, а теоретически даже плутонические породы, не входящие в плутоно-вулканические ассоциации. Практически, по-видимому, плутони-

ческие породы в парагенезах формаций этого класса участвуют очень редко.

4. Вулкано-осадочные (или осадочно-вулканические) формации относятся к промежуточному классу, для которого обязательно одновременное наличие парагенетически связанных вулканических (также субвулканических) и осадочных пород, количество которых может быть переменным и по относительному преобладанию которых устанавливается порядок слов в их наименовании. Специфические особенности этого класса ассоциаций еще требуют выяснения.

5. Осадочные формации составляют другой основной крайний в ряду класс и составлены ассоциацией парагенетически связанных только осадочных пород (включая переотложенные вулканокластические).

Во втором и четвертом классах выделяются подклассы по преобладанию той или иной подгруппы пород. Таким образом, общее число классов и подклассов геологических формаций, выделенных по принципу сочетания главных подгрупп горных пород в парагенетических ассоциациях возрастает до семи. Не исключена возможность выделения восьмого промежуточного подкласса между классами вторым и четвертым, характеризующегося наличием также осадочных пород.

В рассмотренной типизации метаморфические формации можно выделять на уровнях более низких таксонов. Но фазовые изменения (в том числе и гипергенные) характерны для всех пород и преобразованию подвергаются все три подгруппы горных пород. Например, глубокий метаморфизм может превратить осадочную формацию в плутоническую или, наоборот, при выветривании плутоническая формация переходит в осадочную. Само название «метаморфические породы» в строгой классификации главных групп (типов) горных пород кажется незаконным, хотя понятие о метаморфизованных породах и формациях необходимо. В случае интенсивного метаморфизма вулканических или осадочных формаций при потере ими признаков первичного происхождения, а также при вхождении в новый парагенез формаций они переходят в тип плутонических формаций.

Дальнейшая систематика формаций (выделение более дробных таксономических единиц) может вестись по литолого-петрографическому признаку (видам горных пород и особенностям их сочетаний). При этом должны найти таксономическое место такие традиционные виды формаций, как «аспидная», «зеленокаменная» и т. п.

В заключение можно предложить развернутое определение понятия «геологическая формация», вытекающее из изложенных выше принципов с учетом взглядов многих исследователей.

Итак, геологические формации как структурно-вещественные ассоциации горных пород (и других минеральных масс) и их сочетаний относятся к самостоятельному классу естествен-

ных тел определенного уровня организации вещества, находящегося между уровнями горных пород и регионально-этажных подсистем литосферы. Формации образуют элементарные ячейки одного из видов геологического пространства, занимающего определенное положение в ряду между пространствами минеральных масс и регионально-этажных подразделений литосферы. Геологические формации являются системами целостного типа, в пределах которых свойства могут измеряться однородно, переменнo и направленно. Элементы формаций — тела горных пород (и других минеральных ассоциаций и смесей), а также тела элементарных и сложных их сочетаний (интрасистем), которые могут быть многоступенчатыми (различного порядка). Эти элементы взаимодействуют по типу парагенетических (в том числе генетических) связей и отношений, при которых члены ассоциаций сопряжены пространственно и во времени, либо же при отсутствии такой сопряженности произошли из одного источника или один из другого. Геологические формации являются компонентами тел регионально-этажных подразделений литосферы, в пределах которых образуют парагенетические формационные ряды.

Все большее значение приобретает расшифровка генетической информации, заключенной в геологических формациях. Мы наблюдаем геологические формации, как правило, в ископаемом состоянии, но принципиально ином, чем, например, захороненные организмы. Ископаемое состояние формации — период их эволюционного изменения (постепенного окаменения или затвердевания, стадийного метаморфизма или размыва). Различные части одной формации могут находиться на разных стадиях изменения. Переход от «живой» формации к «мертвой» и обратно происходит постепенно, стадийно, по частям. Формации рождаются и умирают очень медленно, но все же ископаемое их состояние неизмеримо более длительно, чем «живое» (когда они находятся в виде сложных, иногда жидких систем). Но и ископаемое состояние формаций, как и вообще все их дление, не столь уж продолжительно в масштабе геологического времени, и можно во многих случаях уверенно говорить о многократной смене поколений формаций. Отмирание одних формаций является одновременным рождением других, происходит ли это путем расплавления, дезинтеграции, отвердевания или осадкоотложения.

Общие замечания

Системная иерархия геологической организации наиболее отчетливо выявляется для уровней минералов, горных пород и геологических формаций. Но уже рассмотрение более крупных геологических комплексов в качестве таксономически определенных естественных объектов оказывается столь затруднительным, что некоторые геологи, признавая геологические формации самостоятельным уровнем организации вещества, в то же время рассматривают надформационные образования просто как пространственно-временные (геотектонические и стратиграфические) соотношения тех или иных геологических тел, например горных пород или формаций. Такая позиция акцентирует внимание на аспекте уникальности регионально-этажных объектов, но не способствует выявлению их видовой определенности. Однако уже классическая геология поставила проблему естественных геологических объектов высших уровней организации, таких как геосинклинали и платформы в одном ряду и стратиграфические системы в другом. По отношению к тем и другим регионально-этажным системам далее будет применяться термин «геокомплексы», содержание которого подразумевает лишь более высокий уровень геологической организации по сравнению с формациями.

Пространственно-временная расшифровка подсистем литосферы проводится преимущественно по геотектоническим, геофизическим и стратиграфическим данным, а в последнее время все более и на основании формационного анализа. Поскольку же задачи исследования геокомплексов далеко выходят за рамки установления пространственно-временных соотношений формаций и других геологических тел, то все более развиваются специфические стратиграфические и геотектонические методы, не исчерпываемые,

конечно, формационным анализом. Последний оказывается не универсальным, а лишь специальным методом. Формационный метод может являться как бы начальным и даже служить основой (хотя и не единственной) для установления статуса геоконплексов. Но по мере повышения уровня объектов формационный метод приобретает лишь вспомогательный характер, что наиболее отчетливо проявляется при уяснении глобальной структуры Земли, которая требует развития специфических методов планетарной геологии. Вообще же проблема соотношения регионального и глобального в геологии должна решаться с помощью представлений об иерархии и контриерархии организационных процессов и соответствующих методов исследования.

Ниже излагаются некоторые соображения о двух специфических линиях геологических объектов — геотектонических системах и стратиграфических подразделениях.

ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Геотектоническая организация

Если распространение объектов минерального уровня организации охватывает всю геологическую оболочку, которая включает и твердые, и жидкие, и газовые геосферы, то уже группировка объектов этого уровня в объекты уровня горных пород происходит, по всей вероятности, в сравнительно локальной области, в частности в литосфере (горно-породной оболочке). Повидимому большая область литосферы характеризуется не только ассоциациями горных пород, но и группировками их в геологические формации преимущественно плутонического типа. Есть основания думать, что в эндогеосфере (сверху вниз) происходит последовательное выпадение областей распространения объектов уровней сначала геологических формаций, а затем горных пород и, наконец, минералов.

Что же касается геотектонической организации твердой Земли, то она уверенно экстраполируется по геофизическим данным в верхнюю мантию, охватывая область, называемую «тектоносферой». Глубина распространения очагов глубокофокусных землетрясений фиксирует границу современных разрывных тектонических нарушений, причем «статическая» тектоническая организация может распространяться и ниже этой «динамической» границы. Соотношения тектоносферы и того, что можно назвать «собственно-формационной оболочкой», пока неизвестны. Важно знать, существуют ли геологические формации ниже очагов глубокофокусных землетрясений. Если да, то потребуются пересмотреть вопрос о нижней границе тектоносферы, хотя и вряд ли следует ожидать совпадения последней с формационной оболочкой, так как, по всей вероятности, плутоническую формационную организацию детерминируют не только тектонические процессы.

Во всяком случае остаются нерешенными кардинальные проблемы генезиса и причинно-следственной зависимости тектонических и формационных процессов. Неясно, в какой степени они могут иметь относительную парагенетическую самостоятельность. Установление неадекватности границ тектоносферы и формационной оболочки могло бы дать основание для выводов о примате тех или иных геологических процессов. Пока нужно признать, что, по сравнению с очевидной взаимосвязью между породообразованием и формациеобразованием, различие между формациеобразующими процессами и геотектогенезом во многом остается непонятным.

Геотектоническое расчленение тектоносферы намечается еще лишь в глобальном плане — в связи с размещением континентов и океанов. Полного разбиения на подсистемы провести пока нельзя, поскольку тектонокомплексы выделяются преимущественно лишь в континентальных областях.

Геологи тем не менее уверенно фиксируют наличие особой геотектонической организации, объекты которой выделяются в пределах литосферы и характеризуются специфическим составом, структурой и историей. Ряды тектонических систем являются отчетливо многоступенчатыми, причем единицы разного порядка имеют часто почти универсальное распространение и четкую видовую и родовую определенность. Конечно, каждое тектоническое подразделение, как и всякий другой природный объект, в какой-то степени уникально, но любое из них может быть отнесено к определенному классу тектонических систем. По сравнению с минералами, породами и формациями, тектонокомплексы образуют меньшее количество видов и более высокую степень индивидуальности.

Диапазон исследуемых тектоникой (включая структурную геологию) объектов чрезвычайно велик — от глобальных структур до микроскопических деформаций индивидуальных кристаллов. Столь широкий объектный спектр тектоники исторически обусловлен преимущественным развитием ее структурного аспекта. Более того, оказались различными предметы общей геотектоники и структурной геологии. Последняя исследует структурно-деформационные отношения в любых и между любыми природными геологическими объектами. Геотектоника же выступает как наука о специфических естественных телах — тектонокомплексах. Эта особенность тектоники отражается этимологией ее названия («созидание»). Исчерпывающую характеристику тектонокомплексов нельзя получить, минуя изучение структур минералов, горных пород, формаций, но для геотектоники такое исследование подобно, например, химическим методам в петрографии. Сами по себе складчатые или разрывные структуры являются объектами раздела тектоники — структурной геологии (учения не о телах, а об отношениях тел). Общая же геотектоника исследует эти структуры применительно к своим главным естественным веще-

ственно-структурным системам. Понимание геотектоники как науки о специфических естественных системах шире распространенных определений ее как отрасли геологии, изучающей структуру, движения, деформации и развитие земной коры и верхней мантии (БСЭ, 3-е изд., т. 6, стр. 323).

Выше подчеркивалось, что при формировании уровней геотектонической организации доминантным фактором становится структура, тогда как на глубже лежащем формационном уровне доминантой оставался вещественный фактор. В отличие от формаций (структурно-вещественных систем) тектонокомплексы являются вещественно-структурными, а также более выраженными историческими системами. Структурная доминанта в «кванте» организации определяет переход от уровня формаций к уровню геотектонических систем. Энергетические факторы здесь не рассматриваются.

Тектонокомплексы обладают не только специфической структурой, устанавливаемой как в региональном плане, так и в этажном разрезе, но имеют вещественный состав, который нельзя сводить только к формационным характеристикам. Состав тектонокомплексов связан с историческим фактором, это «временной» состав — фазовый, стадийный. На разных отрезках развития тектонокомплексы могут характеризоваться различным петрографическим и формационным составом. Так, формации сходного генезиса петрографически могут быть различными в разных тектонокомплексах и, наоборот, формации разного происхождения могут оказаться конвергентными по составу в сходных тектонокомплексах. В других случаях наблюдаются фазовые изменения (фазовые фации) одной формации в процессе активного или латентного развития материнского тектонокомплекса; наконец, можно напомнить о стадийном последовательном образовании магматических тел в истории какого-либо сложного тектонокомплекса, когда тем самым изменяется его вещественный состав.

Историко-региональная уникальность каждого из тектонокомплексов, наряду со структурно-вещественным их видом своеобразием, лежит в основе развития сравнительного тектонического метода и геотектонического картирования. С этими методами связан формационный анализ, который все же есть лишь звено, хотя быть может и важное, в тектоническом исследовании. Установление наиболее отвечающих природным явлениям собственно тектонических методов затрудняется пока тем, что мы не знаем сущности геотектогенеза, и в этом смысле применяемые методы его изучения остаются еще косвенными. Последнее относится и к таким специфическим методам, как тектонофизический модельный эксперимент. Что касается механического и энергетического направлений в геотектонике, то подход к ним идет через анализ физической, химической и космической (планетарной) организаций Земли.

Систематика тектонокомплексов остается узловой проблемой геотектоники. Рассматривая последнюю, нужно оговориться, что ниже излагается частная точка зрения и избегаются дискуссионные вопросы различного применения понятий в схемах разных авторов, сопоставление чего есть тема социальных исследований.

Выше делалась попытка подойти к выделению регионально-этажных систем путем разбиения литосферы сверху вниз по таксономической лестнице. Общие результаты предварительного анализа показали, что океаны и континенты, будучи глобальными геоконструкциями, выходят за рамки региональных систем — тектонокомплексов. Планетарные системы орогенических (складчатых, геосинклинальных) поясов и платформенных областей занимают высшее место в иерархии тектонокомплексов. Подсистемами платформ являются их фундаменты и чехлы, а также антеклизы и синеклизы, а подсистемами орогенных (геосинклинальных) областей выступают разноранговые складчатые комплексы, а также антиклинории, срединные массивы и синклинории (отвечающие первичным эвгеосинклинальным и миеосинклинальным прогибам). Элементарными тектоноконструкциями оказываются тектонические районы и зоны, которые в вертикальном разрезе дифференцируются на этажи и ярусы.

Элементарные тектоноконструкции

Вопрос о выявлении элементарных единиц возникает уже в связи с районированием при составлении тектонических карт. В зависимости от масштаба последних, в основу их ложится представление о тектонических единицах разного порядка. При этом прежде всего устанавливаются, как правило, не элементарные, а более сложные подразделения — обычно платформы и геосинклинали (или складчатые зоны), которые классифицируются по возрастным или иным критериям, и лишь в некоторых случаях расчленяются на субординированные единицы (А. Д. Архангельский, Н. С. Шатский, А. Л. Яншин и др.). Поскольку геотектоническую организацию составляют вещественно-структурные исторические системы, то такие чисто структурные геологические образования, как слои, складки, разрывы, блоки, не являются таксономическими единицами. Элементарные естественные тела геотектонической организации должны быть системами, т. е. обладать структурной однородностью и целостностью, специфическим составом и пространственно-временными границами.

В региональном плане за такого рода наименьшие тектонические единицы принимаются *структурно-фацциальные* и *структурно-формационные зоны*. При вертикальном расчленении выделяются *структурные ярусы* и *этажи*. Особенность этих подразделений заключается в их относительной одновозрастности, иными словами, формирование тела такого комплекса фиксирует ми-

нимальную единицу историко-тектонического процесса (фазу, стадию), которой отвечает наименьший интервал геологического времени, учитываемый геотектоническим анализом. Названные выше комплексы — зоны и подзоны, этажи и ярусы, рассматриваемые как историко-тектонические системы, объединяются более содержательным понятием о *геотектоническом районе*, которому соответствует уже не просто разновозрастный элементарный тектонокомплекс (в одном временном срезе), а тектонокомплекс, стадийно преобразующийся в течение ряда временных интервалов. Понятие о тектоническом районе требует дальнейшего обоснования, прежде всего в связи с уяснением специфики геологического процесса и геологического времени. Ниже целесообразно остановиться на изохронных срезах геотектонических районов — структурных зонах, а также ярусах и этажах.

Понятие о *структурно-фациальной зоне* связывается, как правило, с представлением о самом элементарном тектонокомплексе. В геотектоническом отношении он неделим. Структурно-фациальные зоны выделяются по однородности и разновозрастности породно-формационного компонентного состава. Ограничения структурно-фациальных зон связаны с более или менее резким изменением состава и (или) структуры. Эти зоны граничат либо с разновозрастными тектонокомплексами иного компонентного состава (отличие структуры необязательно), либо с зонами иного возраста. Понятие о структурно-фациальных зонах часто оказывается исходным при расшифровке тектонической истории региона.

Если понятие о структурно-фациальной зоне отражает преимущественно региональный план элементарного тектонического региона, то в вертикальном разрезе этому понятию эквивалентно (или близко) понятие о *тектоническом ярусе* (структурном ярусе; структурном подъэтаже, по А. А. Богданову). Ярус характеризуется однородностью структурных признаков, степени метаморфизма и формационного состава. Критерием перехода к другому ярусу могут служить либо смена доминирующей формации, либо только изменения структуры (а также того и другого). Дизъюнктивными латеральными границами ярусов могут являться те разрывы, которые либо синхронно связаны со сменой формаций, либо позднее привели в соприкосновение разные формации. Можно представить, что топологическое исследование хорошо изученных регионов позволит выработать точные критерии распознавания ярусов. Как указывалось выше, длительности формирования яруса отвечает интервал геологического времени, условно именуемый фазой, которой подчинены ритмы и импульсы, отражаемые в структурах формаций и тел горных пород.

Говоря о составе яруса, имеют в виду прежде всего формационный состав. В простейшем случае речь может идти об одной формации пластового морфологического типа (или ее фрагменте). Но следует подчеркнуть, что понятие о тектоническом

ярус принципиально отлично от понятия о формации, что видно уже из пространственной неадекватности тех и других объектов. Так, например, такие геотектонические границы, как разломы, мало считаются с естественными ограничениями формаций, независимо от того, сохранились ли фрагменты последних в разных тектонических блоках или же вовсе уничтожены. Весьма обычны случаи, когда при близком совпадении тектонического (структурного) яруса и осадочной формации, в последней содержатся включения какой-либо магматической формации. Топология формационного членения литосферы может весьма сильно отличаться от топологии тектонокомплексов, причем это различие существует уже при синхронном образовании тех и других, и еще более увеличивается при последующих метаморфозах. С еще меньшей определенностью можно что-либо утверждать о корреляции тектонических ярусов со стратиграфическими подразделениями, например со свитами.

Формацию нельзя считать элементом тектонокомплекса; она может быть лишь его вещественным компонентом, поскольку относится к иному уровню организации. Тектонический ярус как элементарная системная единица не имеет своих элементов, он содержит лишь вещественные компоненты. О «подсистемах» яруса можно условно говорить лишь в сугубо структурном смысле, имея в виду складки, слои и подобные образования. Все это не простая игра слов, так как только при таком различении понятий появится возможность правильной постановки и решения проблемы межуровневой перекодировки факторов и квантов организации.

Понятие о структурно-фациальной зоне иногда предлагают заменить более новым понятием о *структурно-формационной зоне*. Представляется, что следует не отождествлять эти понятия, а субординировать их. В понятие о структурно-фациальной зоне вкладывается стремление к установлению элементарности системы, к выявлению «минимального» ее формационного содержания, что выражается в фациальном характере объекта (в понимании А. Грессли) — в его относительной разновозрастности. Что же касается понятия о структурно-формационной зоне, то оно отражает более сложный тектонический объект, заключающий горизонтальный и, возможно, вертикальный ряд формаций. Вместе с тем границы зон как геотектонических единиц могут не совпадать с границами формаций. Латеральные границы структурно-формационных зон, как правило, не должны иметь фациальных переходов. Они часто окружены зонами иного возраста. Если, выделяя структурно-фациальную зону, мы стараемся сохранить в качестве важнейшей характеристики ее палеогеологический срез, то при установлении структурно-формационной зоны чаще приходится иметь дело с длительно преобладающим тектоническим регионом, временная расшифровка которого составляет особо сложную задачу. В рассматриваемом

смысле структурно-фациальные зоны могут быть элементами структурно-формационной зоны.

С понятием о структурно-формационной зоне можно сопоставить понятие о *тектоническом этаже* (структурном этаже), который не следует, как это часто делается, отождествлять со структурным ярусом. По сравнению с ярусом для этажа структурная организация приобретает еще большее значение. Для тектонического этажа наиболее важной оказывается итоговая структурная характеристика, суммирующая первичные и наложенные структурные признаки. Если критерием смены яруса могла быть смена компонентного состава, то этаж заключает различные формации, причем, по-видимому, лишь смена их парагенеза может свидетельствовать о границах этажа, для которого типичны резкие и четкие палеотектонические и современные границы.

В общем случае тектонический этаж складывается парагенезом формаций, который составляет вещественную компоненту тектонического этажа, тогда как его элементами являются тектонические (структурные) ярусы. Как и последние, тектонический этаж может демонстрировать как единство формациеобразующих процессов и геотектогенеза, так и их пространственно-временную неадекватность. С этажами увязывается понятие о геотектонических стадиях. Нельзя говорить о фиксированном стратиграфическом смысле тектонических этажей, но можно предполагать их нередкое совпадение с литостратиграфическими единицами (обычно сериями свит). Надежных критериев для установления и различения ярусов и этажей, а также соответствующих структурных зон, еще не выработано. В тех случаях, когда в структурно-формационных зонах и этажах отсутствуют их элементы, то сами они должны рассматриваться как элементарные тектонокомплексы. Надсистемами последних являются их специфические парагенезы — макрокомплексы.

В практике структурного районирования в качестве тектонокомплексов выделяются разномасштабные тектонические блоки, в пределах которых парагенезы формаций могут оказаться «вырезанными», независимо от их первичных естественных ограничений. Каждый тектонический блок обычно содержит специфический парагенез формаций, чаще лишь часть такого парагенеза. В общем случае парагенез формаций как историческая система занимал (или занимает) больший объем, чем современный блок, в который этот парагенез (обычно его фрагмент) заключен. Но в историческом плане более существенна обратная ситуация — влияние на формациогенез тектонических блоковых ограничений, являющихся часто глубинными разломами (Пейве, 1956; и др.).

Изменение формационного состава в пределах тектонических блоков, происходящее без изменения структуры блока, дает основание считать рассматриваемый формационный ряд парагене-

зом одного геотектонического комплекса. С другой стороны, собственно структурный критерий установления геотектонических комплексов более важен. Поэтому при сходном видовом вещественном составе смежных формаций, но достаточном очевидном их структурном различии, они должны быть отнесены к разным геотектоническим комплексам. При этом, конечно, существенна их история.

Элементарные тектонокомплексы являются универсальными геотектоническими подразделениями в том смысле, что они имеют место всюду как в пределах геосинклинальных, складчатых и орогенных, так и платформенных областей. Однако наличие их в пределах всего океанического сегмента еще не доказано. Что касается распространения этих комплексов на глубину, то можно лишь полагать, что они должны выделяться во всей собственноформационной оболочке, чего нельзя с уверенностью сказать о глубинных зонах тектоносферы и литосферы в целом¹.

Геосинклинальные и платформенные тектонокомплексы

Более ста лет к центральным объектам геотектоники относятся весьма сложные вещественно-структурные комплексы, которые именуется геосинклинальными (складчатыми, орогенными) и платформенными поясами, областями, системами. Как главные единицы верхней части литосферы эти комплексы по структурным признакам и компонентному составу в пределах континентов более или менее уверенно относятся либо к классу геосинклинальных, либо к классу платформенных образований. Что касается океанических сегментов, то при всей уверенности в наличии там тектонокомплексов, идентификация их с классами континентальных образований лишь намечается.

Понятия «геосинклиналь» и «платформа» характеризуют генетически взаимосвязанные историко-тектонические системы, которые, однако, структурно не вполне сопоставимы. Последний смысл следует придавать понятиям о геосинклинальных и платформенных тектонокомплексах и соответствующих им регионах. При этом имеется в виду традиционное представление об одноранговости понятий о геосинклинальных, складчатых и орогенных комплексах, стадийно сменяющих друг друга и остающихся одной и той же исторической естественной системой, которую можно рассматривать также как ряд сменяющихся систем.

¹ К сожалению, понятию об элементарных тектонокомплексах не всегда придается должное значение. Например, такого рода единиц вовсе нет в «Международном словаре английских тектонических терминов» Дж. Денниса (М., «Мир», 1971).

Геосинклинальные и платформенные образования исследуются геологами либо в виде ныне формирующихся регионов, либо в качестве захороненных комплексов, либо же как реконструируемые исторические системы. Исследуя современную структуру литосферы, или же какой-то ее палеотектонический срез, мы обнаруживаем, что все платформенные области содержат в своем разрезе геосинклинальные (складчатые и орогенные) комплексы. Если выделение конкретного складчатого или платформенного комплекса может основываться лишь на структурном облике, то характеристика регионов оказывается уже существенно исторической. В природе неизвестны «чистые» платформы; возможно, что нет и «чистых» геосинклиналей. Итак, платформенная область всегда включает геосинклинальные образования; а геосинклинальный регион может быть или в складчатой, или в орогенной, или даже в платформенной фазе своего развития. Геотектоническими подсистемами геосинклинальных и платформенных регионально-этажных систем являются парагенезы элементарных тектонокомплексов. Эти подсистемы выделяются в качестве объемных геотектонических единиц, именуемых *комплексами основания*, складчатыми комплексами, покровными комплексами и т. п. (А. А. Богданов, М. В. Муратов, Ю. А. Косыгин и др.). Понятие последних близко по смыслу к макрокомплексам, выделенным при предварительном анализе, и достаточно полно отражает структурный аспект понятий о платформах и геосинклиналях. Эти тектонокомплексы (фундаменты, чехлы, складчатые и орогенные массивы) оказываются надсистемами тектонических этажей, а в простых случаях и сами могут рассматриваться в качестве этажей. Если ряд «ярусы — этажи — макрокомплексы» образует структурные уровни в пределах первого уровня организации тектонокомплексов, то геосинклинальные и платформенные геотектонические системы относятся уже ко второму уровню организации. Объекты первого из этих уровней организации оказываются не элементами, но компонентами второго уровня. Пространственно-временные границы макрокомплексов являются неадекватными границам геосинклиналей и платформ. В предварительной схеме простой субординации тектонокомплексов (см. табл. 5) это обстоятельство не могло получить отражения, поскольку, например геоконтакты четвертого порядка в действительности не подчинены комплексам третьего порядка. Более точно соотношения тектонокомплексов выражены в табл. 8.

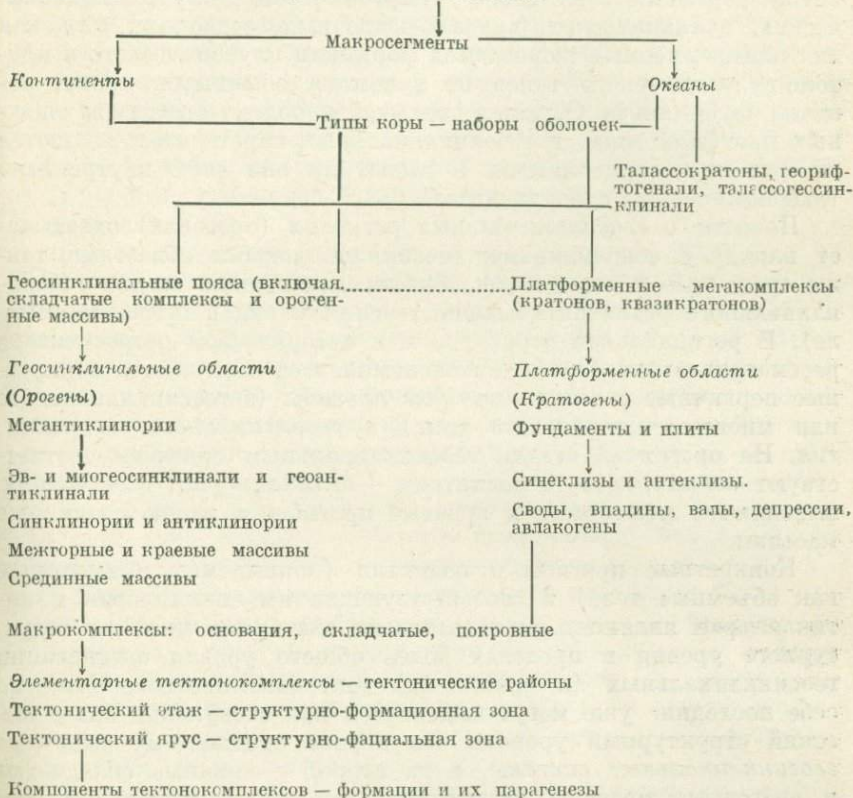
Геосинклинальные и платформенные тектонокомплексы, выделяемые по специфическому набору этажей и ярусов с различным строением, в последние десятилетия получают также формационную характеристику (Н. С. Шатский, Н. П. Херасков и др.). Как и для тектонических ярусов и этажей, геологические формации являются вещественными компонентами платформенных и геосинклинальных тектонокомплексов. Рассматривае-

Таблица 8

Иерархия тектонических систем литосферы

Тектоносфера: «кора» — «верхняя мантия»

Гесоболочки: осадочная — «гранитная» — «базальтовая»



мые тектонокомплексы содержат серии геологических формаций, состоящие из горизонтальных и вертикальных рядов.

Как было уже сказано, само установление «геосинклиналей» и «платформ» по сложной совокупности признаков, включая вещественные, позволило наметить парагенетические классификации формаций. Были выделены надсистемы формационных образований — группы формаций (по Н. С. Шатскому), которые отвечают геотектоническим комплексам. Парагенетическая классификация формаций принципиально отлична от естественной их систематики, как отличны парагенезы горных пород или парагенезы минералов от их систематики, строящихся на компонентном составе горных пород и минералов. Незавершенность естественной систематики формаций затрудняет строгое распознавание геотектонических единиц по формационным признакам, хотя

именно видовое понимание формаций способствует установлению тектонокомплексов. Тем не менее выделение геосинклинального и платформенного формационных парагенезов стало достаточно очевидным. Для геосинклинальных парагенезов характерно развитие формаций всех типов — плутонических, плутоно-вулканических, вулканических, вулканосадочных, осадочных, тогда как для платформенных парагенезов формации плутонического и плутоно-вулканического типов не являются обычными, кроме, конечно, фундамента. Остается открытой проблема структуры сложных платформенных и геосинклинальных парагенезов; являются ли они многоступенчатыми и имеют ли они свою внутреннюю таксономическую субординацию?

Понятие о *геосинклинальных регионах* (орогенах) охватывает наряду с современными геосинклинальными областями также орогенные и складчатые области, прошедшие стадии геосинклинального развития (бывшие геосинклинали в широком смысле). В региональной структуре и в исторической ретроспективе рассматриваемого класса тектонокомплексов выделяются конкретные первичные *геосинклинальные прогибы* (эвгеосинклинального или миегеосинклинального типа) и *геоантиклинальные поднятия*. На орогенной стадии геосинклинальным прогибам соответствуют *синклинории*, а поднятиям — *антиклинории*; помимо них, выделяются межгорные и краевые прогибы, а также срединные массивы.

Конкретные прогибы и поднятия (понимаемые в тектонике как объемные тела) и соответствующие им синклинории и антиклинории являются региональными системами нижнего структурного уровня в пределах более общего уровня организации геосинклинальных (и орогенных) тектонокомплексов. Сами по себе последние уже могут выделяться как следующий более высокий структурный уровень. На первой стадии ему отвечают *геосинклинальные системы*, а на второй — сложные складчатые и орогенные массивы *мегаантиклинориев*. В вертикальном разрезе тектоническими компонентами последних являются складчатые комплексы разновозрастных тектонических этажей. Надсистемами геосинклинальных (и орогенных) областей являются геосинклинальные (включая складчатые и орогенные) пояса планетарного масштаба. Итак, в пределах уровня организации геосинклинальных тектонокомплексов могут быть выделены структурные уровни: 1) «прогибов и поднятий», 2) «областей» и 3) «поясов».

Среди геосинклинальных формационных комплексов выделяют специфические группы формаций: 1) эвгеосинклинальную, 2) миегеосинклинальную, 3) межгорных и краевых прогибов. Первой из них отвечает специфический парагенез осадочно-вулканических и терригенных, а также плутонических формаций. Ко второй относится парагенез преимущественно осадочных формаций. Наконец, третья группа обычно образуется парагенезом осадоч-

ных формаций орогенного типа, преимущественно автохтонного терригенного состава. Степень дислоцированности этих комплексов, как правило, убывает в указанном порядке. По структурным характеристикам, а также по составу главным образом plutonic формаций проводится подразделение геосинклинальных формационных комплексов на подгруппы формаций частных прогибов и поднятий (синклиналиев и антиклиналиев), а также средних массивов. Однако именно в геосинклинальных (орогенных) областях особенно отчетливо проявляется пространственная и временная неадекватность различных составляющих геологического процесса и соответствующих зон первичного и вторичного осадкообразования, магматизма, складчатости, метаморфизма и др.

Геосинклинальные комплексы с преобладанием plutonic формаций оказываются по объему наиболее распространенными образованиями известной нам части континентальной литосферы, слагая большую часть складчатых областей и фундамент платформ. В последнем случае мы сталкиваемся с взаимопересечением структурно равноранговых тектонокомплексов, обусловленным сложной генетической зависимостью между материнскими надсистемами — геосинклиналями (орогенами) и платформами.

Платформа (или кратоген), как тектоническая система, состоит из двух главных подсистем-компонентов: макрокомплекса основания — *фундамента* и покровного макрокомплекса — *плиты*. Только в таком широком понимании платформа (или платформенная область) имеет свое полное историко-геологическое содержание и выступает как один из двух классов центральных объектов геотектонической организации. В вертикальном разрезе платформ выделяются также подсистемы-компоненты тектонических ярусов и этажей, проявляющихся как в покровном комплексе, так и в комплексе основания.

В региональном плане подсистемами-элементами платформ являются *синеклизы* и *антеклизы*, которые охватывают покровный комплекс, а также могут проявляться в комплексе основания. В пределах покровного комплекса дифференцируются также региональные структурные единицы различных порядков — своды и впадины, валы и депрессии, авлакогены и др.

Что же касается надсистем платформенных областей, то ими выступают такие «мегакомплексы» (в понимании А. А. Богданова), которые получают планетарное распространение. К ним относят совокупности разнотиповых платформенных мегакомплексов: например, континентальных платформ — древних (кратонов) и молодых (квазикратонов).

В пределах уровня организации платформенных тектонокомплексов можно выделить структурные уровни систем следующего ряда: 1) частные «прогибы» и «поднятия» (?), 2) синеклизы и антеклизы, 3) кратогены и 4) платформенные мегакомплексы.

Платформенные формационные парагенезы характеризуют лишь одну из двух главных подсистем платформ — их покровные комплексы. Эти парагенезы формаций слагают слабодислоцированные чехлы и покровы, залегающие на древних и молодых складчатых фундаментах. Если набор формаций подобных парагенезов в целом известен, хотя и не систематизирован, то частные комплексы формаций, по которым можно было бы устанавливать подчиненные тектонические элементы, по-видимому, не выявляются. Возможно, что такого рода корреляции между формационными и тектоническими платформенными комплексами отсутствуют. Выделяют также платформенные формационные комплексы второго порядка: автохтонного и аллохтонного типов, а также специфического осадочно-вулканического типа. Не устанавливается отчетливой связи распределения этих комплексов с размещением валов и прогибов, сводов и впадин, антеклиз и синеклиз, других подсистем платформ (плит), субординация которых в целом выявлена недостаточно. Для выделения различных платформенных подразделений используются преимущественно структурные и (или) второстепенные литолого-формационные признаки; надежность последних критериев для частных структурных элементов очень низка.

Итак, орогенные (геосинклинальные) и платформенные региональные тектонокомплексы, по крайней мере в пределах континентов, являются главными тектоническими системами. Их подсистемами выступают тектонокомплексы частных прогибов и поднятий, а также складчатые и покровные массивы, этажи и ярусы. Надсистемами орогенов и платформ являются планетарные мегакомплексы — геосинклинальные (складчатые) пояса и совокупности платформенных областей. Длние орогенов и кратогенов, а также их главных подсистем, выражается в понятии о геотектоническом цикле, подразделения которого — геотектонические стадии могут отвечать времени формирования тектонических этажей (зон).

Континенты и океаны

Выделение крупнейших регионально-этажных геологических объектов — континентальных и океанических областей — наиболее очевидно со структурной и многих других точек зрения, но в то же время генетическая проблема здесь наименее ясна.

В настоящее время более или менее надежную формационную и тектоническую характеристику имеют континентальные территории и их окраинные зоны. Успехи же морской геологии позволяют пока гипотетически интерпретировать в формационном и тектоническом планах геофизические, геоморфологические и скудные литолого-петрографические данные. По-видимому, есть смысл условиться о различном словоупотреблении терминов: «материк» как область суши, противопоставляемая «мору» (гео-

графические понятия), и «континент» как регионально-этажный геоконплекс первого порядка, противопоставляемый «океану» (геологические понятия).

Надсистемами океанов и континентов, по Г. Штилле, являются Тихоокеанский и Внетихоокеанский макросегменты Земли.

Сами по себе континенты выступают как подсистемы геосинклинальных (орогенных, складчатых) поясов и платформенных областей. Уже потому, что границы континентов и названных тектонокомплексов далеко не всегда совпадают, то последние имеют статус не элементов, но компонентов. Весь же комплекс морфологических, тектонических и вещественных характеристик континентов, суммируется в специфическом строении и составе литосферы континентального сегмента. Строго говоря, то, что мы называем *континентальной земной корой* является геофизическим понятием, и лишь с некоторой долей условности с ним можно отождествлять понятие о континенте. Земная кора континентального типа характеризуется наибольшей мощностью и трехчленным строением («базальтовый», «гранитный» и «осадочный» слои). К континентам относятся подводные окраины материков (шельф, склоны, частично подножия). Геологические границы континентов часто находят продолжение на глубину в геофизических границах (зоны очагов глубокофокусных землетрясений), хотя они не полностью адекватны.

Итак, континенты (также и океаны) являются системами самостоятельного уровня организации, который подразделяется на структурные уровни «континентального макросегмента» и конкретных континентов. Элементами континентов и океанов, по-видимому, могут рассматриваться еще не вполне выясненные структурные единицы, выделяемые по составу, набору и характеру геослоев коры.

Между континентальным и океаническим типами земной коры отсутствуют постепенные переходы в буквальном смысле слова. Так в приграничных зонах Тихоокеанского пояса развита мозаика блоков различного типа, при этом перемежаются блоки как континентального, так и океанического типов, а также блоки с корой так называемого промежуточного типа, состоящей, например, из маломощного «гранитного» и «базальтового» слоев (а также осадочного слоя).

Геофизическим по существу остается понятие и об *океаническом типе земной коры*, который отвечает океаническим впадинам. Этот тип коры характеризуется малой мощностью и отсутствием «гранитного» слоя. В отличие от континентов сведения об океаническом «осадочном» слое столь скудны, что сам термин еще не всегда можно употреблять без кавычек. Оказавшаяся несколько неожиданной, тектоническая гетерогенность океанов увеличивает трудности получения фактов и уменьшает надежность теоретической их интерпретации. В силу лучшего знания геологии материков мы часто склонны экстраполировать наши

традиционные представления на океанический сегмент, пренебрегая иногда ограниченностью данных для экстраполяции. «Открытие» океанов, подобно «открытию» Луны, требует постановки и решения все большего числа вновь возникающих проблем.

В осадочной оболочке океанов самые общие литолого-петрографические данные позволяют предполагать наличие различных групп эффузивно-осадочных и осадочных формаций, отвечающих прежде всего океаническим платформам — «талассократонам». Эта группа формаций может различаться по классам, например, по преобладающему развитию или эффузивных пород, или известняков, или кремнисто-карбонатных осадков и др. Однако литологические данные еще не дают оснований для структурного подразделения океанических платформ, которое проводится сейчас по морфологическим и геофизическим данным. Выделяемые таким путем единицы по масштабу близки к континентальным тектонокомплексам типа синеклиз и антеклиз, а также тектонических этажей. Так, геофизические данные позволяют в ряде случаев предполагать наличие двухъярусного строения осадочной оболочки океанов, верхний слой которой представлен неконсолированными осадками. Одними исследователями признается качественное отличие литологического состава океанических осадков от захороненных ныне на континентах отложений, другие говорят об их принципиальном сходстве.

По-видимому, своеобразные формационные парагенезы формируются в областях островных дуг и глубоководных желобов («талассогеосинклиналей», по Н. А. Богданову). Здесь выделяются эффузивно-осадочные, осадочные и плутонические (обычно базитовые) формационные серии, которые напоминают образования таких тектонокомплексов, как краевые и межгорные прогибы, многоэпсинклинали и даже эвгеосинклинали. Тектоническое расчленение островных систем с морфологической точки зрения не вызывает больших затруднений и хорошо обосновывается также данными геофизики и «наземной» геологии. Области талассогеосинклиналей и талассократонов ни в структурном, ни в генетическом смысле еще теоретически не увязаны. Под вопросом остается и их системное соотношение: равнозначность или же субординированность.

Более вероятно, что по масштабам структурно сопоставимы талассократоны и области срединноокеанических хребтов («георифтогенали», по Г. Б. Удинцеву и др.). Делаются попытки включения областей срединноокеанических хребтов в глобальную систему распределения складчатых поясов. С другой стороны, на основании структурных и литологических данных (признаки офиолитовой формации и др.) рифтовые зоны срединноокеанических хребтов могут трактоваться как эвгеосинклинали (А. В. Пейве и др.).

Континентальные и океанические области как естественные геологические системы выходят за рамки понятия о тектонокомп-

лексах. Существующий между ними и тектонокомплексами других уровней переход («квант организации») еще далек от выяснения; правда геологи различными противоречивыми гипотезами уже многие десятилетия пытаются уяснить связь между геосинклиналями и платформами, с одной стороны, и континентами и океанами, с другой. Пока что естественная перекодировка факторов перехода между этими классами объектов скрывается за двумя иксами — неизвестны системообразующие факторы обеих уровней.

ГЕОСИСТЕМЫ, ЭКОСИСТЕМЫ И БИОСИСТЕМЫ КАК КОМПОНЕНТЫ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

О биогеоценотических системах

Сложные естественные тела геолого-географических оболочек — таксономически определенные *геосистемы* относятся к различным уровням и линиям взаимопересекающейся и переплетающейся квазиерархической организации Земли..

Среди геологических объектов, наряду с вещественной (минерально-формационной) и эндогенно-структурной (геотектонической) линиями геосистем, выделяется стратиграфическая линия организации, которая представлена специфическими историческими системами — *стратокомплексами*. Последние являются своего рода «былыми физико-географическими системами» и в таком смысле характеризуются стадийностью, переходя из фазы активного развития в фазу латентного состояния с возможным переходом вновь в динамическую фазу (например, размыва или ультраметаморфизма). Рассматриваемые геосистемы интегрируют в своей организации эндогенные и экзогенные процессы вещественной и структурной линий. Существенным компонентом многих стратокомплексов в их активной стадии выступают *экосистемы* (понятие А. Танслея, 1935 г.), т. е. объекты биогеоценотической организации, которые в стадии захоронения проявляются в виде палеоэкосистем (Красилов, 1970) или биостратиграфических подразделений.

В собственно-географическом ряду геосистем выделяются снизу вверх по иерархии: урочища, ландшафты, зоны, провинции, пояса, материк и море, географическая оболочка. Экосистемы образуют свой таксономический ряд единиц (вплоть до *биогеосферы*)¹, которые полностью не совпадают с физико-географическими системами, хотя и выделяются в их пределах. Существует

¹ «Биогеосфера» в принятом здесь понимании примерно соответствует биосфере в широком смысле, по В. И. Вернадскому; термин «биосфера» употребляется ниже в узком смысле в качестве биосистемы высшего порядка, как, например, в книге И. П. Сегрова «Организация биосистем» (Л., «Наука», 1971).

также ряд собственно биологических систем от организмов и их сообществ (биоценозов, по К. Мебиусу, 1877 г.) до биосферы в целом, к которым относятся также ареалы и филы — области и временные интервалы распространения популяций и таксонов. Подобно тому, как среди геологических объектов одно из центральных мест принадлежит формации, а среди географических — ландшафту, среди экосистем важнейшей считается *биогеоценоз* (В. Н. Сукачев, 1945 г.), у которого могут быть структурные ярусные подсистемы — синузны. Экосистемами более высокого уровня, чем биогеоценозы, может быть, являются *адаптивные зоны*, но только в смысле поливидовых совокупностей. Биогеоценоз содержит два главных компонента: среду существования (биотоп, в захоронении — литотоп) и сообщество организмов — *биоценоз*.

В пределах биогеоценоза каждый вид занимает определенную экологическую нишу, которая является элементом видового ареала. Понятие об экологической нише, если понимать ее не как статический элемент среды, а в качестве компонента биогеоценоза, отражает как бы «квант» перехода между биологической и биогеоценотической организацией, которые находятся между собой в отношениях не субординации, а топологического взаимопроникновения. Этот квант содержит ряд компонент — абиотическую, генетико-популяционную. Очевидно, что эти компоненты могут быть как внутри-, так и внеэкосистемными. Так, абиотические факторы не могут быть ограничены только пределами данной экосистемы, поскольку в физическом смысле она является открытой системой. Этапность развития органического мира, которая фиксируется всем опытом биостратиграфии и исторической геологии, может быть понята через последовательную расшифровку биогеоценотической организации на различных уровнях ее проявления — от экологической ниши и биогеоценоза до биогеосферы. По всей вероятности, на разных уровнях и в различное время те или иные факторы периодичности могли играть разную роль.

Понятие биологического вида и популяций в палеонтологии является лишь приблизительно равнозначным понятию о видах и популяциях в современной биосфере. Тем не менее палеонтология более или менее успешно справляется с одной из главных своих задач — установлением сквозных линий эволюции организмов в течение всей их истории до нашего времени. Учитывая сложнейшее топологическое пространственное и временное переплетение видовых экологических ниш в биогеоценозах и ареалов в биосфере нужно реконструировать эти отношения в ретроспективном «палеогенном» (палеонтологическом) пространстве: «Эволюция есть не что иное, как распространение фронта гигантской волны по этому «палеогенному пространству» (На пути..., 1970, стр. 45). Можно напомнить, что идея волн жизни и эволюции развивалась у нас В. И. Вернадским, Б. Л. Личковым и др.

Для исторической реконструкции этого палеопространства не-

обходимо решить проблему таксономии экосистем и биоценологических единиц. Если биогеоценоз и адаптивная зона могут рассматриваться как экосистемы разных уровней, то понятие о биогеографических единицах уже носит биоценологический или биотаксонный характер. От биогеоценоза до литотопа органические остатки, как правило, проходят через стадии *танатоценоза* и *тафоценоза* — сообразность захоронения и погребения, которые, конечно, весьма отличаются от сообществ жизни. В ископаемом сообществе обычно совмещается комплекс местного биоценоза и комплексы привнесенных форм. Примерами могут служить, например, совместные захоронения мелководного и глубоководного планктона, nekтона и бентоса в донном осадке; или кладбища ископаемых позвоночных в аллювии; или, наконец, спорово-пыльцевые спектры. Первый пример может представлять собой одноплоскостную проекцию верикального батиметрического разреза морской биоты; второй — точечную концентрацию линейных сечений биоценозов; третий — локальное смешение форм, характеризующих фитогеографические районы.

Процессы, связанные с переносом, захоронением, переотложением и сохранением организмов и их остатков, способствуют разрешению биостратиграфических проблем, например, связанных с корреляцией морских и континентальных толщ с помощью спорово-пыльцевого анализа. Этим оттеняется то обстоятельство, что биогеоценологические процессы сами по себе составляют лишь компоненту более общей стратиграфической организации.

Биологические системы, в частности биоценологического ряда, являются первичными по своему характеру, т. е. детерминируются главным образом (или прежде всего) внутренними факторами биологической активности, что обуславливает наличие единой (но не одной) линии прямой субординации биосистем разного уровня от организма до биосферы в целом. Именно это и делает палеонтологический критерий сквозным признаком и для местных, и для планетарных стратиграфических единиц. Поэтому, несмотря на усложнение биологической организации по мере продвижения вверх по биологической иерархии, по-видимому, существует прямая субординация биоценологических и биостратиграфических объектов различных уровней.

Если бы биосистемы составляли детерминирующую компоненту вмещающих их геосистем, то можно было бы ожидать наличия единой линии строго субординированных стратоконкомплексов от местного до планетарного масштаба. Но геологические объекты стратисферы являются преимущественно динамическими системами вторичного типа, в которых доминирующая роль принадлежит внешним факторам, весьма различающимся по своему характеру, набору и значению для систем различного масштаба. Поэтому трудно представить существование единой линии простой иерархической субординации геосистем. Вероятен, например, элементарно-структурный разрыв между местными и планетарными

стратоконплексами, хотя увязка тех и других возможна с помощью единых временных шкал, например, биологической, радиологической или палеомагнитной.

Местные и региональные стратоконплексы

В местной и региональной стратиграфии наименьшими элементарными единицами считаются *пласты, пакки, слои*, т. е. достаточно очевидные вещественные образования с однозначно трактуемыми границами, отчетливо фиксирующие мелкие единицы геологического времени, которые часто совпадают с интервалами палеобиологического времени. Физическому времени границы их неадекватны (диахронны, по В. Райту, 1926 г.). Вещественной компонентой элементарных стратоконплексов являются парагенезы горных пород (от монопородных тел до формаций). С геотектоническими системами эти единицы коррелируются через многоступенчатую слоистую структуру. Структурными их компонентами разного порядка являются слои, прослои, слойки и т. п. Будучи элементарными стратоконплексами рассматриваемые образования не имеют своих стратиграфических элементов, но сами они должны выступать элементами стратиграфических единиц вышележащего уровня.

В начальной стадии (в генетической фазе) развития элементарному стратоконплексу часто отвечала экосистема (биогеоценоз или его подразделение). Можно полагать, что отдельные слои могут быть эквивалентными элементарным биогеоценотическим единицам, например, в морских биогеоценозах — ярусным подразделениям, а в континентальных — синузиям. По-видимому, для биологической характеристики элементарных биогеоценозов, соответственно и для палеонтологической характеристики элементарных стратоконплексов, наиболее существенным является преобладание фактора среды — биотопа, подчиняющего себе биологическое сообщество.

К следующему уже надэлементарному уровню стратиграфических единиц относится основное подразделение местной шкалы — *свита*, противоречия в трактовке которой связаны с трудностью объединения различных аспектов стратиграфической организации в одном понятии. Во-первых, явственно выступает региональный характер свиты, что само по себе противопоставляет ее планетарным единицам. Во-вторых, в отличие от элементарных стратоконплексов, на уровне свиты уже проявляются эволюционно-видовые и популяционно-географические закономерности органического мира. В свите наблюдается своего рода диссимметрия между неорганической и органической составляющей. Стратиграфическими элементами свиты явственно выступают элементарные стратоконплексы — пакки, слои, пласты. Вещественными компонентами свит могут являться формации, которые на практике часто выделяются в качестве литостратигра-

фических единиц. Трудно ответить на вопрос о материнских геосистемах для свит: в физико-географической оболочке ими могли быть, например, ландшафты; что касается сопоставления с экосистемами, то шкала последних еще не разработана.

Структурно-системный подход позволяет предполагать наличие общего уровня организации региональных стратиграфических подразделений, объекты которого находятся в отношении субординации, образуя внутренние структурные уровни: пачек — свит — *серий*.

В местной и региональной стратиграфии особое место принадлежит сугубо биостратиграфическому расчленению и корреляции. Так, *биоэкозона* отвечает отдельному виду или таксону, отражая эволюционно-популяционную линию филогенетического развития биосистемы. *Ценозона* (опшельзона) включает комплекс видов или таксонов, характеризующихся геологической синхронностью; это понятие преимущественно биоценотическое. Что же касается биогеоценотической организации, то ей в большей мере соответствуют *экозоны*, которые характеризуют экологическое сообщество организмов и среды. Только экозоны соответствуют требованиям, предъявляемым к хроностратиграфическим подразделениям. Такой стратокомплекс может соответствовать адаптивной зоне, что, однако, остается предположительным и требует специальных исследований.

Если полагать, что свиты и экозоны (хронозоны) близки по уровню структурной организации, то свиты чаще характеризуют преимущественно литостратиграфический аспект более общей геологической организации, а экозоны — биостратиграфический аспект последней. В тех случаях, когда свита по объективным или субъективным причинам абстрагирована от биологической составляющей, она выступает чисто литостратиграфическим подразделением, которое образует субстрат геологической организации. Если же зона абстрагируется нами от этого субстрата, то она является чисто биостратиграфическим подразделением (биоэкозоной, ценозоной), которое уже лишь косвенным образом характеризует общую геологическую организацию.

Биоэкозона и ценозона являются «диссоциирующими» компонентами местных и региональных стратокомплексов, их автономными производными; экозона представляет собой биогеоценотическое ядро геологической организации стратокомплексов, не имея, таким образом, пространственно-временной автономии. Экозона может рассматриваться хроностратиграфическим подразделением, но поскольку субстратом ее является литотоп, то палеонтологический критерий для ее установления оказывается неполным.

Региональные и планетарные стратоконплексы

До сих пор говорилось о *локально-региональном уровне стратиграфической организации*, к которому можно отнести ряд общегеологических стратоконплексов «пласт — свита — серия» и более частный ряд палеобиогеоценотических стратоконплексов, центральное место в котором принадлежит экозоне (хронозоне); причем, если нижние единицы — пласты — могут быть аналогичными, то верхняя единица первого ряда — серия, как будто бы не находит своего аналога во втором ряду, если им не считать *ярус* в качестве подразделения провинциального масштаба. В случае правомочности последней точки зрения, подтверждение которой зависит от эмпирических данных, провинциальный ярус по структурному уровню мог бы оказаться близким серии. Не исключено, что и ярус и серия являются стратоконплексами переходного регионально-планетарного значения. Развитие первичных океанических экосистем позволяет выделять ярусы всемирного распространения. При выделении ярусов, наряду с биоценотическими критериями, необходимо учитывать и палеогеологические признаки, если не считать его чисто биостратиграфической единицей, отражающей лишь динамику (региональные потоки) фаун и флор прошлого. В последнем случае следовало бы выделять «биоярусы» и «ценоярусы», которым субординированы биозоны и ценозоны. Но палеонтологические зоны в качестве подразделений исторической палеонтологии не должны быть субординированы ярусам — подразделениям исторической стратиграфии.

Если эмпирически подтвердится мировое значение всех или большинства ярусов, то с точки зрения критерия системности планетарные ярусы будут являться элементами отделов и систем, слагая их «без остатка». В таком случае ярусы окажутся элементарными стратоконплексами *уровня глобальной стратиграфической организации*. При этом они могут не иметь своих элементов, а зоны окажутся лишь биостратиграфическими компонентами яруса, сосуществующими наряду с литостратиграфическими его компонентами. Как бы то ни было, но в понятии о ярусе происходит своего рода конвергенция планетарного и регионального, а также биогеоценотического, литостратиграфического и биостратиграфического аспектов понятия о геологической организации. При этом достаточно явно намечается различие между палеобиогеоценотической организацией в планетарных масштабах (системы, ярусы) и в региональных масштабах (ярусы, зоны, пласты).

Итак, или ярус заканчивает структурный ряд субординированных единиц «пласт — свита (зона) — серия (ярус)», или же он начинает ряд вышележащего уровня организации «ярус — отдел — система». Возможно, существует *нарушение субординации*, либо имеющее место между ярусом и зоной, что соответствует второму из названных вариантов, либо же этот перерыв имеет место между ярусами и отделами стратиграфических систем, что отвечает первому варианту.

То обстоятельство, что ярусы выделяются не путем разбиения *отделов* или систем, а отделы и системы устанавливаются не через объединение ярусов, свидетельствует в пользу первого из двух названных вариантов иерархий, что не исключает, однако, случаев универсального распространения зонально-ярусных биоккомплексов в планетарном масштабе. Принадлежность ярусов к регионально-провинциальному уровню организации нисколько не уменьшает корреляционного значения зонально-ярусных биоккомплексов, представители которых мигрируют за пределы материнских биогеоценологических обстановок как в силу своей биологической активности так и под воздействием внешних геологических факторов (течения, ветры, тафономические процессы и т. д.).

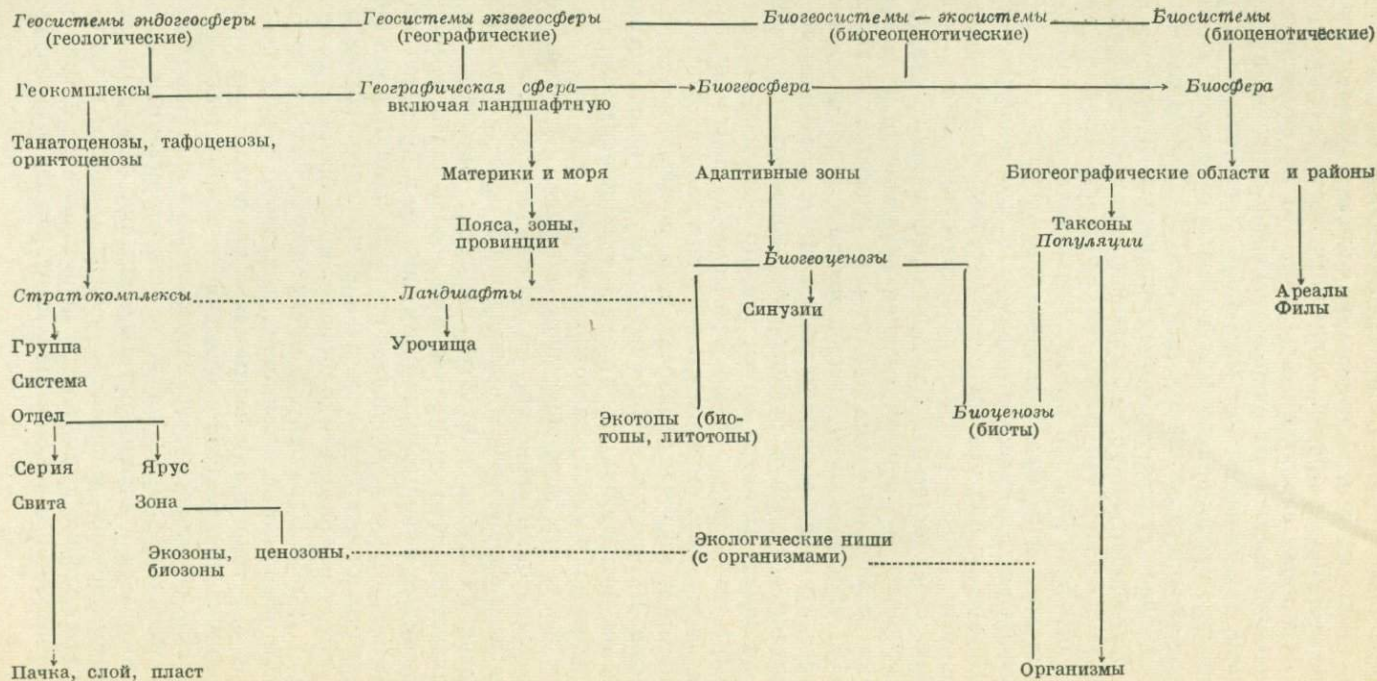
Последнее показывает важность различения понятий о биогеографических, о палеогеографических и о геологических регионах. Первые из них отвечают сообществам организмов, вторые — изохронным срезам географо-геологических систем, а третьи — историческим системам. Биостратиграфическая характеристика их различна: для первых главное заключается в установлении таксонов и биогеоценозов, для вторых существенно важным оказывается выяснение всего спектра местных и привнесенных форм, для третьих необходимым является также установление условий сохранения остатков и расшифровка неполноты палеонтологической летописи. Понятие яруса должно быть собственно-геологическим, а тем самым в более узком смысле палеогеографическим. По-видимому, есть смысл и в выделении палеонтологических ярусов, которые могут использоваться в зонально-ярусной биостратиграфии и иметь особый смысл при выяснении миграционных процессов, выходящих за пределы материнских палеоэкосистем и происходящих между палеоэкосистемами.

Тот факт, что первоначальное и основное стратиграфическое расчленение было проведено на уровне *систем*, объясняется универсальным характером и определенной целостностью последних. Несмотря на дискуссионность понятия о системах, существование их установлено эмпирическими обобщениями комплекса геологических и палеонтологических данных в пределах многих регионов мира. Стратиграфические системы являются историческими элементами стратисферы, а также отражают главную временную структуру развития биосферы и экзогенной геологической сферы в целом. Конечно, эта временная структура требует дальнейшего обоснования, уточнения, выявления новых особенностей, а главное, установления взаимосвязи различных критериев, включая математические (топологические и количественные). Как историческое образование стратиграфические системы обладают высокой степенью уникальности, но как естественные тела определенного класса и уровня организации они обладают и сходными родовыми чертами, к которым относят аналогии в тектонических и палеогеографических условиях формирования систем.

Формируясь под воздействием факторов планетарного масштаба,

Таблица 9

Некоторые соотношения геосистем, биогеосистем и биосистем



стратиграфические системы выступают объектами как бы встречной иерархии — контриерархии по отношению к стратоконкомплексам более локального масштаба. Биогеоценотическая организация систем является лишь частью генерирующего их общего геологического процесса. На данном уровне значение планетарных геологических процессов для развития органического мира столь велико, что соответствующие системам геохронологические периоды включают равнозначные по длительности или подчинению стадии развития биогосферы и ее подсистем. Системы (и периоды), а также их элементы — отделы (и эпохи) заключают в своих пределах эволюционные звенья и ряды палеобиогеоценозов и других палеоэкосистем, изменения которых фиксируются в виде хронологических закономерностей и в разрезе.

Отделы как элементы стратиграфических систем выделяются путем их разбиения, т. е. сверху. Вопрос о количестве отделов в системах, как и о количестве ярусов в разных регионах, не представляется принципиальным, если не отождествляется геологическое и физическое пространство и время. В случае их отождествления возникает своего рода псевдопроблема «втискивания» фиксированного количества отделов и ярусов в прокрустово ложе интервалов физического времени. Что касается вопроса о том, считать ли ярусы компонентами или элементами отделов, то решение его зависит от эмпирических данных о структурно-системных отношениях между зонами и ярусами и ярусами и отделами. Принимая точку зрения о региональном уровне организации ярусов, нужно будет признавать их компонентами отделов и систем, полагая при этом принципиальную возможность в ряде случаев близости объемов и совпадении ярусов и отделов.

Понятие о наиболее общих стратоконкомплексах — *группах* (эратемах) — носит во многом условный характер, так как они не являются структурно равнозначными элементами стратиграфической организации и истории Земли. Речь идет о комплексах, изучаемых с различной детальностью, что зависит и от геологических условий образования и сохранения этих комплексов. Отсюда и столь огромное различие между критериями выделения, изученностью, а также объемами докембрийских групп, с одной стороны, и кайнозойской группы, с другой. Главными критериями докембрийской стратиграфии могут быть общегеологические.

Общие геологические критерии (палеоклиматический и др.) играют главную роль в стратиграфии и четвертичных отложений. Применяемые в стратиграфии разновозрастных комплексов критерии тесно связаны с геологической основой. Эта связь более сложна при выяснении кембрийско-третичной истории, поскольку главным критерием здесь выступает автономная биологическая эволюция, опосредуемая в биогеоценотической организации. В табл. 9 отражены соотношения геосистем, биогосистем и биосистем.

**К ОБОСНОВАНИЮ ЕСТЕСТВЕННОЙ СИСТЕМАТИКИ
ОБОЛОЧЕК ЗЕМЛИ**

«Можно сейчас утверждать как научный факт, что наша планета состоит из концентрических оболочек, материально относимых к земному геюиду, устойчивых и прочных во времени, но находящихся в непрерывном, более или менее резко проявляющемся закономерном изменении и становлении в геологическом времени. Эти концентрические оболочки находятся в устойчивом динамическом равновесии в геологическом и историческом времени, которое в отличие от механизма можно назвать организованностью планеты. Отличие организованности от механизма в основном заключается в том, что в ходе времени точки оболочки никогда не возвращаются в то же самое положение, в то же место. Они возвращаются только в близкое. Говоря о концентрической последовательности геологических оболочек и геосфер, мы должны понимать их не как геометрически правильные концентрические объемы планеты, ограниченные шаровыми и эллипсоидальными поверхностями». — В. И. Вернадский (1965, стр. 111).

Постановка проблемы

Оболочечное строение Земли как эмпирическое обобщение было сформулировано Э. Зюссом. В. И. Вернадский поставил проблему о взаимодействии оболочек Земли как ее элементов и компонентов. Однако до сих пор эта кардинальная комплексная проблема не получила достаточного обоснования. Специфика ее в том, что единый естественный объект — планета, выступает предметом ряда наук, изучающих различные уровни ее организации, но подчас слабо связанных между собой. Вырабатываемые теми или иными науками модели Земли отражают лишь некоторые ее аспекты и свойства, но существует тенденция к толкованию их как исчерпывающих объект в целом. Так, например, геофизические модели твердой Земли, гипотетически интерпретированные в геохимическом плане, нередко преподносятся как истинное геологическое знание. В настоящее время узлом проблемы оказывается выявление естественной систематики геосфер и геоболочек, которая необходима для объединения усилий наук о Земле, для создания общей ее теории. Разработка систематики должна проводиться дифференцированно для различных уровней организации с последующим обоснованием комплексных оболочек, которые отчасти уже установлены эмпирически и подуинтуитивно. Важно также учитывать вопрос о диссимметрии планетных оболочек, остро поставленный В. И. Вернадским.

Земля как целостная система обладает квазиерархией компонентов и элементов различных уровней — от физических полей и субатомных частиц до оболочек, причем последние могут рассматриваться как главные подсистемы, а объекты других уровней как подсистемы высоких порядков. Однако и сами оболочки Земли организованы на разных уровнях и поэтому для установ-

ления главных подсистем планеты необходимо последовательно рассматривать ее физическую, химическую, геологическую и биологическую организацию. На каждом уровне можно выделить геосферы и геоболочки (оболочки), причем первые соответствуют тому или иному уровню организации, а вторые являются подсистемами первых. Условно учитывая традиционную терминологию, геоболочки можно рассматривать как геосферы второго и более высоких порядков. Единая модель Земли, создание которой станет возможным в обозримом будущем, должна учесть пространственно-временную неадекватность объектов различных уровней и несовпадение границ разнородных оболочек. Общая теория Земли в принципе не может быть «физической», «химической» или «физико-химической», как это иногда утверждается; таковыми могут быть лишь теории частных ее моделей. Общая теория Земли должна быть специфической и основываться прежде всего на геологической теории.

ОБЩАЯ ФИЗИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ЗЕМЛИ

Понятие о геомассэргосфере и ее составляющих

В. И. Вернадский писал: «Можно характеризовать геологические оболочки и геосферы разным образом, исходя из характера их вещества и явлений, в них происходящих. В 1924—1934 гг. я отметил удобство учитывать для их характеристики: 1) термодинамические геологические оболочки и геосферы, 2) фазовые, 3) парагенетические, 4) энергетически лучевые» (1965, стр. 110). Эти мысли следует конкретизировать.

Планета Земля как физическая система представляет собой целостную квазиерархическую совокупность физических тел, субстанцией которых являются вещество и поля, выступающие совместно носителями физических атрибутов — массы и энергии (импульса), а также физического пространства и физического времени. Земля в целом как физический объект является единой геосферой, которую можно назвать *геомассэргосферой*¹. Понятие о массэргии (Джеммер, 1967) объединяет понятия массы и энергии, отвечающие мерам состояния и движения объектов. Массэргосфера может рассматриваться как центросистема с доминирующим в ней веществом. Составляющие массэргосферы физически взаимодействуют между собой и с внеземными телами.

Организация массэргосферы прежде всего выражается в своего рода поляризации ее на компоненты — более пассивную (в физическом смысле) вещественную и более активную полевую. Эта поляриность проявляется в пространственно-временной неадекватности (при частичном совмещении) физических составляющих и

¹ Для удобства частица «гео-» далее будет по возможности опускаться.

в неоднородности и неизотропности физических свойств Земли и ее элементов. В земных физико-химических процессах полевая энергетическая компонента, играя огромную организующую роль, проявляется в ничтожных количествах и в основном остается в «связанном» состоянии. С повышением уровня физических объектов относительная автономность вещественной и полевой составляющих возрастает (особенно для макротел), причем зависимость между ними оказывается весьма сложной и дифференцированной.

Вещественная составляющая Земли — *геомассасфера*, — основным физическим атрибутом которой является масса покоя, может рассматриваться как единая механическая (и квантово-механическая) система. Массасфера представляет собой целостную иерархическую совокупность физических объектов различных уровней организации вещества (от субатомных частиц до оболочек) и выступает как центрэлемент (и интрасистема) всей физической системы Земли — *массэргосферы*. Физические свойства массасферы определяются взаимодействиями на субатомных, атомно-молекулярных, а также геологических и космических уровнях. Преимущественно процессами на последних двух уровнях сформированы ее главные элементы — *агрегатные* геосферы и оболочки: *ионосфера*, *атмосфера*, *гидросфера* и *террасфера* (твердая оболочка). Они одновременно являются объектами и физической, и химической, и геологической, и космической организаций, отражая переплетение иерархических и контриерархических взаимодействий микро-, макро- и мегамира, стыком и узлом которых оказывается массэргосфера.

Естественными телами полевой составляющей Земли — *геоэргосферы* — являются разнородные фундаментальные физические поля, главным физическим атрибутом которых выступает энергия-импульс. Эти физические поля, будучи протяженными конечными объектами, могут считаться «безграничными» только при определенных математических интерпретациях. Поля относятся к субатомным уровням организации, но сопровождают вещественные тела всех уровней, хотя в определенных условиях могут существовать и независимо от них. Разнородные физические поля, будучи часто совмещенными, все же пространственно неадекватны между собой. Эргосфера намного превосходит объем массасферы и не является заведомо целостной системой, несмотря на то, что все объекты ее относятся к субатомным уровням. Эргосфера по существу не компонент, а группа компонентов массэргосферы, отвечающих геосферам фундаментальных физических полей. Выделение массасферы и эргосферы, относящихся к разным группам уровней организации, в качестве компонентов массэргосферы отражает глубинную иерархию физических объектов.

Для физического объекта вещество и (или) поле являются субстанциями, для более сложных естественных тел они часто рассматриваются лишь как атрибуты. Физические поля в целом

принадлежат к более глубоким уровням организации, чем вещество, и оказываются по сравнению с ним более фундаментальными, поскольку могут не содержать вещественных частиц. Частиц же без и вне полей нет. Систематика полей не получила еще выражения в виде физического закона, а так называемые единые теории поля оказались до сих пор несостоятельными, может быть потому, что не учитывали принадлежности полей к разным уровням организации.

К самому глубокому из известных уровней организации нужно отнести наиболее универсальное гравитационное поле, которое пронизывает всю физическую реальность. Но и уровень гравитационного поля может, по-видимому, рассматриваться на различных ступенях (-состояниях), дифференциация которых оказывается необходимой для мегамира, например, состояние гравитационного коллапса в квазарах или возможного «гравитационного вакуума» после взрыва последних. По-видимому, к промежуточной ступени между этими состояниями может относиться «нормальное» поле тяготения Земли — *геогрависфера*.

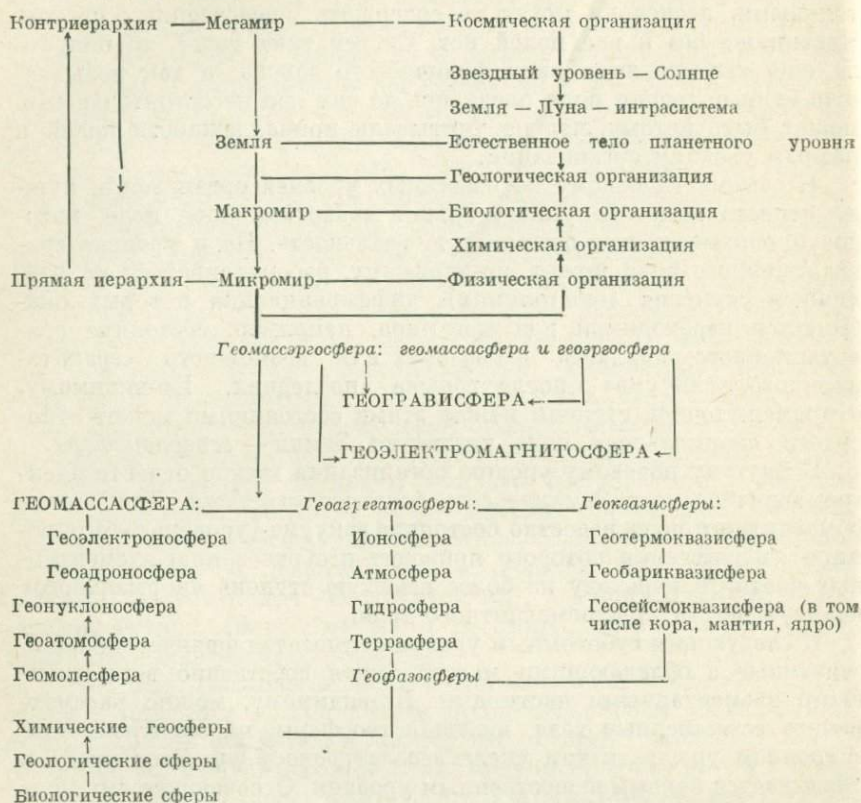
К другому полевому уровню организации можно отнести электромагнитное поле Земли — *геоэлектромагнитосферу*. Для электромагнитного поля известно состояние вакуума (уровень субмикромра), флуктуации которого приводят к образованию элементарных частиц и переходу на более высокую ступень «нормального» квантующегося электромагнитного поля.

К следующим субатомным уровням относятся физические поля, связанные с обладающими массой покоя собственно вещественными элементарными частицами. По-видимому, можно рассматривать естественные тела, включая геосферы, на электронно-позитронном уровне, в том числе *геоэлектроносферу*. Этот уровень оказывается первым вещественным уровнем. Отвечающее ему поле (третий полевой уровень) уже не имеет столь самостоятельного значения и привязано к веществу. Электроносфера отвечает массасфере на самом нижнем ее уровне и подразделяется на рядомположенные элементы: 1) экзэлектроносферу, к которой в частности принадлежат внешние пояса свободных электронов в ионосфере (электроносфера, по В. И. Почтареву); 2) мезоэлектроносферу, поля которой особенно тесно связаны с веществом и 3) гипотетическую эндоэлектроносферу в центре Земли, которая может выполняться электронной плазмой в виде металлизированной жидкости с твердостью стали (Капустинский, 1956).

Поля ядерных сил, играющие огромную роль в космических процессах, на Земле оказываются крайне локализованными. Они не принимают непосредственного участия в жизни макросистем. Но процессы в естественных телах на близких друг другу электронно-позитронном и адронном уровнях обуславливают квантово-механические свойства макротел. Поэтому представляется целесообразным выделять *геоадроносферу*, поля которой «заморожены» в веществе. Но все же эти поля являются составными

Таблица 10

Общая организация Земли



частями эргосферы, отражая в ней, вероятно, очень близкие третий и четвертый полевые уровни. Адронсфера по уровню близка электронсфере, составляя первый и второй вещественные атомные уровни массасферы. Можно выделять эндо-, мезо- и экзoadронсферы: первую — гипотетическую, отвечающую плазме ядра Земли; вторую, охватывающую связанные адроны большей части планеты; третью, совпадающую с радиационным поясом со свободными протонами в ионосфере. Пространственная неадекватность электронной и адронной экзосфер устанавливается вполне определенно. Не исключена она и для эндосфер, что может открыть новые перспективы в наших представлениях о ядре террасферы.

К следующей ступени субатомной организации вещества относятся атомные ядра, на уровне которых Землю можно рассматривать как *геонуклоносферу*. Можно выделить внешнюю оболочку — экзонуклоносферу с автономными атомными ядрами в.

ионосфере, среднюю оболочку — мезонуклоносферу со связанными ядрами в газообразном, жидком и твердом веществе, а также гипотетическую внутреннюю эндонуклоносферу со свободными ядрами в предполагаемой электронной плазме центральной части террасферы. Поскольку атомные ядра имеют принципиально новую видовую специфику химических элементов, то, завершая субатомный уровень, они в то же время начинают собственно атомарный уровень организации вещества и являются первыми объектами химической организации. Атомные ядра выступают центральными элементами и интрасистемами наиболее высокоорганизованных объектов микромира — атомов, уровню которых отвечает *геоатмосфера*. К следующему уже молекулярному уровню организации вещества относятся химические соединения, которые образуют *геомолесферу* (табл. 10).

Геогрависфера и геоэлектромагнитосфера

Гравитационная геосфера, непосредственно связанная с массасферой, занимает ту часть поля тяготения солнечной системы, в которой притяжение Земли преобладает над притяжением других космических тел.

Радиус грависферы около 1 млн. км. Границы ее оказываются границами естественного тела Земли (за исключением магнитного «хвоста», см. ниже). Геогрависфера входит в состав поля тяготения солнечной системы — гелиогрависферы, определяемой главным образом самим Солнцем. На Землю воздействуют также гравитационные поля Луны («селеногрависфера») и планет. Воздействие земного тяготения распространяется далеко за пределы геогрависферы (бесконечно в математическом смысле), отражаясь на движении других планетных тел. Благодаря гравитационному взаимодействию в системе Земля — Луна масштабы приливного трения в ней достигают значений космического и геологического факторов.

Грависфера, связанная с массой главным образом внутренних оболочек Земли (террасферы), определяет состояние внешних ее оболочек, а также условия взаимообмена космическим и земным веществом. Помимо специфической интрасистемы — селеногрависферы, в геогрависфере выделяются два главных рядомположенных элемента — оболочки (или геосферы второго порядка). Внутренняя оболочка — эндогрависфера — примерно совпадает с областью концентрации основной гравитирующей массы Земли — террасферой. Ее граница с внешней оболочкой — экзогрависферой (грависфера, по Р. М. Деменицкой) проходит приблизительно в основании атмосферы, поскольку масса гидросферы уже играет заметную роль в грависфере. При более детальном рассмотрении граница между названными оболочками неадекватна границам агрегатных оболочек — ею является эквипотенциальная поверхность геоида, которая, охватывая все притягивающиеся массы

террасферы и гидросферы, отвечает невозмущенной поверхности океана, а на суше заключена внутри верхней «пленки» террасферы и не может быть определена изменениями внешнего поля. Поэтому на суше ее предложено заменять поверхностью квазигеоида. Поле тяжести на этой поверхности определяется действием эндогрависферы в целом, распределением масс в ней, а также местными топографическими и геологическими особенностями.

Потенциал экзогрависферы, определяемый в значительной мере формой нижней границы, имеет очень сложный характер. В экзогрависфере, помимо селеногрависферы, можно выделять оболочки высших порядков, например, по границе массасферы, а также по другим эквипотенциальным поверхностям, отвечающим резким изменениям напряженности поля. В эндогрависфере можно выделить две оболочки второго порядка (геосферы третьего порядка), разделенные границей геофизического «ядра», выше которой ускорение свободно падающего тела меняется незначительно, тогда как внутри ядра постепенно падает до нуля, поскольку силы тяготения в центре Земли уравниваются.

Весьма сложная и изменчивая система электромагнитных полей Земли пространственно занимает меньшую часть объема грависферы (локально выходя за ее границы) и несколько превосходит область геомассасферы, но практически форма и границы ее близки последней. Электромагнитосфера, в отличие от грависферы, чрезвычайно дифференцирована качественно и не имеет линейной связи с массасферой. В то же время электромагнитосфера ответственна за относительную непроницаемость вещественной оболочки.

Господствующее в Метагалактике плазменное состояние вещества определяется развитием космических электромагнитных полей. Все большую определенность приобретают представления об электромагнитных полях галактик (в том числе о нашей «галактикоэлектромагнитосфере») и их подсистем — звездных населений. Получены уже численные данные об электромагнитных полях конкретных звезд и облаках межзвездного газа. В гелиоэлектромагнитосфере могут быть выделены внутренняя и внешняя оболочки — эндогелиоэлектромагнитосфера и экзогелиоэлектромагнитосфера. Первая отвечает полностью ионизированной высокотемпературной плазме Солнца, магнитная компонента которой в целом немногим сильнее земного магнитного поля, но локальные поля могут быть очень сильными. Ко второй относится квазирегулярное магнитное поле, создаваемое электротоками в межпланетном газе; геоэлектромагнитосфера является ее интрасистемой.

В геоэлектромагнитосфере можно выделять оболочки и другие подсистемы в качестве ее основных элементов в целом или же по различным компонентам электромагнитного поля: электростатическому полю, свободному динамическому электромагнит-

оболочка или нижняя эндоэлектромагнитосфера — возможный главный источник индукционного электромагнитного поля всей планеты; вероятно, могут быть выделены оболочки третьего порядка — внутренняя (нейтральная) и внешняя (диполи); 2) предполагаемая средняя оболочка или средняя эндоэлектромагнитосфера — магнитонейтральна, но с переменными токами, индуцированными процессами в экзоэлектромагнитосфере, возможно, состоит из оболочек третьего порядка, которые можно выделять по условиям электропроводности (ионной, электронной); 3) верхняя ферромагнитная оболочка — верхняя эндоэлектромагнитосфера: нижняя граница ее лежит, как правило, ниже поверхности Мохоровичича (магнитовозмущающие массы нередко ее секут), а верхняя выходит за пределы террасферы; электрическая составляющая очень сложна и изменчива и в целом заряжена отрицательно.

В экзоэлектромагнитосфере: 4) нижняя экзоэлектромагнитосфера — в значительной степени электронейтральная и магнитонейтральная воздушная оболочка; 5) средняя экзоэлектромагнитосфера — переменное электромагнитное поле Земли, индуцируемое солнечным излучением; электроразряжена в целом положительно; 6) верхняя экзоэлектромагнитосфера содержит магнитную плазму, состоящую из атомных ядер и электронов, и, по-видимому, в целом квазинейтральна.

Геомассасфера

Организация массасферы начинается с субатомных вещественных уровней, начинающих прямую иерархию, идущую из микромира. Выше отмечалась возможность рассматривать массасферу на уровнях субатомных частиц и атомно-молекулярных, причем во вторых из них проявляется уже и химическая организация. Теперь представляется целесообразным перейти к рассмотрению встречной контриерархической организации вещества, которое сводится прежде всего к выделению главных вещественных геосфер в качестве подсистем массасферы на планетном уровне, откуда уже появляется возможность спуститься к глубоким уровням организации через рассмотрение механических (и квантово-механических) свойств массасферы и ее главных подсистем — оболочек. Массасфера (геосфера первого порядка) дифференцируется по агрегатному состоянию вещества на главные свои рядомположенные элементы — геосферы второго порядка — *агрегатосферы*, которые принадлежат к высшему геологическому или низшему планетному уровню организации вещества. Твердую оболочку (собственно Землю) представляется целесообразным называть «террасферой». Специальное название необходимо потому, что термин «земля» употребляется в разных значениях: для сплошной твердой сферы планеты, для всего ее вещества и, наконец, для естественного объекта в целом (включая физические

поля), как это принято в данной работе. Жидкая и газовая оболочки издавна называются гидросферой и атмосферой. Самую внешнюю плазменную оболочку именуют ионосферой.

Границы оболочек в самом общем виде отчетливы и стабильны, а в деталях взаимопроникающи и мобильны. Главная масса вещества Земли сосредоточена в террасфере, очень малая часть ее заключена в гидросфере и сравнительно ничтожная (около одной миллионной части) принадлежит атмосфере и ионосфере. Наибольший объем имеет ионосфера, за ней следуют террасфера и далее атмосфера и гидросфера. Плотность вещества, связанная с агрегатным его состоянием, убывает от центра планеты к ее периферии, образуя резкие переходы на границах гидросферы. Каждая из оболочек содержит в более или менее заметном, но резко подчиненном количестве вещество, находящееся и в других агрегатных состояниях. Распределение того или иного агрегатного состояния вещества по планете в целом происходит зонально по агрегатосферам, в которых разные состояния выступают в виде более или менее пространственно обособленных однородных частей, соотношение которых для каждой агрегатосферы специфично. Твердое состояние, роль которого для Земли в целом убывает снизу вверх, преобладает в террасфере, сравнительно распространено в гидросфере, меньше в атмосфере и ничтожно в ионосфере. Жидкое, являясь главным для гидросферы, имеет место также в верхних слоях террасферы и в атмосфере. Газовое состояние, помимо атмосферы, развито в верхних слоях террасферы и в гидросфере. Плазменное состояние, доминирующее в ионосфере, встречается также в атмосфере, и, возможно, в других агрегатосферах.

Массасфера может подразделяться также на геосферы третьего порядка — фазовые оболочки — *фазосферы*, характеризующиеся определенным доминирующим фазовым состоянием вещества (кристаллическим, аморфным, газообразным), которое не обязательно совпадает с агрегатным его состоянием. Если агрегатное состояние определяется прежде всего составом вещества, а затем лишь термодинамическими условиями, то для фазовых состояний главную роль играют термодинамические условия. Понятие о фазовом состоянии связано со структурным пониманием фазы, при котором не учитывается состав вещества, при этом отражается характер взаимного расположения субстратных частиц, но не их подвижность. Выделение фазосфер, по-видимому, имеет исключительное значение для террасферы, где можно ожидать наличия оболочек с преобладанием не только кристаллического, но и аморфного состояния вещества.

Распределение в агрегатосферах и фазосферах подчиненных физических и физико-химических фаз дает основание для выделения физических геосфер (оболочек) четвертого и более высоких порядков, систематика которых, как и вообще физических макротел Земли, требует разработки. Первостепенное значение

для такой систематики имеет установление фазовых превращений (и переходов) различного рода.

Террасферу и гидросферу можно условно рассматривать вместе как эндоагрегатосферу, а внешние оболочки как экзоагрегатосферу, на которой следует остановиться. Внешние агрегатные геосферы Земли — атмосфера и ионосфера — содержат вещество в газообразном фазовом состоянии и не имеют резкой границы между собой, которая отвечает переходу (примерно на высоте 1000 км) от области с преобладанием электронейтральных частиц к области преимущественного распространения ионизированных частиц, т. е. относительно холодной околоземной плазмы.

Атмосфера в соответствии с фазовыми превращениями первого рода подразделяется по характеру изменения температуры на следующие фазовые оболочки (геосферы третьего порядка): 1) тропосферу — отрицательный градиент до высоты 10—20 км, нагревается снизу, химический состав одинаков; 2) стратосферу — положительный градиент до высоты около 50 км; 3) мезосферу — отрицательный градиент до высоты 80—90 км, средний молекулярный вес остается прежним; 4) термосферу — положительный градиент примерно до 500 км, нагревается от Солнца, атомарный кислород является важным компонентом, увеличивается содержание легких газов; 5) экзосферу (метасферу, протосферу) — температура постоянна, частицы почти не соударяются, причем некоторые из них покидают Землю. Слои ионизированного газа известны в атмосфере на высотах 70—90, 100—150 км и выше.

Ионосфера содержит много молекулярных ионов, главным образом закиси азота. К нижней ее части (до высоты 160 км) приурочен внутренний радиационный пояс, состоящий в основном из протонов, обладающих большой энергией. Внешний радиационный пояс образуется преимущественно энергичными электронами — верхняя граница его распространяется до высоты 20 000—30 000 км. Устанавливается также на переменном от террасферы расстоянии 40 000—90 000 км и самая внешняя зона заряженных частиц (электронов), которую рассматривают как результат взаимодействия потоков солнечной плазмы с периферийными областями магнитного поля и называют переходным слоем (зоной).

Геовязисферы

Рассмотрение массасферы как механического тела и выделение в ней оболочек высоких порядков основывается не столько на выделении фундаментальных физических полей, сколько на изучении *полей физических свойств* — «квазиполей», которые могут образовывать «квазиоболочки» и «квасисферы». Квазиполя как и квазичастицы являются не вещами, а состояниями вещей. В этом смысле квасисферы не есть естественные тела Земли. Квазиполя отражают физические состояния естественных тел.

Квазиполями, например, являются термодинамическое поле (в том числе раздельно термическое и барическое) и сложное сейсмическое поле. Если различные квазиполя кристаллической и некоторых других сред имеют в масштабе земных оболочек сравнительно частное значение, то важнейшими объектами геофизики являются *термоквазисфера* (термосфера) и *сейсмоквазисфера* (сеймосфера).

При изучении физической организации террасферы геофизики, используя данные о физических свойствах ее у поверхности, экстраполируют их на глубину. При этом для давлений, достигающих 4 млн. атмосфер при температурах до 10 000°, приходится оперировать предположениями об агрегатных и фазовых состояниях вещества. Так, например, говорят о слое со свойствами жидкости на глубине между 2000 и 5000 км. Существующие представления о распределении плотности (и температур) вещества в террасфере, удовлетворяющие многим сейсмическим и другим данным, не застрахованы от коренного их пересмотра.

Геофизические построения, даже касающиеся самых верхних оболочек террасферы, при сопоставлении их с геологическими данными и при детализации геофизических исследований часто оказываются настолько спорными, что нередко складывается мнение, будто центральные оболочки террасферы изучены лучше, чем внешние. Последние обычно также считаются менее однородными, что может оказаться и неверным. К наиболее глубоким недрам интерес в значительной мере остается отвлеченным, тогда как процессы в литосфере оказываются объектом непосредственного внимания геологов, которые склонны принимать гипотетические геофизические модели в качестве фактического материала для геохимических и геологических выводов.

По существу физика сложных макротел разных уровней еще не создана. Сама размерность объектов физики Земли, по-видимому, зависит от соотношения гравитационных и других фундаментальных физических взаимодействий и квантово-механических явлений. Особенно важным может явиться установление специфики подобия, которое принципиально различно в микро-, макро- и мегамире. Представляется, что для прогресса геофизики необходимо наведение теоретических мостов между объектами различных уровней. Пока же физика Земли и ее макротел прилагает к разнородным объектам методы, разработанные в различных областях физики, не всегда достаточно дифференцируя их в зависимости от качественной сущности объектов. Физика Земли есть «геологическая» физика, геофизика. В настоящее время нет иной основы для геофизических построений, чем геологические данные, которые «должны определять структуру всех геофизических построений и устанавливать границы применимости всех теоретических моделей. ...Для осуществления эффективной связи между геологией и геофизикой необходимо, чтобы термины одной из них легко переводились в тер-

мины другой; кроме того, эти науки должны изучать соизмеримые явления» («Физика...», 1966, стр. 156). Уже поэтому столь важно построение сквозного понятийно-терминологического каркаса в науках о Земле.

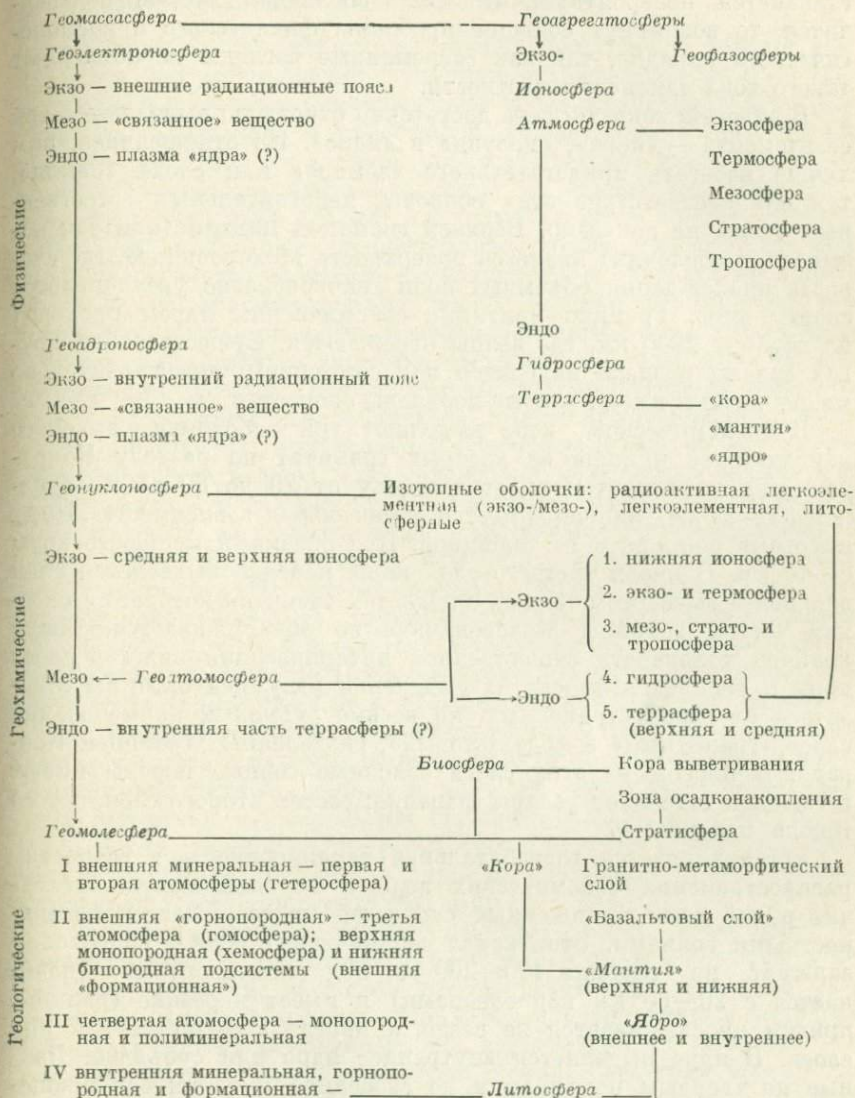
Тепловое поле Вселенной почти не изучено. Тепловой поток Солнца, достигающий поверхности Земли, во много раз превышает собственный тепловой поток последней. Иными словами, внешние оболочки нашей планеты находятся в поле гелиотермоквазисферы, граница которой с геотермоквазисферой проходит большей частью на глубине в несколько десятков метров под нижней границей атмосферы. Термические поля внешней геогрависферы и внешней геомагнитосферы, а также гидросферы, которая является в некотором смысле термонейтральной и не генерирует тепла, слагают как бы промежуточные гелиогеотермические оболочки, причем океаны нагреваются сверху, а атмосфера снизу; таким образом, «экзотермоквазисфера» является смешанной оболочкой. Эндогенное геотермическое поле — «эндотермоквазисфера» — известно по данным измерений теплового потока в близповерхностной зоне террасферы, температур лав и растворов, электропроводности и генерации тепла горными породами. Известные факты не дают уверенных оснований для выделения оболочек высокого порядка. Правда, то обстоятельство, что тепловой поток при значительных его флуктуациях оказывается в среднем равным для океанов и континентов, истолковывается с точки зрения оболочечного распределения радиоактивных источников тепла; предполагается высокая их концентрация близ поверхности на континентах и распределение того же количества на большую глубину под дном океанов. Но пока термоквазисфера является не столько источником сведений о нашей Земле, сколько потребителем данных о других оболочках, что отличает ее от сейсмоквазисферы.

Различные скорости распространения упругих волн характерны для разных частей всех агрегатных оболочек. Так, Б. Гутенберг (1964) обратил внимание на наличие каналов пониженных скоростей не только в литосфере, но и в океане, и в атмосфере. Соответственно можно выделять эндо-, мезо- и экзосейсмоквазисферу. Плотность потока сейсмической энергии, связанной с естественными и искусственными землетрясениями, зависит от расстояния, неоднородностей среды, особенностей излучения из очага, поглощения при внутреннем трении, теплового поля, расстояния на границах с различной теплопроводностью. Предполагается, что должен существовать единый механизм накопления и высвобождения деформаций террасферы, а источником глобальной системы сейсмической активности может быть изменение теплового поля (Магницкий, 1965).

Как подчеркивает В. А. Магницкий (см. «Структура...», 1967), сейсмическая модель изменения плотности Гутенберга — Буллена удовлетворяет наибольшему числу наблюдательных данных, но

Таблица 12

Вещественные геооболочки



подлежит поправкам, согласно новым значениям относительного момента инерции, вычисленным по данным о движении искусственных спутников. Модель с учетом этого значения лучше удовлетворяет современным данным о собственных колебаниях Земли, но вызывает сомнение с физической точки зрения, так как тре-

бует, начиная с глубины 1600 км наличия огромного сверхадиабатического градиента температуры и удаления железа из этой зоны в значительной степени путем диффузии в ядро, что представляется невероятным. Но если последняя модель подтвердится, то возникнут большие проблемы физического и космологического порядка, так как современные взгляды не объясняют такого хода изменения плотности.

В эндосейсмоквасисфере достаточно отчетливо выделяются три ее элемента — «кора», «мантия» и «ядро». По отношению к ним лучше избегать прилагательного «земное» или слова «Земля», так как соответствие этих оболочек действительным естественным телам не доказано. Верхней границей мантии (или так называемой оболочки) является поверхность Мохоровичича, где скорость прохождения объемных волн скачкообразно увеличивается сверху вниз. Граница мантии с сейсмическим ядром проходит на глубине 2900 км, где волны отражаются. Существование других границ раздела находится под сомнением; они значительно менее четки и имеют слабые перепады скоростей.

В сейсмической коре выделяют три оболочки высокого порядка, две нижние из которых граничат по разделу Конрада. Кора континентов имеет толщину от 20 до 80 км (в среднем 35—40 км), причем имеется самая общая зависимость между высотами рельефа и ее толщиной. Под океанами мощность коры 5—10 км. В низах третьего слоя коры нередко выделяется слой еще более высокого порядка, в областях развития которого в океанах четкой границы Мохоровичича не обнаруживается. Ввиду крайней условности вещественной интерпретации нижних слоев коры и неопределенности их выделения разумней было бы отказаться от распространенных, но весьма условных наименований слоев «гранитный» и «базальтовый», разделенных границей Конрада. В первом из этих слоев основные горные породы имеют весьма значительное распространение; состав второго слоя, строго говоря, неизвестен.

Устанавливается горизонтальная неоднородность в скоростях распространения сейсмических волн в верхней мантии. Наличие в ней слоя пониженных скоростей подтверждается поверхностными волнами. Этот канал сейсмических волн — волновод — залегает на глубине 100—200 км под континентами (начинается с 20—60 км под океанами) и имеет нерезкие границы, причем прослеживается не везде, а иногда выделяется как ряд слоев. В ядре выделяется внутреннее ядро или субъядро. Данные по твердым приливам и по свободной нутации оси вращения Земли подтверждают модель с «жидким» ядром. Из данных Б. Гутенберга по дисперсии продольных волн следует, что граница ядра не является фазовой, а определяется реологическими свойствами вещества Земли и частотой сейсмических волн, но эти факты не подтверждены (табл. 12).

Геофизические и геологические оболочки

Принцип неадекватности различных пространств должен учитываться при расшифровке глубинного строения Земли. В доступной непосредственному наблюдению части планетного пространства мы имеем дело с атмосферой, гидросферой и литосферой, причем понятие о последней как естественном теле несколько условно, поскольку нижняя граница ее неизвестна. Литосферу геологи и геофизики обычно называют «земной корой». В верхней части литосферы непосредственно устанавливаются две оболочки: осадочная оболочка — стратисфера и консолидированная оболочка из кристаллических пород, нижняя граница которой неизвестна. Верхнюю часть консолидированной оболочки условно называют «гранитным слоем» и выделяют его основание по геофизическим данным. Нижележащий, так называемый базальтовый, слой оболочки устанавливается только геофизическими методами и также получил условное наименование. Если слагающие литосферу стратисфера и нижележащая консолидированная оболочка являются заведомо геологическими телами, то нижележащие оболочки могут считаться сейчас только геофизическими телами. Земная кора в определенном смысле оказывается нейтральным понятием. Оно имеет слишком общий характер, так как земная кора в качестве геологического тела (литосферы), может пространственно не совпадать с земной корой, установленной по геофизическим данным. Пренебрежение же этим принципиальным обстоятельством приводит к отождествлению многими специалистами геофизических и геологических тел и границ. Необходимо всегда учитывать двусмысленность понятия о земной коре и иметь в виду конкретные данные о том, что границы так называемых гранитной и базальтовой оболочек, выделяемых геофизическими методами, нередко секут геологические макротела, фиксируя, например, изменения лишь их структуры (Геологическое строение..., 1965; Борисов, 1967; и др.).

Многочисленны примеры того, как сугубо гипотетические представления о глубинном строении Земли, в частности о веществе ее мантии, не только противоречат друг другу, но тяготеют над научной мыслью. При этом альтернативные исходные гипотезы служат основанием для далеко идущих выводов. Так, согласно распространенной точке зрения, следствия модельного эксперимента, оперирующего предполагаемым веществом мантии, истолковываются как результаты эксперимента с натуральным объектом, на основе чего делаются выводы о различном химическом составе земной коры и мантии и о выплавлении коры из мантии. Эта интерпретация служит основанием для множества других гипотетических, зачастую противоречивых построений в геологии. Но в этом случае важно не забывать, что исходные

положения остаются пока гипотезой, а проведенное моделирование и расчеты лишь подтверждают допустимость этой гипотезы, но не доказывают ее истинности. Существуют также и другие представления о природе геофизической границы Мохоровичича, которая может рассматриваться как поверхность изменения только структуры, а не состава вещества.

Еще не потеряли значения следующие слова В. И. Вернадского: «Едва ли можно со сколько-нибудь значительной уверенностью, при современном уровне научного знания, в геохимических научных исканиях пользоваться господствующими нашими представлениями о состоянии вещества и характере химических процессов, существующих и могущих быть ниже земной коры. В этой области идет, однако, большая научная работа, и можно ждать, что, может быть, скоро наступит время, когда мы сможем твердо стать в этой области планеты. Но сейчас мы этого, по моему убеждению, с большой надеждой на успех, с пользой дела, в геохимических явлениях делать не можем. И в то же время, делая это, мы погашаем искания, создавая иллюзию знания там, где господствуют научная догадка и экстраполяция» (Вернадский, т. I, 1954, стр. 71). Примерно через десять лет в 1944 г. он писал: «Ниже гранитной оболочки... лежит тяжелая подгранитная оболочка, так названная мною ввиду того, что все существующие представления о ее физико-химическом и петрографическом характере являются явно неверными или вызывают серьезные сомнения, как, например, «дунитовая», «перидотитовая», «эклогитовая» и т. д. (Вернадский, 1965, стр. 132). Модельные представления о составе и строении Земли в прошедшие четверть века конкретизировались, усложнялись, размножались, но по степени их приближения к объекту принципиально не изменились.

Химические геосферы

Как отмечалось выше, химическая организация Земли начинается с физического уровня нуклоносферы. В полной же мере свое выражение химизм получает на уровне атомов — в атомосфере и на уровне химических соединений — в молесфере. На всех этих уровнях можно говорить о видовом элементном составе, о количественных соотношениях химических элементов и соединений, о формах их нахождения, превращения и миграции. Более того, проявление видов природных химических соединений означает, по существу, переход уже к геологической организации. В самых общих чертах химическая структура планеты отражает ее физические агрегатосферы, но значительно отличается от распределения фазосфер. Геохимическая картина Земли зависит как от внутренних свойств атомов и их ядер, так и от внешних физических, химических, геологических, биологических и космических факторов; безусловно, эта картина несводима к квантово-физическим закономерностям.

Ядерная геосфера — *нуклоносфера* — является объектом таких дисциплин, как изотопные геофизика, геохимия, геология, грани между которыми нелегко провести. С физической точки зрения существенно разделение геонуклоносферы по автономности или «связанности» составляющих ядер. С химической точки зрения наиболее важны радиоактивность и изотопный состав «связанной» нуклоносферы — мезонуклоносферы, охватывающей часть ионосферы, атмосферу, гидросферу и, по-видимому, большую часть террасферы. Здесь обнаружено около 300 видов ядер (нуклидов), в том числе 250 стабильных, 20 долгоживущих и 34 короткоживущих радиоактивных изотопов. В. И. Вернадский полагал, что стабильное вещество либо является продуктом распада неизвестных еще элементов, либо само чрезвычайно медленно распадается. В природных условиях изменяются изотопные составы легких стабильных элементов, а также радиоактивных элементов и продуктов их распада. Изотопы легких элементов разделяются физико-химическими (в том числе геохимическими) и биогеохимическими процессами, причем последними, по-видимому, наиболее эффективно; количественное значение этих процессов невелико и они относятся к интенсивно мигрирующим легким элементам.

В плазменной экзонуклоносфере и в верхней части мезонуклоносферы (в атмосфере) под воздействием космических лучей происходит образование преимущественно короткоживущих радиоактивных изотопов; здесь можно выделить своеобразную радиоактивную «легкоэлементную» *изотопную оболочку*. В этой оболочке изотопы с нечетными номерами преобладают над изотопами с четными номерами, тогда как всюду на Земле, как и в метеоритах, господствует обратное соотношение. Преимущественно нерадиоактивная легкоэлементная изотопная оболочка выделяется в области гидросферы и коры выветривания. Наконец, специфическая изотопная оболочка приурочена к литосфере, в которой происходят сложные ядерные процессы альфа- и бета-распада, электронного захвата и спонтанного деления тяжелых ядер, а также некоторых ядерных реакций; крайне существенно выделение в ней оболочек высокого порядка и зон с различной концентрацией радиоактивных изотопов.

Земля на атомарном уровне может рассматриваться как специфическая геохимическая система. *Атомосфера* — главный традиционный объект геохимии. Эта наука, исследуя нуклоносферу, выходит на границу с физикой, изучая молесферу, сливается с минералогией и другими собственно геологическими науками, а в области атомосферы более всего остается собой. Физическая организация атомосферы включается в химическую ее организацию, а последняя входит в геологическую организацию. Область геохимических исследований является геологическая оболочка в том объеме, как это определялось выше. Однако нижние ее части на глубинах в первые сотни километров, куда, как

известно, прослеживаются геологические объекты, по существу, не охватываются геохимией. Зато для нее открывается широкая область Космоса. Геохимия сейчас является менее глубокой, но более космической наукой, чем собственно геология.

Может быть, центральной, хотя и наименее выясненной, в геохимии является проблема рассеянного состояния элементов. Главное разделение атмосферы должно относиться именно к рассеянному натуральному фону: 1) экзосфера приурочена к нижней ионосфере и атмосфере и характеризуется присутствием входящих в состав газовых смесей легких элементов; 2) эндоатмосфера охватывает вместе гидросферу и литосферу, для которых характерна рассеянная ассоциация всех (или почти всех) элементов. Обе геосферы совпадают с мезонуклоносферой, тогда как экзо- и эндонуклоносферы остаются за пределами «развитой» атмосферы. Здесь фиксируется сужение области относительно высокой атомарной организации по сравнению с областью относительно низкой ядерной организации. Экзосфера образует ряд подчиненных специфических по составу оболочек, например, отвечающих 1) нижней части ионосферы — с ионизированными атомами водорода и молекулами закиси азота; 2) экзосфере и термосфере — с атомарным кислородом и легкими газами; 3) мезосфере, стратосфере и тропосфере — с однородным воздушным химическим составом. Эндоатмосфера, имеющая в целом менее постоянную и более сложную ассоциацию рассеянных элементов, распадается на оболочки, соответствующие гидросфере и литосфере; причем в литосфере, в отличие от гидросферы, наряду с натуральным фоном рассеянных элементов, особенно развиты их разнородные специфические более или менее стабильные концентрации.

В литосфере можно выделять геохимические оболочки невысокого порядка, классификация которых не разработана; к ним относятся: кора выветривания, зоны современного осадконакопления, стратисфера, гранитно-метаморфическая оболочка, более глубокие оболочки террасферы. Для литосферы и ее поверхности выделяют также различные геохимические системы — провинции поля, зоны, узлы, ландшафты, фации. По существу уже к геологической организации на уровне минералов относятся хорошо известные схемы выделения геохимических оболочек Земли, основанные на распределении сидерофильных, халькофильных, литофильных, атофильных элементов (В. Гольдшмидт, Г. Тамман, А. Е. Ферсман и др.), а также нифической, симатической и сналической компонент (Э. Зюсс, П. Ниггли и др.).

О геологических оболочках

Надежно о минералогическом и петрографическом составе космических объектов можно сейчас судить по метеоритам и по поверхности Луны. Что касается метеоритов, то наряду со сход-

ством их атомарного и химического, а отчасти и минералогического состава с Солнцем и земным веществом, можно с неменьшим основанием говорить об их изотопной, химической, минералогической и петрографической специфике. Петрохимическое сходство с земными породами, а также близость возраста, не дают еще вполне уверенного основания для отождествления их с земным веществом и с веществом Солнца.

Представление о химическом составе недоступных частей террасферы, а тем самым и Земли в целом во многом гипотетичны. Согласно достаточно распространенной гипотезе, делается первичное допущение об идентичности вещества террасферы и метеоритов (начиная с Э. Ф. Хладни в конце XVIII в., затем А. Добре, В. Ласка, А. Е. Ферсман, А. П. Виноградов и др.). В значительной мере в связи с этим допущением возникли и развиваются представления о дифференциации вещества Земли в результате тех или иных модификаций процессов плавления (уже Д. И. Соколов в первой половине XIX в., затем В. Гольдшмидт, Г. Тамман, А. П. Виноградов и др.). Против метеоритной модели Земли возражали, например, В. И. Вернадский, И. и В. Ноддаки, а в последнее время также некоторые авторы американской работы («Физика..», 1966), которые основываются на несоответствии соотношений рубидия и стронция в океанических базальтах и хондритах. Достаточно веско звучит и следующее: «У нас по существу нет оснований считать, что современные метеориты, явно прошедшие долгий, сложный и своеобразный путь развития, являются по составу аналогами оболочек Земли. Особенно это касается такого вопроса, как содержание радиоактивных элементов. На своеобразии метеоритов указывает хотя бы тот факт, что каменные метеориты содержат около 10% металлического железа, чего нет в горных породах. Далее, если считать, что большинство метеоритов — обломки планет из пояса между Марсом и Юпитером, то в данном случае трудно говорить об аналогиях с Землей» (Магницкий, 1965, стр. 40).

Химическое строение террасферы, строго говоря, знакомо нам лишь «в рамках» доступного ее геологического строения. Вне этих рамок находится то, что В. И. Вернадский называл «глубинно-планетным состоянием вещества», которое нам неизвестно ни в геологическом, ни в химическом отношении. Полагают, что в недрах Земли отсутствуют процессы ядерного синтеза. Менее определенны выводы о химических взаимодействиях внутри планеты. Реальный петрографический состав подгранитного слоя, как справедливо подчеркивает В. А. Магницкий, в сущности, неизвестен. Действительно, даже считавшиеся достаточно надежными косвенные данные (физические свойства, вулканические продукты) о «базальтовом» или «габбровом» составе нижней коры при критической их оценке заменяются представлениями о фазовых превращениях (без изменения химического состава) пород среднего состава, переходящих в эклогитовую фацию (Грин и др.,

1968). Существует много данных и о фазовом характере границы Мохоровичича (Субботин и др., 1968; и др.).

Современное представление о петрографических оболочках в террасфере было выдвинуто Э. Зюссом, который, основываясь на сейсмической модели Э. Вихерта и химической модели А. Добре (отчасти на модельном эксперименте), выделил гранитную и нижележащую перидотитовую оболочки. А. П. Виноградов (1962) и другие исследователи, исходя из метеоритной модели Земли и гипотезы «зонной плавки», предполагают дунитовый и перидотитовый состав верхней мантии (возможны гранатизированные перидотиты). Говорят также о веществе промежуточного состава между базальтом и перидотитом — пиролите (Грин и др., 1968). В отношении нижней мантии рассматривают, например, гипотезы о переходе в более плотную структурную модификацию (кубическую решетку шпинелевого типа) без изменения состава (А. Рингвуд и др.) или об изменении характера химизма (В. А. Магницкий и др.). Гипотеза А. Ф. Капустинского (1956) о зонах нормального, вырожденного и нулевого химизма в террасфере подвергается критике в отношении предположения о плазменном состоянии вещества в земном ядре; но концепция об изменении химизма мантии, по-видимому, конкретизируется (например, в форме предположения перехода от ионного типа связи к ковалентному). Развиваются также давние представления Г. Джеффриса и Дж. Бернала о специфических фазовых и полиморфных превращениях вещества глубинных недр Земли (Л. Коэс, С. М. Стишов и др.). Нет еще убедительных данных против гипотезы В. Н. Лодочникова и В. Рамзея о металлизации в ядре тех же окислов или силикатов, которые слагают мантию. Традиционная гипотеза о железном ядре также может объясняться с позиций предположений об аномальном химизме внутри Земли.

В экзосфере внешние ее оболочки — первая (отчасти) и вторая — близки между собой и характеризуются зачаточными и примитивными формами минералов, близких по своей организации, например, к тем, которые обнаруживаются в звездных атмосферах. Таким образом выделяется самая *внешняя минеральная оболочка*, которая приурочена к нижним слоям ионосферы и верхним слоям атмосферы, причем организация геологического вещества в ней не поднимается до уровня горных пород. Последний достигается в нижележащей третьей оболочке экзосферы — во *внешней горно-породной оболочке*, состоящей из атмосферного воздуха (монопородная система). Две названные минеральные оболочки (и молесферы) отвечают соответственно так называемой гетеросфере и верхней части гомосферы, где интенсивны фотохимические реакции, называемой хемосферой. Нижняя часть гомосферы, совпадающая с тропосферой и нижним слоем стратосферы, содержит значительное количество воды и является активной геологической оболочкой, взаимодействующей с гидросферой и поверхностью террасферы; она охватывает часть

биогеосферы и биосферы. Эта нижняя часть гомосферы в геологическом смысле оказывается *внешней формационной оболочкой* — моноформационной и преимущественно бипородной, главными компонентами которой являются воздух и вода; эта оболочка является третьей минеральной (сверху вниз).

Гидросфера — монопородная и полиминеральная оболочка — с физико-химической точки зрения в качестве молесферы представлена преимущественно водным раствором неорганического электролита. Как четвертая оболочка экзотмосферы она характеризуется более сложным атомарным составом, чем атмосфера, хотя и имеет более простой минеральный состав; в то же время в гидросфере существует очень много минеральных разновидностей воды (В. И. Вернадский выделял около 500), различающихся по солевым химическим компонентам, коллоидальным примесям, структурным особенностям самой воды и т. д. Гидросфера является четвертой минеральной, третьей горно-породной и второй формационной оболочкой (сверху вниз). Вся гидросфера находится в области и биогеосферы и биосферы.

Биогеосфера, как и атмосфера, и гидросфера, и литосфера, непрерывна. Нижняя граница ее проходит чуть ниже дна океана, а на материках в верхней части литосферы на глубинах с температурой до 100° (3—4 км). Верхняя граница, по-видимому, не выше озонового экрана в атмосфере (30—50 км). Биогеосфера не полностью совпадает с физико-географической оболочкой, не распространяясь, например, на ее специфическую часть — криосферу, которая может также рассматриваться как подсистема гидросферы. Нужно отметить значительную дискуссионность вопроса о географических оболочках (Ю. К. Ефремов, И. М. Забелин и др.). Что касается эндогеосферы, то в геологическом смысле она описывалась в предыдущих главах.

К проблеме Земля — Космос

Важнейшим аспектом проблемы взаимодействия планеты с Космосом является организационная преемственность квазиерархизированных объектов. Естественные тела образуют две главные противоположно направленные линии иерархий: прямую, идущую из микромира, через субатомные и атомные уровни, и встречную (контриерархию), которая прослеживается из мегамира. Переплетение иерархий происходит в макромире. Земля — область их стыка. Землю можно считать конечным объектом одного из рядов макромира и одним из начальных объектов мегамира. Земля как естественное тело является элементом Солнечной системы (звездного уровня) и принадлежит уровню космических объектов. Этот последний распадается на уровни разных порядков — Солнца (центросистема), планет, их спутников, малых субпланетных тел и др. Земля, по всей вероятности, относится к объектам основного иерархического ряда, тогда как Луна выступает телом про-

межучочного или побочного уровня. В определенном смысле Земля и Луна являются элементами одной системы (Земля — Луна), которая может рассматриваться в качестве интрасистемы в Солнечной системе.

В известном нам космическом мире, состоящем преимущественно из нуклонов, электронов и квантов излучения, в мире, где господствует примитивная (субатомная) организация, Земля при всей ничтожности своих размеров выступает высокоорганизованной островной системой. Мы не знаем космического объекта с более высокой организацией и поэтому кажется принципиально неверным взглядом на планеты как на недоразвившиеся из-за недостатка массы звезды (Б. В. Кукаркин, см. «Структура и формы...», 1967). В определенном смысле Земля является продуктом развития звезд, процессами в которых объясняется происхождение ее химического вещества и даже начальные условия геологического и биологического процессов. С точки зрения организованности, по-видимому, основной прогрессивный ряд космических объектов располагается в следующем порядке: физические поля — звезды — планеты. Неясно положение космических лучей (универсальны ли они?) и космической плазмы; по-видимому, побочными (и недоразвитыми) продуктами объектов основного ряда оказываются спутники планет и многочисленные малые твердые тела (кометы, метеориты, астероиды, космическая пыль и др.).

Существует проблема влияния на Землю гравитационных полей, связанных с галактическим и межгалактическим веществом («галактикогрависферой» и «метегалактикогрависферой»). С одной стороны, делаются попытки понять такое воздействие, исходя из тех или иных трактовок космологического принципа Маха, например из представления о специфическом дополнительном поле скалярного типа (Р. Дикке; Гравитация и относительность, 1965). Если решение вопроса, связанного с доказательством справедливости принципа Маха, окажется положительным, то, по-видимому, правильной будет говорить не просто о гравитационных полях, а об инерциально-гравитационных полях. С другой стороны, рассматривается возможность изменения константы тяготения (П. Иордан; Гравитация и топология, 1966). От решения этих проблем зависят выводы о возрасте и эволюции Земли, изменении ее температуры, скорости вращения и объема. Если расширение Земли связывать с расширением Метагалактики, которое считается доказанным, то нужно учитывать, что расширение последней не обязательно влечет расширение ее подсистем, например Солнечной системы.

Некоторые теоретические предположения о космологических и космических вариациях поля тяготения совпадают с порядком макропериодичности геологических процессов. Если активная гравитационная масса тела зависит от скорости его движения по отношению к отдаленным массам, то вследствие движения в Галактике Солнечной системы в последней могут возникать вариации

ции поля тяготения приблизительно в одну миллионную с периодом примерно в 230 млн. лет. О наличии периодичности такого порядка в геологических процессах известно уже несколько десятилетий. Но вопрос, являются ли подобные геологические данные «наблюдательным» подтверждением принципа Маха остается спорным уже потому, что еще не наведены теоретические мосты между предметами фундаментальных наук, исследующих объекты различных уровней.

Несомненный вред решению этих увлекательнейших проблем приносят те исследователи, которые, исходя из догматической оценки существующих теоретических (в том числе математических) моделей, накладывают вето на саму постановку вопроса, поскольку она выходит за рамки этих моделей. Неправомочно, например, «снимать проблему» из-за того, что Земля может рассматриваться как бесконечно малая точка в галактическом гравитационном поле и поэтому влияние последнего не может отражаться на ней дифференцированно. Еще раньше подчеркивалась несостоятельность рассмотрения вопроса о воздействии галактического поля на земные процессы без учета временной составляющей пространства — времени (Николаев, 1960; и др.). Обращает внимание также то, что опыты по анизотропии масс, не давшие положительных результатов, относились к объектам субатомных уровней, поведение которых относительно космических тел наблюдалось для отрезков времени продолжительностью всего лишь до нескольких дней.

В проблеме Земля — Космос как в фокусе сходятся наиболее острые и наименее выясненные вопросы астрономии, физики и геологии, неразрешимые лишь в рамках каждой из этих наук. По поводу затронутой проблемы В. И. Вернадский писал: «Возможно, что в геологических явлениях нашей планеты как раз будут иметь место и значение те явления, которые кажутся для физиков и астрофизиков менее важными и являются для космических излучений наименее яркими» (Вернадский, 1965, стр. 15).

**ДИНАМИЧЕСКИЕ И ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОСИСТЕМ**

«...значительная часть самих фактов, самого научного аппарата создается благодаря научным теориям и научным гипотезам». В. И. Вернадский. Архив АН СССР. (Цит. по Козыкову, 1963, стр. 61).

Еще об исходных и основных понятиях

Исходя из изложенных выше положений, попробуем наметить некоторые пути дальнейшего исследования оснований теоретической геологии в аспектах динамики и истории систем. При этом необходимо ограничиться минимальным набором специфических понятий, связанных с проблемой движения материальных объектов. Поскольку в этой области единодушного понимания еще нет, то понятия, которые специально не определены, в тексте выступают в качестве слов естественного языка и не должны трактоваться как термины.

Понятие «движение» означает способ существования материи. Поскольку материя выступает классом всех материальных вещей (тел, систем), то всем им присуще движение. Самой простой его формой является механическое движение — перемещение вещественных тел в пространстве и времени гравитационного поля. В естествознании именно механическое движение имеет статус научного понятия, тогда как более сложные формы движения называются изменением, развитием, процессом, историей и т. д.

Согласно рассматривавшейся системе исходных для теоретической геологии философских и общенаучных категорий, материальные вещи-системы находятся во *взаимодействии* между собой; взаимодействуют, разумеется, также вещи-элементы и вещи-компоненты. Взаимодействие есть элемент движения, понимаемого в общем смысле. В отличие от движения в философском значении, «взаимодействие» имеет более конкретное содержание, что и придает ему статус научного понятия, исходного для дальнейшего рассуждения.

Итак, иерархические материальные системы взаимодействуют, а тем самым взаимно меняют свои *состояния*. Отдельное взаимодействие рассматривается как *событие*. Ряд последовательных

взаимодействий представляет собой *процесс*. Смена состояний есть *изменение*.

Имманентное изменение системы есть результат взаимодействия, в котором участвуют элементы и компоненты системы, которая остается при этом сама собой. Речь идет в таком случае о *функциональном* взаимодействии, изменении, при которых сменяются состояния сохраняющейся системы. Именно такого рода отношения исследуются функциональным системным анализом. Заметим, что в дальнейшем рассуждении не всегда будет возможным провести грань между терминами «взаимодействие», «событие», «процесс», «состояние», «изменение».

Более сложный характер имеют так называемые *динамические* взаимодействия (события, процессы), при которых наряду с функциональными изменениями происходят более общие изменения взаимодействующих систем. Условимся, что для данной системы функциональные взаимодействия есть взаимодействия ее элементов, тогда как динамические взаимодействия есть взаимодействия данной системы с другими системами. Динамический аспект системного анализа включает таким образом (часто неявно) функциональный аспект.

При динамических взаимодействиях может происходить не только смена состояний системы, но и переход одних систем в другие. Речь в таком случае уже идет не просто об изменении систем, но об их *развитии* как более сложной форме изменения. Развитие, таким образом, есть процесс изменения, при котором возникают и исчезают системы-индивиды. Более сложную форму развития, при которой возникают и исчезают не только системы-индивиды, но также виды, классы и уровни систем можно называть *эволюцией*. При этом прогрессивное развитие будет характеризовать тенденцию к возникновению новых видов, классов и уровней, а регрессивное — тенденцию к уничтожению существующих видов, классов и уровней без замены их новыми.

Динамический анализ не охватывает всей проблемы развития и эволюции естественных систем, поскольку он не может претендовать на реконструкцию уже не существующих систем или даже на реконструкцию прошедших стадий развития систем существующих. Поэтому динамический аспект исследования систем дополняется *историческим* аспектом, для которого особое значение приобретает ретроспективный анализ.

Описание всего процесса развития систем, включая теоретическую реконструкцию, называется историей. *Генетическая* проблема составляет лишь ту часть истории, которая выясняет происхождение систем. С генетической проблемой более или менее связана другая историческая проблема: уничтожения (деструкции) систем. Не всякая история включает в себя генетическое описание, хотя последнее есть всегда часть истории. Наиболее полная история описывает также функциональные и динамиче-

ские взаимодействия в качестве менее развитых (элементарных) форм развития, которые, однако, в явном виде в историю обычно не включаются. Таксономия систем всегда подразумевает наличие как предшествующей так и имплицитной исторической информации. В свою очередь таксономия является основой исторического описания. Однако в частных исторических описаниях может рассматриваться история не самих материальных систем, а лишь их структур, или их взаимодействий (процессов), или их свойств, при этом таксономический аспект в таких описаниях может подразумеваться неявно.

Типы природных взаимодействий

Итак, взаимодействия материальных систем (и их элементов) составляют процессы изменения и развития, описываемые нами как история систем. Специальные науки изучают различные классы взаимодействий, изменений, развитий. Очевидно, что исходная задача, даже если она явно не ставится, заключается в выделении тех классов *природных взаимодействий*, которые выступают элементарными единицами процессов.

В физике рассматриваются четыре вида фундаментальных взаимодействий, которые теоретически еще не увязываются между собой. В порядке уменьшения их интенсивностей выделяют, во-первых, сильные (или внутриядерные) взаимодействия, роль которых в геологических процессах, по-видимому, не может сейчас учитываться. Второй вид составляют электромагнитные взаимодействия, которые составляют компоненты всех геологических процессов, участвуя в них как в «связанной» форме, обуславливающей существование вещественных систем, так и в активной форме, например, в электролитических процессах при минерало- и пороодообразовании или в геомагнитных полях и т. д. К третьему виду относятся слабые взаимодействия, с которыми, например, связаны процессы естественной радиоактивности. Наконец, четвертым видом фундаментальных взаимодействий являются гравитационные, в которые вовлечены все вещественные тела в поля тяготения. Гравитационные взаимодействия универсальны, составляя условие, фон и компоненту всех земных процессов, причем в таких геологических явлениях как тектогенез они рассматриваются специально.

Понятие о четырех видах *физических взаимодействий* формировалось применительно к субатомным уровням, хотя электромагнитные и особенно гравитационные взаимодействия относятся ко всем уровням организации вещества. Однако применительно к атомарно-молекулярным уровням необходимо особо выделять классы, во-первых, механических взаимодействий и, во-вторых, термодинамических взаимодействий. И те, и другие содержат как гравитационную, так и электромагнитную компоненту.

Существующая систематика взаимодействий физического типа еще не может служить удовлетворительной основой для теоретического осмысления более сложных типов взаимодействий — химических, геологических, биологических, космических (не говоря уже о биогеологических). Тем не менее геофизики и геологи должны стремиться к построению общей теории геофизических взаимодействий, чему должны служить развернутые выше контуры физической организации Земли.

Физические взаимодействия, будучи компонентой более сложных взаимодействий, в частности геологических, представляются по сравнению с последними относительно неизменными («неисторическими»). Тем не менее и они эволюционируют, как это выявляется в масштабе космических процессов, что необходимо учитывать прежде всего в геохронологии.

В плане дальнейшего развития системного анализа следует обратить внимание на то, что физические объекты субатомного уровня нередко являются «асистемными». Дело в том, что в микрообъектах обычные соотношения целого и части часто нарушаются, а при некоторых взаимодействиях элементарных частиц часть может оказаться «больше» целого. Естественные же тела исследовавшихся выше уровней организации подчиняются давно известному принципу системности, согласно которому целое «больше» суммы своих частей. Это наводит на мысль о методологической адекватности системного подхода прежде всего для объектов макромира. В микромире и, возможно, в мегамире законы системной организации могут принципиально отличаться от таковых в макромире.

По сравнению с типом универсальных физических взаимодействий к более высокой природной организации относится тип *химических взаимодействий*, которые проявляются на атомно-молекулярных уровнях, а также на уровнях минералов и горных пород. Химические взаимодействия организуются на основе физических взаимодействий, преимущественно электромагнитных и термодинамических, не редуцируясь, однако, к ним. Полное объяснение химических процессов квантово-физическими описаниями невозможно.

Отвлекаясь от детальной систематики химических взаимодействий, которая нужна для специальных разработок, здесь следует обратить внимание на такие классы химических процессов как космохимические, геохимические, биохимические и биогеохимические. Эволюционный характер всех этих взаимодействий становится для нас все более очевидным. Геохимия, которую с первых шагов ее существования интересовал генезис химических элементов, становится исторической наукой. Развитие системного подхода в геохимии тем более актуально, что она переходит к исследованию химических процессов в весьма сложных природных системах, таких как формации, биогеоценозы, геосферы.

Химическая (молекулярная) эволюция, как это признается

современной наукой, привела к возникновению жизни и биологических систем на Земле и (или) в иных космических условиях. Весьма характерно, что переход к биологическому веществу и развитие последнего происходит в процессе нарастающего структурно-организационного усложнения при сохраняющемся почти однородным элементарном химическом составе. Биологическое вещество оказывается образованием нового уровня организации, как бы надстроенного над молекулярным уровнем. Оно не существует вне живых систем, которые образуют ряд биологических вещественных уровней (от вирусов и клеток до организмов). Своего рода «надвещественные» уровни биосистем составляют популяции, биоценозы, биосфера. К другой дивергентной (отчасти пересекающейся) линии молекулярной эволюции относится минеральное вещество, характеризующееся сложным элементарным химическим составом. Минералы также образуют новый уровень организации вещества, надстроенный над химическим; они дают начало геологическому вещественному ряду уровней, на основе которого формируются надвещественные геосистемы.

Виды геологических взаимодействий

Признание специфичности геологической организации требует выделения особого типа *геологических взаимодействий* (взаимодействий геологических тел), понятие о всей совокупности которых как геологическом процессе имеет интегральный характер. Компонентами (а также фоном и условием) геологического процесса являются процессы физические, физико-химические, химические, а также в определенных отношениях биологические, с одной стороны, и космические с другой.

В истории геологии интегральный геологический процесс характеризовался путем установления рода действующих факторов, их интенсивности и скорости, при этом понятиям «сила» и «энергия» справедливо придавался не физический, а специфический геологический смысл. Существуют также многочисленные трактовки геологического процесса в аспектах физических, физико-химических и химических взаимодействий. Разработки такого рода необходимы в качестве частных моделей; важно только, чтобы авторы не придавали им универсального редукционистского значения.

Общий геологический процесс имеет иерархическую структуру. Исходя из концепции уровней организации геологических систем можно выделить, по крайней мере, следующие классы геологических взаимодействий: минеральный, горнопородный, формационный, геотектонический, физико-географический, геобологический, планетарно-космический, а также биогеоценологический. Отдельные классы геологических процессов являются объектами специальных геологических наук. Геологические взаимодействия на минеральном уровне являются элементарными. Теория геоло-

гического процесса должна детально систематизировать и увязать между собой разного рода взаимодействия как структурные элементы и компоненты процесса, чему может способствовать системный анализ, особенно в динамических, функциональных и генетических его аспектах.

Историческое исследование в геологии подразумевает причинно-следственное описание генетических рядов естественных тел и их взаимодействий. В свою очередь достаточно полная расшифровка такого рода отношений оказывается возможной лишь в результате историко-геологических исследований. Принцип историзма в изучении геологических систем объективно обусловлен спецификой последних, поскольку мы изучаем различные естественные системы — активные и латентные. Сама возможность ретроспективного анализа зависит от наличия этих двух типов геосистем, грань между которыми часто провести нелегко. Геология имеет дело также и с таким «состоянием» геологических систем, когда, например, в латентных системах сохраняются продукты, реликты и следы уже не существующих тел и процессов, которые теоретически реконструируются в качестве исторических систем.

Дифференциация типов геологических систем в значительной мере вызвана взаимодействием объектов противоположно направленных прямой и контриерархической организацией, в результате чего обособились эндогенная и экзогенная геосферы планеты как ее главные подсистемы. В различных условиях этих главных геосфер активные и латентные геосистемы проявляются по-разному. При этом не существует однозначного соответствия между геосферными условиями и типами геосистем.

Геология в узком смысле, рассматривая земную кору, склонна ограничивать признание экзогенных явлений в качестве геологических объектов. При этом часто возникает иллюзия, что можно изучать геологические тела лишь как продукт или результат «динамических», «географических» и других процессов, как будто бы последние не являются геологическими объектами. В действительности же речь идет о взаимодействиях геологических систем, находящихся в разных состояниях и переходящих из одного состояния в другое (включая, конечно, и генезис одних систем из других). Геология в широком смысле должна рассматривать физико-географические системы и процессы в качестве подкласса геологических систем и процессов. Такой подход сделал возможной саму историческую геологию. Существует сложная проблема генетических связей и отношений между латентными и активными геологическими системами, взаимодействия которых на разных уровнях различны.

Таким образом, можно выделять, наряду с «субстратной» систематикой геологических взаимодействий по классам объектов, пересекающую ее «процессуальную» классификацию взаимодействий, которые происходят в условиях либо активного, либо латентного состояний геологических систем.

Взаимодействия на уровне минералов

Элементарные геологические взаимодействия происходят на уровне наиболее индивидуализированных и таксономически специализированных геосистем — минералов, к которым относятся не только кристаллические, но также аморфные, жидкие и газообразные тела.

Собственно минералогия традиционно занимается лишь твердыми минералами, рассматривая их как продукты природных химических реакций. Такого рода элементарные геологические системы находятся в латентном состоянии. Существенно при этом, что природный кристалл не есть просто химическое соединение; он относится уже к новой — геологической — ступени организации. К этой же организации принадлежат тела газообразных и жидких минералов, в том числе минералообразующих природных растворов; все они являются элементарными геологическими системами, находящимися в активном состоянии. Активное и латентное состояния минералов имеют место и в экзосферах, и в эндоферах, хотя латентное чаще в последних. В ряде случаев минералообразующий раствор и кристалл имеют одинаковый химический состав, что дает основание для установления их генетического тождества. Узко специальным представляется вопрос об отнесении таких генетически связанных жидкого и твердого минералов к одному виду или к его разновидностям, или же к стадиям развития одного минерала.

Собственно геологическим взаимодействием на уровне минералов является взаимодействие раствора и кристалла, но не химическая реакция. Реагенты, т. е. реагирующие вещества, выступают химическими компонентами кристаллов, а также жидких и газообразных минералов. Продуктом химических реакций минералы оказываются в том смысле, что их специфическая организация надстраивается над химической. Действительно, природные растворы и кристаллы обладают уже *самоорганизацией*, правда еще в зачаточном виде. На этом уровне мы сталкиваемся с антиэнтропийными явлениями и с процессами накопления информации. Минерал — это уже далеко не «тривиальная» система, каковыми можно считать большинство физических и химических систем. Весьма сложны и плохо расшифрованы взаимоотношения минерального и биологического вещества. Минералы могут входить в состав живых систем, причем вирус, например, может быть кристаллом. Чаще же всего биосистемы и геосистемы пересекаются уже на элементарных их уровнях.

В эволюционной ретроспекции первичные простейшие минералы образовались из атомов в результате космохимических процессов; такого рода минералообразование происходит ныне в ионосфере. К эволюционному типу развития относится и минералообразование, связанное с радиоактивностью и радиохимическими процессами. Основное видообразование минералов, история

которого еще плохо выяснена, происходило в геологических условиях, в рамках таких надсистем минерального процесса, как магматизм, осадкообразование и др.

Минералы образуются только из атомов, молекул и других минералов, но не из горных пород или каких-либо объектов более высокого уровня. Во всех геологических обстановках компонентой минеральных взаимодействий являются геохимические процессы (а в некоторых и биогеохимические). В «квант» организационного перехода от атомарно-молекулярных уровней к уровню минеральному входят не только доминантные физико-химические, но и геологические факторы. И если этот организационный переход мог начаться в космических условиях, то главное развитие он получает в геологических. В свою очередь геологические условия явились результатом возникновения уровня организации минералов. На самом этом уровне значительную роль играют новые специфические для него взаимодействия, например, кристаллохимические, коллоидные и др.

Таксономия минералов основывается на их химическом составе в сочетании со структурой (конституцией), поэтому систематика кристаллических минералов является кристаллохимической. Хорошо изучены специфические пространственные свойства кристаллов (их симметрия). Так называемая онтогения минералов исследует прежде всего их функциональный аспект. По-видимому, следует говорить об онтогении не только твердых, но и жидких минералов. Переход от структурных к генетическим аспектам в минералогии имеет место при изучении изоморфизма и полиморфизма роста кристаллов, термодинамики минералообразования, возникновения минеральных парагенезов и т. д. Историческим по методу и задачам является учение о типоморфизме минералов (Е. А. Ферсман и др.). В генетической минералогии исследуются преимущественно взаимодействия жидких минералов с кристаллическими.

Генетика минералов характеризуется превращением индивидов (например, растворов или кристаллов) одних видов минералов в индивиды (например, кристаллы или растворы) других видов, что принципиально отличает ее от биологической генетики, где индивиды одного вида порождают друг друга. Минералы «бессмертны» в том смысле, что их уничтожение (деструкция) дает начало другим минералам.

Взаимодействия на уровне горных пород

Минеральную эволюцию можно представить в виде ряда составляющих векторов: один из них — горизонтальный — характеризует видовую эволюцию минералов, другой — вертикальный — отвечает организационной эволюции, в направлении которой формируются парагенезы минералов. Одни из парагенезов образуют структурные уровни в пределах уровня организации минералов.

Другие выходят за его пределы, формируя системы более высокого уровня организации — горнопородного.

На этом уровне сосуществуют разнородные классы объектов: горные породы, руды, магмы и лавы, осадки, битумы, почвы, воды и воздух. Они могут характеризоваться промежуточными составляющими — векторами эволюции геологического вещества. Если в результате физико-химических процессов на уровне минералов последние дифференцировались на твердые, жидкие и газообразные, то на горнопородном уровне первоначальное подразделение геологического вещества по агрегатному состоянию значительно усложняется. Дивергентная эволюция минерального и горнопородного вещества сопровождается конвергентными генетическими процессами, например гранитизацией, при которых системы разных классов образуют друг друга и переходят друг в друга. При этом расширяется набор классов систем, что сопровождается ростом числа видов взаимодействий и все более усложняет геологический процесс.

В «вертикальном» организационном переходе («кванте организации») от уровня минералов к уровню горных пород доминантными факторами являются химический и минеральный состав, физико-химические взаимодействия, а для некоторых классов объектов (почвы, органогенные породы, воздух) также биогенные факторы. Наличие минералов выступило первичным геологическим условием для возникновения систем горнопородного уровня, причем там, где эти геосистемы возникли, они получили универсальное распространение (от атмосферы до литосферы). В последующей эволюции условием проявления взаимодействий на горнопородном уровне становятся самые разнообразные геологические процессы, включая планетарные явления. К последним, например, относится расслоение планеты как космического тела на агрегатные оболочки, в различных условиях которых взаимодействия горнопородного уровня приобретают ту или иную специфику. И все же в общем геологическом процессе прослеживаются сквозные генетические линии классов систем, например, ряд, идущий от расплавов к горным породам (и рудам), а от последних к осадкам (и почвам).

Общая теория взаимодействий систем рассматриваемого уровня составляет комплексную геологическую, геохимическую и географическую проблему; частные теории для отдельных классов систем создаются специальными дисциплинами, например петрографией. Для понимания процессов порообразования привлекаются данные о метеоритах, веществе Луны и других планет. В отношении эволюции метаморфических и, особенно, осадочных горных пород весьма ценные факты устанавливает историческая геология.

Физические и химические взаимодействия как компоненты горнопородных взаимодействий изучаются специфическими отраслями петрографии — петрофизикой, петрохимией, петрологией.

Наибольшее значение имеют физико-химические модели порообразования и петрогенетической эволюции. Эти модели интерпретируют минеральный состав, функциональные изменения, метаморфизм и генезис горных пород (магматических, метасоматических и осадочных). Физико-химическое исследование минералов, горных пород, руд имеет место и при анализе систем более высокого уровня организации — формаций, магматических очагов и др. Петрологически интерпретированные физико-химические модели используются для объяснения процессов на уровнях геоблоков и планеты в целом.

Физико-химические модели, несмотря на их возрастающее значение, все же не заменяют специфический геологический подход к анализу горнопородной организации. С другой стороны, эмпирические геологические данные в этой области весьма велики, но теоретическое их осмысление пока крайне несовершенно. Одно из крупнейших эмпирических обобщений нашей науки о большом круговороте геологического вещества (магма — изверженная порода — осадочная порода — метаморфическая порода — магма) ждет строго теоретического объяснения.

На примере горных пород обращает внимание селективный характер системообразования. Горные породы строятся весьма ограниченным набором минеральных видов, обеспечивающим их целостность и устойчивость. Другие минералы либо остаются на низких структурных уровнях, либо образуют специфические аномальные ассоциации, к наиболее развитым из которых относятся рудные. Расплавы-растворы, с одной стороны, и породы-руды, с другой, представляют собой активные и латентные геосистемы рассматриваемого уровня. В одних случаях они могут рассматриваться как генетически связанные различные системы, в других же как стадии или состояния одной генетически тождественной системы. При разрушении изверженной горной породы и переходе ее в осадочную генетическое тождество, как правило, нарушается, но генетическая связь может сохраняться. Как в эндогеосферах, так и в экзогеосферах взаимодействия происходят между активными системами, между активными и латентными системами, реже между латентными системами.

Констатируя развитость субстратного, структурного и функционального аспектов исследования петрографических систем, нужно подчеркнуть, что их таксономический аспект требует упорядочения, без чего затруднено дальнейшее понимание динамических и генетических аспектов, уяснение которых осложняется гетерогенностью петрогенезиса и частичной его конвергентностью.

В петрографии изверженных пород уже давно замечен параллелизм в процессах развития различного масштаба. Наблюдается сходство внутренней последовательности в таких процессах, как выделение минералов, образование горных пород, интрузивные фазы или стадии метасоматитов. Весьма обычна общая направ-

ленность от основных продуктов к кислым. Подобная особенность геологических процессов, лучше изученная на примере иерархизированных рудных образований разного ранга, была названа Д. В. Рундквистом «геогенетическим законом развития» (Геологическое строение СССР, т. 5, 1969; и др.). Геологический онтогенез (развитие индивидуальной системы) повторяет в сокращенном виде геологический филогенез (видовую эволюцию). При этом отмечается параллелизм в развитии разнородных, но генетически (и парагенетически) связанных образований, например, магматических пород и руд. Устанавливается прогрессивное возрастание в истории Земли числа видов и сложности горных пород и рудных образований, а вместе с тем и геологических процессов.

Системный анализ иерархических уровней минеральных образований эндогенного происхождения уже позволил увязать многие структурные и динамические их особенности (включая специфические пространственные и временные свойства) с общим ходом развития минерального вещества¹.

Как отмечалось, подразделение горнопородных систем на активные и латентные не совпадает с дифференциацией их взаимодействий, происходящих либо в эндогенных, либо в экзогенных условиях геологических надсистем. Если минералообразование происходит обычно в пределах геосистем горнопородного и более высоких уровней, то надсистемами порообразования выступают геосистемы формационного и оболочечного уровней. Надсистемы эти не порождают горные породы, хотя и обуславливают их существование; такого рода неполная генетическая зависимость рассматривается как один из видов парагенетических отношений.

Экзогенные горнопородные взаимодействия относятся к одной из дивергентных линий геологической эволюции, которая, однако представляет собой лишь звено (с последующей конвергенцией) в общем круговороте вещества. Взаимодействия такого рода изучаются дивергентной ветвью петрографии — литологией. Литологические взаимодействия, происходящие в физико-географических условиях, могут считаться активными геологическими процессами, тогда как литологические взаимодействия в условиях отложенного и захороненного осадка, относятся к латентным процессам. Понятие об *активных и латентных процессах* неравнозначно понятию об *активных и латентных геосистемах*.

В учении о генетических типах осадочных отложений (Шанцер, 1966) проводится принципиальное различие между осадками (и горными породами), которые отражают динамику среды, и более сложными парагенетическими образованиями (отложениями и

¹ Эта концепция развита в коллективной монографии «Проблемы развития советской геологии». Л., изд. ВСЕГЕИ, 1971. Соавтором и соредактором ее является автор данной работы.

др.), которые характеризуются уже историко-генетическим содержанием. Справедливо, что с подобной точки зрения геологическая формация, будучи сложным парагенезом горных пород и их сочетаний, рассматривается также в качестве парагенеза литогенетических типов осадков и парагенеза генетических типов отложений. При этом, конечно, необходимо учитывать возможность конвергентного сходства генетически различных образований. Особенно важен генетический анализ при выявлении интрасистемных образований, или «малых формаций», как их называет Е. В. Шанцер.

Взаимодействия горнопородного уровня имеют место не только в геосистемах, но являются также компонентами взаимодействий биогеосистем, таких как почвенные комплексы и биогеоценозы. В свою очередь квазибиотические взаимодействия принимают участие в породообразовании.

Взаимодействия на уровне формаций

Эволюция организации геологического вещества связана с усложнением и естественным перекодированием факторов системообразования. В направлении от минералов к формациям снижается относительная роль физико-химических взаимодействий, которые тем не менее усложняются ввиду возрастающего количества систем и событий, а также качественно изменяются (например, увеличивается значение гравитационных взаимодействий). Если в кванте организационного перехода к уровню минералов доминируют физико-химические факторы, а в кванте перехода к уровню горных пород наряду с физико-химическими диминантными являются также геологические факторы, то для кванта организационного перехода к уровню геологических формаций характерна уже геологическая (в том числе географическая) доминанта при подчиненной роли физико-химических факторов.

Понимая квант организации не как «порцию» вещества или энергии, а более широко как «порцию» системообразующих факторов (включая, конечно, вещество), нельзя еще количественно выразить это понятие. Но можно качественно определить необходимый набор главных факторов в том или ином кванте организации и оценить их относительную роль. В совокупность системообразующих факторов уровня геологических формаций на правах доминирующих факторов входят горнопородный состав, горнопородные и формационные взаимодействия, а также активные или латентные геологические процессы. В системообразовании формационного уровня второстепенная роль принадлежит физико-химическим взаимодействиям, минеральному составу и взаимодействиям, биологическим факторам. Надсистемами формационнообразующих процессов являются геотектонические и географические системы, а также геоболочки. Сами геологические формации (и такие близкие к ним объекты как магматические очаги)

образуются из систем либо горнопородного, либо собственного формационного уровней. Тектонические процессы, будучи и следствием и причиной формационных взаимодействий, в известной нам геологической истории всегда выступали условиями проявления последних.

Вопрос о первичном генезисе формаций как систем в геологической истории остается открытым. Решающие данные могут быть получены при сравнительном исследовании космических тел и глубинных зон Земли. Если в метеоритах содержатся примитивные горные породы, то на Луне имеют место примитивные геологические формации, в образовании которых не участвовали географические процессы, хотя и проявляются экзогенные факторы. Неизвестно, на какую глубину распространяются земные формации. С этой точки зрения важна не сохранность тех или иных реликтов, а дифференциация и формационная организация геологического вещества нижних зон коры и верхней мантии, неоднородность которой устанавливается геофизикой.

Возможно, что генетически первичной системой формационного уровня является магматический очаг, образовавшийся при преобразовании глубинных горных пород. Физико-химические факторы при становлении магматического очага выступают опосредованно, через магнообразование (уровень пород) и через надсистемные условия вмещающей среды (уровень геоболочек). Уместно подчеркнуть, что магма, в формировании которой физико-химические факторы преобладают, и магматический очаг относятся к разным уровням организации. Физико-химические взаимодействия, как и минеральные, непосредственно организуют глубинные горные породы и магмы, тогда как горнопородные взаимодействия непосредственно участвуют в организации магматического очага, становление которого является первым актом формационных взаимодействий. Можно предположить, что первоначальный магматический очаг находился в недифференцированном еще на формации горнопородном массиве. В глубинном формационно-образующем процессе трудно провести грань между функциональным изменением и динамическим взаимодействием.

Ситуация осложняется метасоматическими процессами, которые могут и порождать, и сопровождать магматические процессы. Так, например, зоны глубинного метасоматического преобразования могут рассматриваться как подсистемы горнопородной оболочки (литосферы), которая не дифференцирована еще на формации. Однако в определенных случаях метасоматический процесс заходит столь далеко, что происходит естественное «разбиение» глубинных зон на формации (с выплавлением очагов или без него). Вопрос о том, как называть тот или иной метасоматический массив — зоной или формацией — не является сугубо терминологическим. Решение этой по существу таксономической проблемы необходимо для понимания эндогенного геологического процесса.

На уровнях интегрированных плутонических горных пород и метаматических плутонических формаций происходит дивергенция геологического вещества на метасоматическую и магматическую ветви. Вместе с тем проявляется частичная конвергенция и пересечение этих ветвей, что приводит к сложным пространственно-временным отношениям геологических систем в эндогенных условиях, где наряду с кристаллическим пространством существуют «динамические» пространства флюидов. Установление топологических соотношений и симметрических свойств (включая динамическую симметрию, по И. И. Шаfranовскому и др.) магматических и метасоматических горных пород и формаций поможет выявить закономерности геологических взаимодействий, необъяснимые лишь с помощью физико-химических моделей.

Формационные взаимодействия в эндогенных условиях носят как активный, так и латентный характер. Активным является магматический процесс, включающий магнообразование, формирование магматического очага, перемещение магматических масс, становление изверженных пород и формаций, а также переход активных систем в латентные. В латентных системах всегда имеют место метасоматические процессы, которые должны рассматриваться как латентные, если вызывают лишь функциональное (внутрисистемное) изменение плутонических пород и формаций. С этой точки зрения, латентным процессом является также равновесное изменение магматического очага при прохождении его гипотетическими сквозьмагматическими растворами (по Д. С. Коржинскому). К активным метасоматическим процессам должны относиться те, которые приводят к видовому преобразованию пород и формаций. Активен по существу процесс магматической и метасоматической видовой эволюции плутонических формаций, история которых еще ждет написания.

Формационная организация геологического вещества имеет место в литосфере, включая стратисферу. Что касается гидросферы и атмосферы, то вещество в них остается организованным преимущественно на уровне горных пород. Геологическое вещество в экзогеосфере входит в состав географических систем, которые всегда активны. При переходе из эндогеосферы в экзогеосферу геологическое вещество, составляющее, например, формации, дезинтегрируется и преобразуется в компоненту географических систем. С этой точки зрения, неконсолидированные осадки (морские или аллювиальные) могут являться одновременно и компонентой географической системы, и элементом активно формирующейся формации. Системные отношения между частично пересекающимися, с одной стороны, геологическими формациями и, с другой стороны, близкими к последним по высоте организации географическими системами требуют специального изучения, при котором важно сбалансировать геологические и географические точки зрения и тенденции.

При взаимодействии географических систем с плутоническими формациями латентное состояние последних может нарушаться. Активные взаимодействия такого рода способствуют образованию вулканических и осадочных формаций. При этом между плутоническими и вулканическими формациями существует полная генетическая связь, тогда как между теми и другими, с одной стороны, и осадочными формациями, с другой, генетическая связь оказывается неполной. Тем не менее в общем круговороте геологического вещества выявляются сквозные генетические линии, например: магматический очаг — плутоническая (или вулканическая) формация — терригенная формация — ультраметаморфическая формация — магматический очаг. Процессы размытия формации, переноса ее вещества и отложения новой формации всегда являются активными, оставаясь таковыми вплоть до ее захоронения.

Проблема отношений и связей эндогенных и экзогенных геологических систем во многом остается не решенной ввиду таксономических неясностей и сложности взаимодействий и процессов. В этом смысле принципиальное значение имеет факт биогенного и хемогенного происхождения специфических осадочных формаций. В таких случаях наблюдается полная генетическая связь между географическими (включая биогеоценотические) системами и формациями. Иными словами географические системы по существу являются геологическими объектами, составляя свой специфический подкласс.

Осадочные формации, имеющие полную генетическую связь с экзогенными геосистемами, могут условно рассматриваться как захороненные географические объекты. Такой подход подчеркивает наличие в формациях историко-генетической информации об активных палеогеографических системах, содержащейся в ископаемых следах, реликтах, и разного рода других прямых и косвенных признаках.

В буквальном смысле можно говорить о глубинном захоронении самих геологических формаций, например, при перекрытии аллювиального формационного комплекса, находящегося в виде неконсолидированного рыхлого слоя, другими отложениями и при консолидации этого комплекса на глубине. Причиной такого перехода могут быть тектонические движения. Организационная же перестройка формационного комплекса происходит на различных уровнях, включая функциональные диагенетические и эпигенетические минеральные и литологические процессы. В подобном процессе формация может остаться той же формацией, хотя она и может попасть в глубинные зоны иных активных воздействий и претерпеть существенное преобразование свойств, включая пространственные.

Понимая квант организации как совокупность вещественных, энергетических, структурных факторов, необходимую для системообразования определенного уровня, можно отметить специфику

перехода к осадочным формациям. Доминантными факторами терригенных формаций являются, во-первых, исходное горнопородное вещество, во-вторых, горнопородные взаимодействия (пород, почв, вод, воздуха и др.), и, в-третьих, тектонические и физико-географические условия (последние не имеют значения для плутонических формаций).

Иную специфику имеет квант организации хомогенных осадочных формаций; исходное для их образования вещество не организовано на формационном уровне. Если твердый горнопородный материал терригенной формации является часто продуктом деструкции других формаций, например, плутонических, то исходное вещество хомогенных формаций является раствором или в более широком смысле «водами», т. е. организовано на минеральном и горнопородном уровнях. Поэтому в кванте организации хомогенных формаций доминируют физико-химические взаимодействия, проявляющиеся более явно, чем в других формациеобразующих процессах. При образовании биогенных формаций специфической доминантой являются биохимические факторы.

Данные о формациях, несмотря на их недостаточную оформленность, составляют основу наших знаний о вещественной геологической эволюции. Историческая геология наметила общие контуры формационной эволюции, для которой характерны, с одной стороны, подобная минералам и горным породам повторяемость видов формаций, а с другой стороны, направленное развитие с новым видообразованием формаций, сближающее их с тектонокомплексами. Отдельные звенья формационного развития изучены детально, но общий теоретический синтез станет возможным лишь после выявления видовой систематики формаций.

Об энергетических свойствах геосистем

Завершая обзор вещественной линии геологической организации и перехода к вопросам, связанным с «популяционной» (регионально-этажной) геологией, уместно остановиться на *энергетическом* аспекте системообразования.

В общем смысле энергия является атрибутом материальных вещей и мерой их взаимодействий и процессов. Можно рассматривать энергию разных типов: физическую, химическую, геологическую, биологическую, а также космическую. При этом, например, энергия геологических взаимодействий включает в себя физическую и химическую энергетические компоненты, но не сводится к ним. Поскольку в конкретном значении энергия есть мера определенных видов взаимодействий и процессов, то исследуются частные виды энергии.

Пока лишь понятие о *физической энергии*, как способности материальных систем совершать работу при изменении своего состояния, имеет строгий теоретический статус меры. Виды физической энергии выделяются несколько условно; к ним относятся, на-

пример, внутриядерная, электромагнитная, радиоактивная, гравитационная, а также механическая и термодинамическая энергии. При возрастании организации геосистем от уровня минералов до уровня горных пород энергетическую компоненту геологических взаимодействий составляют все названные виды физической энергии, кроме внутриядерной.

Электромагнитная энергия, во многом определяющая иерархическую структуру геологического вещества (в том числе его симметрию), активно проявляется в жидких фазах минерало-, поро- и формациеобразующих систем, вплоть до очагов и бассейнов. В твердых минералах и горных породах электромагнитная энергия находится в значительной мере в «связанном» состоянии, причем активное проявление ее в силовых полях затрудняется усложнением и увеличением размеров геологических тел, поскольку это сопровождается их взаимной нейтрализацией. Непосредственная роль электромагнитной энергии, таким образом, к уровню формаций уменьшается. Экзогенная электромагнитная энергия, связанная с внешними полями, активно проявляется в географических процессах. Таким образом, изменение особенностей и роли электромагнитной энергии от уровня к уровню причинно и следственно связано с усложнением геологической организации.

По мере повышения геологической организации значение *гравитационной энергии* явно возрастает, поскольку увеличивается масса тел. Если в минералообразовании гравитационные силы обычно не могут конкурировать с силами кристаллизации, натяжения, электростатики (и другими), то для пороодообразования и формациеобразования хорошо известны процессы магматической и осадочной гравитационной дифференциации. В частности, ею определяется пластовая форма формаций и криволинейность их границ и структур. Все очевидней становится роль гравитации в формировании симметрии на разных уровнях¹.

В отличие от электромагнитной, гравитационная энергетическая компонента мало дифференцируется в связи с развитием геологической организации, поскольку отдельные гравитационные поля как бы включаются в общее гравитационное поле планеты. Однако последнее является развивающимся, так как и масса космических объектов, и параметры небесной механики изменяются. Эти вопросы рассматривались выше в связи с геохронологической проблемой.

С ростом геологической организации усложняются сами физические энергетические проявления. Сложную совокупность гравитационных и электромагнитных взаимодействий на уровнях макрообъектов отражает *механическая энергия*, которая проявляется

¹ См. «Симметрия в природе». Л., изд. ВСЕГЕИ, 1971 (с участием автора).

при деформации, метаморфизме и деструкции вещественных геологических систем, а также выступает в качестве главной энергетической составляющей геотектонических процессов. Будучи сложным физическим явлением, механическая энергия геологических процессов есть частью причина и частью их следствие, развиваясь вместе с ними. Сам факт проявления на уровнях макротел механической энергии, отличной от гравитационной энергии, является видообразованием энергии. Следовательно, механическая энергия как компонента геологической организации эволюционирует. Речь идет, конечно, не об эволюции законов механики, а об эволюции условий и форм проявления этих законов.

Другая сложная энергетическая компонента геологических процессов — *термодинамическая энергия* — характеризует молекулярные физические и физико-химические взаимодействия на уровнях минералов и горных пород, а в опосредованной форме также на уровнях формаций и других сложных геосистем. Функция состояния термодинамических систем называется *энтропией*. Согласно второму началу термодинамики, энтропия замкнутой системы увеличивается, т. е. система стремится к термодинамическому равновесию. Величина энтропии не зависит от генезиса данного состояния системы. Понятие энтропии характеризует направленное функциональное изменение системы, ее необратимое развитие, поскольку равновесное конечное состояние системы (без изменения) означает невозможность ее макроскопического существования как системы — «тепловую смерть».

Итак, понятие энтропии имеет историческое содержание¹, ограниченное, однако, отрезком развития одной замкнутой системы от данного ее состояния до уничтожения. Недостаточность такого рода истории заключается в трудности выяснения таксономической принадлежности систем, конвергентно развивающихся в направлении сходного состояния. Функциональный подход здесь недостаточен. Это обстоятельство показывает необходимость генетических исследований с целью выхода из «конвергентной неопределенности» (Г. Л. Пospelов и др.).

Реальные термодинамические системы редко оказываются замкнутыми; вряд ли таковые вообще существуют в природе. Природные системы, как правило, являются открытыми, т. е. обмениваются веществом и энергией. Для нас же главное то, что понятие о естественных геологических телах-системах не совпадает с понятием о термодинамических системах. В отличие от рассматривавшихся нами организационных систем, термодинамическая система представляет собой бесструктурную статистическую совокупность (множество) однородных микрообъектов. Термодинамическими системами могут считаться лишь отдельные

¹ См. Я. А. Виньковецкий. Геология и общая теория эволюции. Л., «Недра», 1971.

фрагменты молекулярного среза геологических систем. Термодинамическая энергия как компонента геологических процессов практически никогда не выступает в чистом виде. Энтропия характеризует лишь одну из физических тенденций геологического развития.

Энтропийный физический процесс более выражен в латентных геосистемах; отчетливо проявляется он и при активной деструкции систем в процессах выветривания и денудации, однако эти же взаимодействия служат началом *организационных процессов*, например, почвообразования или формациобразования. Термодинамические модели весьма эффективны при анализе физико-химических условий минерало- и пороодообразования, но не следует забывать об условности их применения к минерало-, пороодо- и формациобразующим надсистемам (суперсистемам), где имеют уже место межуровневые антиэнтропийные барьеры.

Организационные геологические процессы на всех уровнях, начиная с минерального, проявляются как *антиэнтропийные* (неэнтропийные), поскольку ими создаются иерархические системы и структуры, которые сдерживают, разрушают и даже поворачивают вспять энтропийный процесс. Негэнтропийные процессы лучше всего изучены на примере биологических систем и почти никогда не говорится о них применительно к геологическим системам. Но принципиальной разницы в этом отношении между геологическими и биологическими процессами нет, ибо в противном случае невозможно было бы ни возникновение, ни существование жизни на Земле. Если бы геологические системы не были организационными, а были лишь термодинамическими, то на Земле не было бы объектов сложнее молекулы. Остановить энтропию смог уже процесс минералообразования.

Не следует полагать, что высказанная точка зрения отрицает второй закон термодинамики или как-то видоизменяет его; речь идет о граничных условиях проявления закона. В этом смысле «энтропия» и «неэнтропия» не есть одноранговые понятия, поскольку первое из них физическое, а второе организационное (как бы надфизическое). А законами организации, в основном, занимается не физика, а науки о сложно организованных объектах, такие как геология и биология. Итак, мера геологических взаимодействий должна учитывать организационные процессы. *Геологическая энергия*, понятие о которой вполне правомочно, содержит в качестве компонент физические энергии, но она должна стать мерой организационного геологического процесса. Геология еще не выработала эту меру.

По-видимому, в процессе дальнейшего теоретического исследования в этом направлении полезно будет ввести понятие о специфической *геологической энтропии* как функции состояния геологической системы, но такого рода энтропия по своей организационной сути является *неэнтропией*. Понятие о геологической энтропии по содержанию и структуре оказывается *инфор-*

мационным. Как известно, понятие об информации отражает меру неоднородности, упорядоченности, организованности системы, присущую ей самой независимо от степени познания. Существует структурный изоморфизм между энергетическими и информационными свойствами и аспектами систем. Применение негэнтропийного принципа информации распространяется на самые различные области действительности. Информационное моделирование, и информационный язык, нашедшие столь благодатную почву, например, в биологии, к сожалению, еще очень мало проникли в геологию.

Системный анализ энергетических, динамических и исторических проблем геологической организации потребует в дальнейшем применения теории информации, а также кибернетики, поскольку последняя исследует негэнтропийные информационные взаимодействия с авторегуляцией, которые характерны для многих активных геологических систем (свойство эквививальности). Теория информации и кибернетика представляют собой определенные направления в рамках общего системного подхода, который, помимо структурных и организационно-динамических вопросов, распространяется также на субстратные, таксономические и генетические проблемы. Информационно-кибернетические методы, будучи относительно индифферентными по отношению к последним проблемам, являются в то же время сравнительно хорошо разработанными и почти универсально применимыми средствами, тогда как признанной общей теории систем еще не создано, хотя и предложен ряд конкурирующих и взаимодополняющих ее вариантов.

Взаимодействия на высших уровнях геосистем

Анализ восходящей геологической организации показывает, что на уровнях регионально-этажных «надвещественных» систем дифференциация эндогенных и экзогенных условий углубляется. Процесс этот вызван организационной эволюцией геологического вещества, с одной стороны, и контриерархическими планетно-космическими факторами, с другой, в результате чего образовались по крайней мере три линии разнородных геосистем: геотектоническая, географическая и стратиграфическая.

В эндогеосфере (литосфере), по-видимому, начиная с ранних фаз ее существования формируются *геотектонические системы*, доминантные факторы которых имеют эндогенно-структурный характер. Эволюционируя, эти факторы генерируют пространственно-временные взаимодействия вещественных геологических систем на регионально-этажных уровнях. В факторах организации тектонокомплексов особенно существенна физическая, энергетическая (преимущественно механическая) компонента, обусловленная разномасштабными (вплоть до планетарных и космических) процессами.

Вещественный субстрат геотектонических систем организован на уровне формаций. Формации и их ряды составляют вещественную компоненту тектонокомплексов, которые сами не должны рассматриваться как совокупности формаций. Причинно-следственные связи между формациями и тектонокомплексами сложны и неоднозначны. Общеизвестна структурно-динамическая роль геотектонических факторов в образовании и разрушении формаций. Сами формации могут влиять на тектонические процессы (например, прогибание при осадконакоплении). Но тектонокомплексы, будучи как бы надвещественными геосистемами не являются продуктом формациеобразования. Поскольку компонентами и элементами тектонокомплексов являются формации и другие тектонокомплексы, то сами они являются материальными системами, организация которых не сводится лишь к пространственно-временным и динамическим отношениям вещественных тел. Пониманию геотектоники в качестве науки о специфических естественных системах не вполне отвечают распространенные ее определения как отрасли геологии, изучающей структуру, деформации и развитие земной коры и горных пород.

Спорным остается вопрос о причинно-следственных связях между вещественными геосистемами и тектонокомплексами, особенно в плане организационной геоэволюции. Разумно предположить, что тектоническая дифференциация твердой геосферы могла начаться до ее формационной организации. Иными словами, для появления тектонической организации достаточно было наличия минерально-породного субстрата и энергетических факторов разного масштаба. Если первоначальная энергия была бы связана только с минералами и горными породами, то имела бы место только эволюция вещества, например, в сторону магмообразования. Но действовала также энергия космически-планетарного происхождения, без проявления которой тектоническая организация ограничивалась бы локальным структурным системообразованием, например, генетически связанным с магматизмом.

Тектоническое системообразование шло и происходит под воздействием разномасштабных и разнородных факторов: планетно-космических, геосферных, магматических и даже экзогенно-формационных. Среди энергетических факторов тектонических взаимодействий и процессов выделяется сложная механическая компонента, которая, как подчеркивалось выше, является интегральной энергией. Может быть именно последнее обстоятельство способствует организационной направленности геотектонического процесса. Тектонокомплексы не просто структурные образования, а интегрально-структурные системы, характеризующиеся специфическим видообразованием и эволюцией, что подтверждается, хотя и не полностью объясняется, всем опытом сравнительной геотектоники и исторической геологии.

Функциональный аспект геотектонических систем и взаимодействий исследуется структурной геологией и тектонофизикой.

Собственно геотектоника, уделявшая всегда большое внимание таксономии тектонокомплексов, стремится выяснить их генезис, динамику и эволюцию, применяя и развивая при этом актуалистический метод. Используемые в геотектонике «функционально-динамические» и «историко-генетические» модели, выраженные в основном в традиционной описательной форме, могут получить более строгие и эвристичные интерпретации в плане системного анализа. Геотектоника в основном успешно решает свою «субстратную» проблему, выработав методы формационного анализа, с одной стороны, и используя петрологическое моделирование геоболочечных процессов, с другой. Геотектоника обладает весьма обширным материалом по сравнительной морфологии и систематике тектонокомплексов, что приближает ее к решению таксономической проблемы. Неоспоримы успехи геотектоники и в изучении тектонических движений и динамических режимов, а также в расшифровке историко-генетических развивающихся геотектонических систем (включая палеотектонические).

Новые успехи ждут геотектонику не только на путях эмпирических открытий и гипотетических построений, но и при теоретическом обобщении уже существующего фактического материала на основе системного подхода, включая такие его направления как таксономический и информационно-кибернетический анализ.

Структурно-таксономическим аналогом тектонокомплексов в экзогеосфере выступают *географические системы*, включающие также биогеоценотические объекты. Ряд географических геосистем иерархизирован от урочищ и ландшафтов, через географические районы и области к зонам и поясам, вплоть до географической оболочки. Географические системы, как и тектонокомплексы, представляются своего рода надвещественными образованиями, вещественный субстрат которых организован на уровнях минералов и горных пород (воды, воздух, почвы и др.). В географических взаимодействиях в основном пассивно участвуют и формации, и геотектонические системы. Между геотектоническими и географическими системами существуют опосредованные генетические и парагенетические связи и отношения, например между прогибами и бассейнами (понимаемыми в тектонике как тела, а не как формы).

Факторы географического системообразования, несмотря на исключительную сложность, сравнительно доступны для изучения и хорошо известны. Рассмотрение их выходит за рамки темы. Полезно отметить проникновение в географию информационно-кибернетических методов системного анализа (Г. Ф. Хильми и др.). Как представляется, слабым звеном в географии остается таксономическая проблема, решение которой необходимо для понимания также и более общих геологических проблем.

Географические системы представляют собой своеобразные накопители и преобразователи энергии и информации. Географи-

ческая организация (и связанная с ней информация) в исторической ретроспекции не пропадает втуне. Она частично переходит в латентное состояние вещественных геосистем, где сохраняется также в виде реликтов и следов. В этом смысле можно говорить о захоронении географических систем, которые реконструируются нами как палеогеографические системы (включая палеоэкосистемы, по В. А. Красилову). Палеогеографические системы представляют собой своего рода информационно-исторические системы. Палеогеографические структуры, несущие историческую информацию и проявляющиеся в захороненных вещественных геологических телах, составляют специфическую компоненту систем *стратиграфической линии* геологических объектов — стратоконплексов.

«Большая» стратиграфия как базисная геологическая дисциплина является прежде всего наукой о таксономически определенных естественных системах, а не только (как часто ее определяют) отраслью геологии, устанавливающей пространственно-временные отношения геологических тел. Последней задаче отвечает «малая стратиграфия». В наше время, подобно всем наукам о сложно организованных природных системах (биологических, географических, геологических), стратиграфия вырабатывает свою новую теорию, которая должна адекватно отразить не вполне еще осознанную специфичность ее объектов, и как бы вписаться в современное теоретическое естествознание. Геосистемы стратиграфической линии, составляющие уникальный ряд естественных исторических систем, содержат информацию об эволюции высшей геологической организации (а также и биосистем). Поскольку в качестве вещественного субстрата стратоконплексов выступают формации, а структурный их фон образуют тектоноконплексы, то функциональные, динамические и энергетические вопросы непосредственно со стратиграфией не связаны. Однако генезис и история стратоконплексов являются стратиграфическими проблемами, поскольку последние не сводятся лишь к средству установления геохронологии.

Исторический характер стратоконплексов требует привлечения методов теории информации, для применения которых пока существуют два главных препятствия: неоформленность феноменологической стратиграфической теории и неразвитость историко-системной логики. Опыт проведенного исследования показывает большую сложность геохронологической теории, чем это принято предполагать. Выше были намечены некоторые пути содержательного и логического анализа стратиграфических и геохронологических проблем, особенно в плане выяснения особенностей пространственно-временных свойств геосистем.

Восхождение по лестнице геологической организации приводит к геооболочкам и геосферам как продуктам взаимодействия иерархических и контриерархических процессов. Напомним, что наряду с дифференциацией Земли на взаимопроникающие, с од-

ной стороны, полевые и, с другой стороны, вещественные (агрегатные) геосферы и геоболочки, которые организованы на разных уровнях (субатомарных и атомарно-молекулярных), кроме того, выделяются специфические геологические вещественные геоболочки, организованные на минеральном, горнопородном и формационном уровнях. Геосферная систематика осложняется также наложением таких разнородных организационно-структурных оболочек, как тектоносфера и биосфера. Лишь уточнив контуры таксономии геосфер и геоболочек, можно пытаться продвинуться в системном анализе их взаимодействий, что уже относится к компетенции построения конкретной теории Земли.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Следует сформулировать некоторые основные положения проведенного исследования и наметить задачи на будущее.

1. Анализ оснований геологии составляет теоретический фундамент науки, который подводится под нее не вначале, а после построения ее здания. Исследование оснований геологии необходимо для интеграции знания и развития теоретической геологии на всех ее уровнях вплоть до общей теории Земли. Исследуя основания геологии, неизбежно приходится выходить за ее пределы в науки о Земле в целом и в другие фундаментальные области знания. Если дифференциация науки может происходить спонтанно в рамках одной системы знания путем ее разбиения и дивергенции, то интеграция двух или более областей науки требует выхода в их надсистему.

В книге из-за ограниченности ее объема не представилось возможности развернуто изложить предпосылки исследования оснований геологии, вытекающие из философско-гносеологической проблематики и из анализа современного естествознания и его методологии. Обоснование и развитие этих предпосылок остается дальнейшей задачей.

2. Рассмотрение эволюции и состояния теоретической геологии показывает неясность бытующих представлений о главных ее объектах и недостаточность традиционных методов, в частности, ограниченность гипотетико-генетического подхода. Господствовавший в классической геологии метод альтернативных множественных гипотез в определенной мере исчерпывает себя без подкрепления со стороны новых методов. Полуинтуитивные представления о геологическом развитии в некоторых отношениях опередили возможности их историко-теоретического осмысливания. Существует диссонанс между естественной систематикой геологических объектов и структурой научного знания, так же как

и между специфичностью этих объектов и способами их изучения. Неадекватными объектной области геологии оказываются некоторые новаторские теоретические направления, которыми гипертрофируются структурные и формальные методы.

Геология нуждается во все большем внедрении в нее теоретических методов, особенно логико-дедуктивных, а также системного подхода, который интегрирует различные аспекты исследования естественных объектов. Делая акцент на таксономической и структурно-субстратной составляющих системного анализа, мы убеждаемся, что ни один из аспектов последнего не может выступать в чистом виде, за исключением разве лишь формально-логического исследования. В самой таксономии геосистем в свернутом виде (имплицитно) содержится историческая и генетическая информация, развернуть которую (эксплицировать) полноценно возможно только на основе естественной систематики. С другой стороны, при выявлении таковой всегда существуют явные или неявные генетические и исторические предпосылки. Представляется, что проведенное исследование показало возможности выявления критериев системной геологической организации, которые позволяют апробировать существующие эмпирические обобщения и создавать новое теоретическое знание. Более того, намечаются пути распространения этих разработок в науки о Земле в целом и в широкую сферу естествознания.

3. Категориальный строй современной геологии основывается на ряде кардинальных обобщений о естественных телах и структурах, об уровнях организации и специфических взаимодействиях, о видах пространства и времени, установлением которых мы обязаны И. Канту, Ф. Энгельсу, В. В. Докучаеву, П. Кюри, А. Эйнштейну, В. И. Вернадскому и другим ученым. С помощью этих общенаучных категорий мы получаем возможность разработать сквозную систему понятий, объединяющую все области геологии и саму ее с другими фундаментальными науками. С помощью этих понятий строятся абстрактные теоретические модели, которые сопоставляются с существующими построениями эмпирического уровня, в результате чего путем последовательного приближения вырабатывается все более строгое научное знание.

Именно таким способом выясняются главные контуры квантиративной таксономии геологических систем с выделением специфических уровней организации и структурных уровней, в пределах которых должно быть проведено уточнение существующих видовых систематик и выявление естественных классификаций новых объектов. Возникает проблема общей систематики всех геосистем, включая биогеоценоотические, а также антропогенные геосистемы. В более узком плане выявляются систематики и соотношения палеобиогеоценоотических и стратиграфических геосистем, что удалось лишь частично отразить в рамках данной работы. Нашедшая здесь более полное выражение систематика геосфер может способствовать корректировке проб-

лемы Земля — Космос. Систематика геосистем является основой дальнейшего изучения истории Земли, для более строгого описания которой необходима типизация природных взаимодействий. Предпринятые в этом направлении разработки требуют детализации.

4. Едва ли не главным эмпирическим обобщением наук о Земле, в том числе геологии как базисной из них, является установление многоуровневой организации нашей планеты, которая выступает сложной динамической и исторической системой, находящейся на стыке прямой иерархии объектов (идущей из микромира), с контриерархией (прослеживающейся из мегамира). Земля и ее подсистемы формируются на разных уровнях — физических полей и частиц (геофизическом), ядерно-атомарном (геохимическом), молекулярно-минеральном (минералогическом), горных пород (петрографическом), геологических формаций, биогеоценозов и ландшафтов, регионально-этажных систем, геоблоков и геосфер, планеты в целом. Существует тенденция редуцировать всю эту организованную сложность только к физико-химическим явлениям, против чего справедливо выступают многие геологи.

Редукционистский подход до сих пор находил опору в классических представлениях о едином (пустом или абсолютном) пространстве и времени, в котором «помещаются и развиваются» земные объекты и процессы. Мало что изменяет в таких воззрениях и современное понимание физического пространства и времени, которые обычно признаются единственными в природе, а тем самым для нефизических объектов и «абсолютными». Необходимо осознание пространственного и временного многообразия естественных объектов физической, химической, геологической, биологической организаций. Подобное видение природы ставит перед нами новые теоретические проблемы, например о топологическом (и дискретно-топологическом или симметрично-групповом) переплетении и взаимопронизывании иерархий объектов, о естественной перекодировке системообразующих факторов, о межуровневых «квантах организации», о симметрии как пространственной и ритме как временной структуре естественных систем и т. д. Во многом сходными оказываются закономерности организации иерархических объектов Земли с явлениями органического мира. Сравнению тех и других не пришлось здесь уделить должного внимания. Важно еще раз подчеркнуть, что многоуровневая квазиерархия природы не сводится к простой субординации, рядомположенности, однонаправленности — мы сталкиваемся с переплетением и взаимопронизыванием организаций. Детерминирующие друг друга объекты даже одного уровня пространственно неадекватны, но, согласно принципу Кюри, имеют общие элементы симметрии, причем диссимметрия явления-следствия должна обнаруживаться в явлении-причине (наоборот необязательно). В случае, если причинные и следственные

явления относятся к различным уровням, то специфические для этих уровней диссиметрии складываются, фиксируя тем самым переход от одного уровня к другому, от одного класса пространств к другому.

Анализ этих отношений и отражающих их категорий оказывается перспективным не только для создания общих теорий столь сложных объектов как Земля и ее подсистемы, но и для переосмысления всей естественнонаучной картины мира. Столь общие вопросы имеют значение для исследования оснований всего естествознания, а в связи с ним также математики и логики.

5. Затронутые проблемы неожиданно с особой остротой возникли при обосновании формализации и математизации геологического знания, а также при построении целевых концепций в прикладной и теоретической геологии. В этой работе не было возможности развернуть связанную с этим проблематику, которую частично удалось отразить в прежних публикациях. Однако здесь необходимо высказать некоторые замечания, поскольку они связаны с практическими приложениями теории.

Все разработки в направлении формализации и математизации геологического знания должны исходить из содержательных естественнонаучных предпосылок, а не произвольно выбранных принципов. Для эффективности применения математических и других формальных методов основополагающим выступает положение о фундаментальной роли в принципе нематематизируемых начальных обобщений геологии; с естественнонаучной точки зрения — это нематематизируемый базис, с точки зрения математики — это неформализуемый остаток. Речь идет во многом именно о рассматривавшихся выше исходных и основных понятиях геологии.

Необходимость математизации и формализации геологического знания очевидна, но отсутствие иногда предшествующей логической подготовки обесценивает работу по применению, в частности, вероятностно-статистических методов в геологии, обслуживающих ее эмпирический базис. Представление о стохастическом характере геологических процессов ограничено, так как степень детерминации их на разных уровнях различна. В теоретическом отношении не менее существенными оказываются другие математические методы, например, математическая логика или топология. Геологи не всегда сознают, что математизация — это не только количественная или метрическая интерпретация знания, но и анализ значительно более широкого круга отношений. Геологии нужен математический аппарат, который обеспечивал бы иерархизированные модели и исторический подход. Разработки такого рода еще только появляются в виде теории типов, теорий систем, различных топологий, неклассических теорий множеств. Геологи еще не решили, да как следует и не поставили, двух предварительных проблем: первой — установления адекватности языка геологии математическому языку (проблема формализации) и второй — установления адекватности тех или иных ма-

тематических методов специфике геологических явлений. Некоторые из серьезных попыток формализации в геологии характеризуются стремлением подменить геологические принципы математизации сугубо математическими — отсюда отказ от выявления естественных отношений и таксономии геосистем и непризнание уровней их организации. Ограниченность таких схем должна сказаться прежде всего в их бесплодности для установления собственно геологических (подобных физическим) математических констант, законов и критериев, которые могут быть выявлены лишь при формализации геологической теории, построенной на основе понятий о естественных объектах.

Иногда утверждают, что единственным критерием эффективности теоретического анализа является минимизация затрат по достижению намеченной цели (Геологические формации, 1968, стр. 40). Но это недоразумение, так как, во-первых, природе, которую мы изучаем, нет дела до наших целей (они могут быть и ненаучными), и, во-вторых, количество затрат (материальных и интеллектуальных) прямо не определяет степень приближения к научной истине. Конечно, частные теории, связанные, например, с освоением полезных ископаемых, должны учитывать целевые установки. Однако для эффективности прикладных построений необходимо, чтобы они координировались с теоретическими концепциями о классах естественных геологических объектов.

Как общий, так и частные подходы в теоретической геологии, должны всемерно способствовать возрастанию ее практического потенциала, проявляющегося от разработки все более строгих прикладных учений о полезных ископаемых до участия в создании концепции взаимодействия природы и общества. Последняя проблема связывает геологию с учением о биосфере. Проблема построения прикладных и прогнозных концепций, связанных с земными ресурсами и с взаимодействиями общества и природы, не «растворена» во всей сумме научного знания, и не детерминирует решение всех научных вопросов, как это иногда утилитаристски предполагается. Эти концепции должны вычлениваться и развиваться самостоятельно, причем на основе более общих теорий естественных явлений с привнесением по существу нового параметра, который имеет социально обусловленный характер.

ЛИТЕРАТУРА

- Антология мировой философии, т. I. М., «Мысль», 1969.
- Афанасьев Г. Д., Абдуллаев Р. Н., Азизбеков Ш. А., Борсук А. М., Воронина-Аникеева Н. Ф., Кашкай М. А., Керимов Г. И., Круть И. В.* и др. Закономерности развития магматизма складчатых областей. М., «Наука», 1968.
- Баскина В. А., Круть И. В.* Геологические формации (хроника).— Изв. АН СССР, серия геол., 1968, № 12.
- Батюшкова И. В.* Внутреннее строение Земли. М., «Наука», 1966.
- Белоусов В. В.* Основные вопросы геотектоники. М., Госгеолтехиздат, 1962.
- Бернал Дж.* Наука в истории общества. М., ИЛ, 1956.
- Бернал Дж., Маккей А.* На пути к «науке о науке».— Вопросы философии, 1966, № 7.
- Борисов А. А.* Глубинная структура территории СССР по геофизическим данным. М., «Недра», 1967.
- Вассоевич Н. Б.* История представлений о геологических формациях (геогенерациях). Осадочные и вулканогенные формации. Л., «Недра», 1966.
- Вернадский В. И.* Очерки и речи. Т. I—II. Пг., 1922.
- Вернадский В. И.* Проблема времени в современной науке.— Изв. АН СССР, VII серия, ОМОН, 1932, № 4.
- Вернадский В. И.* Биогеохимические очерки. М., Изд-во АН СССР, 1940.
- Вернадский В. И.* Избранные сочинения, т. I—V. М., Изд-во АН СССР, 1954—1960.
- Вернадский В. И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. М., «Наука», 1965.
- Взаимодействие наук при изучении Земли. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Виноградов А. П.* Происхождение оболочек Земли.— Изв. АН СССР, серия геол., 1962, № 11.
- Виноградов А. П.* Введение в геохимию океанов. М., «Наука», 1967.
- Воронин Ю. А., Еганов Э. А.* Вопросы теории формационного анализа. Сравнительный анализ осадочных формаций. М., «Наука», 1969.
- Второе Сибирское совещание по применению математических методов и ЭВМ в геологии и геофизике. Новосибирск, 1967.
- Высоцкий Б. П.* Иоганнес Вальтер и его роль в развитии геологии. М., «Наука», 1965.

- Высоцкий Б. П.* Периодизация истории геологии на основе внутренних факторов ее развития.— Изв. ВУЗ-ов, Геология и разведка, 1968, № 4.
- Высоцкий Б. П.* Проблемы истории и методологии геологии. Автореф. докт. дисс. М., 1969.
- Гегель Г.* Сочинения, т. 2. М., Соцэкгиз, 1934.
- Геологические формации. Л., Изд. ВСЕГЕИ, 1968.
- Геологическое строение земной коры Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, «Наука», 1965.
- Геологическое строение СССР, т. V. М., «Недра», 1969.
- Геология и математика. Новосибирск, «Недра», 1967.
- Гордеев Д. И.* История геологических наук, ч. I. М., Изд-во МГУ, 1967.
- Гравитация и относительность. М., «Мир», 1965.
- Гравитация и топология. М., «Мир», 1966.
- Грин Д. Х., Рингвуд А. Э.* и др. Петрология Верхней Мантии. М., «Мир», 1968.
- Грюнбаум А.* Философские проблемы пространства и времени. М., «Прогресс», 1969.
- Гутенберг Б.* Физика земных недр. М., ИЛ, 1963.
- Гутенберг Б.* Слои повышенной скорости в земле, океане и атмосфере. Верхняя мантия Земли. М., «Мир», 1964.
- Даннелман Ф.* История естествознания, т. II—III. М., ОНТИ, 1933—1938.
- Дарвин Ч.* Происхождение видов путем естественного отбора. Сочинения, т. III. М., Изд-во АН СССР, 1939.
- Деменюк Р. М.* Кора и мантия Земли. М., «Недра», 1967.
- Демин А. М., Круть И. В.* Домезозойские магматические комплексы в палеозойских структурных зонах Соверного Кавказа.— Сов. геол., 1967, № 9.
- Джеммер М.* Понятие массы в классической и современной физике. М., «Прогресс», 1967.
- Драгунов В. И.* К терминологии формационных подразделений. Осадочные и вулканогенные формации. М., «Недра», 1966.
- Жамойда А. И., Ковалевский О. П., Моисеева А. И.* Обзор зарубежных стратиграфических кодексов. М., «Наука», 1969.
- Забелин И. М.* Теория физической географии. М., Географгиз, 1959.
- Заварицкий А. Н.* Изверженные горные породы. М., Изд-во АН СССР, 1955.
- Зубаков В. А.* Ритмичность геологического развития и стратиграфическая классификация. Географический сборник, т. 15. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Иванов Р.* Внутриформационный анализ магматизма.— Изв. Геол. ин-та Болгарской Акад. наук, вып. XVII, XVIII, 1968, 1969.
- Иностранцев А. А.* Геология. Т. I—II. СПб., 1885, 1887.
- Исследования по общей теории систем. М., «Прогресс», 1969.
- Капустинский А. Ф.* К теории Земли. В кн.: Вопросы геохимии и минералогии. М., Изд-во АН СССР, 1956.
- Карри Х.* Основания математической логики. М., «Мир», 1969.
- Кедров Б. М.* Предмет и взаимосвязь естественных наук. М., «Наука», 1967.
- Козиков И. А.* Философские воззрения В. И. Вернадского. М., Изд-во МГУ, 1963.
- Коржинский Д. С.* Теория процессов минералообразования. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Косыгин Ю. А.* Тектоника. М., «Недра», 1969.
- Косыгин Ю. А.* Методологические вопросы системных исследований в геологии.— Геотектоника, 1970, № 2.

- Косыгин Ю. А., Соловьев В. А.* Статические, динамические и ретроспективные системы в геологических исследованиях.— Изв. АН СССР, серия геол., 1969, № 6.
- Красилов В. А.* Палеоэкосистемы.— Изв. АН СССР, серия геол., 1970, № 4.
- Крашенинников Г. Ф.* Фации, генетические типы и формации.— Изв. АН СССР, серия геол., 1962, № 8.
- Кропачев С. М., Круть И. В.* Схема расчленения среднепалеозойского комплекса Северного Кавказа.— Докл. АН СССР, 1963, т. 153, № 1.
- Кропоткин П. И.* Возможная роль космических факторов в геотектонике.— Геотектоника, 1970, № 2.
- Круть И. В.* Некоторые вопросы тектоники приэльбрусской части Передового хребта Северного Кавказа.— Труды ЦНИГРИ, 1964, вып. 62.
- Круть И. В.* О среднепалеозойских вулканогенно-осадочных формациях Передового хребта Большого Кавказа.— Литология и полезные ископаемые, 1965, № 3.
- Круть И. В.* О геологических условиях размещения колчеданного оруденения в Передовом хребте Большого Кавказа.— Труды ЦНИГРИ, 1967, вып. 67.
- Круть И. В.* К состоянию учения о геологических формациях.— Изв. АН СССР, серия геол., 1968, № 9.
- Круть И. В.* К проблеме построения теоретического знания.— Вопросы философии, 1968, № 7.
- Круть И. В.* О книге «Геология и математика». Изв. АН СССР, сер. геол. гич., 1968, № 6.
- Круть И. В.* О некоторых понятиях категориального базиса геологии.— Изв. ВУЗ-ов, геология и разведка, 1969, № 1.
- Круть И. В.* О книге «Структура и форма материи».— Изв. АН СССР, серия геол., 1969, № 9.
- Кузнецов Ю. А.* Главные типы магматических формаций. М., «Недра», 1964.
- Лайель Ч.* Основные начала геологии, т. I, II. М., 1866.
- Лайель Ч.* Руководство к геологии, т. I, II. СПб., 1866а, 1878.
- Левинсон-Лессинг Ф. Ю.* Избранные труды. Т. I—IV. М., Изд-во АН СССР, 1949—1955.
- Личков Б. Л.* К основам современной теории Земли. Л., Изд-во ЛГУ, 1965.
- Магницкий В. А.* Внутреннее строение и физика Земли. М., «Недра», 1965.
- Материалистическая диалектика и методы естественных наук. М., «Наука», 1968.
- Материалы к совещанию «Общие закономерности геологических явлений», т. I, II. Л., изд. ВСЕГЕИ, 1965.
- Меннер В. В.* Биостратиграфические основы сопоставления морских, лагуновых и континентальных свит. М., Изд-во АН СССР, 1962.
- Методологические проблемы наук о Земле.— Вопросы философии, 1966, № 7.
- Милановский Е. Е., Хаин В. Е.* Глубинная структура земной коры и ее эволюция в ходе геологической истории. Строение и развитие земной коры. М., «Наука», 1964.
- Мочалов И. И. В. И.* Вернадский о логике и методологии научного творчества.— Вопросы философии, 1963, № 5.
- На пути к теоретической биологии. М., «Мир», 1970.
- Наливкин Д. В.* Учение о фациях, т. I—II. М., Изд-во АН СССР, 1956.
- Наука в космосе. М., «Наука», 1964.
- Неймайр М.* История Земли, т. I—II. СПб., 1904.
- Никитин Е. П.* Метод познания прошлого.— Вопросы философии, 1966, № 8.
- Николаев С. С.* Горообразование на Земле и их причины.— Вестник АН КазССР, 1960, № 6.

- Пейве А. В.* Общая характеристика, классификация и пространственное расположение глубинных разломов.— Изв. АН СССР, серия геол., 1956, № 1.
- Пейве А. В.* Горизонтальные движения земной коры и принцип унаследованности.— Геотектоника, 1965, № 1.
- Пейве А. В., Страхов Н. М., Яншин А. Л.* Некоторые важнейшие задачи в области теоретической геологии.— Изв. АН СССР, серия геол., 1961, № 10.
- Платт Дж.* Метод строгих выводов.— Вопросы философии, 1965, № 9.
- Поваренных А. С.* Кристаллохимическая классификация минеральных видов. Киев, «Наукова думка», 1966.
- Попов В. И.* Геологические формации — естественноисторические сообщества генетически связанных сопряженных горных пород, т. I, II. Самарканд. Изд-во Узб. ун-та, 1959.
- Поспелов Г. Л.* О проблеме конвергенции в петрографии и геологии. В кн.: Проблемы магмы и генезиса изверженных горных пород. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Равикович А. И.* Развитие основных теоретических направлений в геологии XIX века. М., «Наука», 1969.
- Развитие наук о Земле в СССР. М., «Наука», 1967.
- Рухин Л. Б.* Основы литологии. Учение об осадочных породах. Л., «Недра», 1969.
- Сидоренко А. В., Лулева О. И.* К вопросу о литологическом изучении метаморфических толщ. М., Изд-во АН СССР, 1961.
- Смирнов В. И.* Геология полезных ископаемых. М., «Недра», 1969.
- Спенсер Г.* Нелогическая геология. Сочинения, т. I. СПб., 1899.
- Стенон Н.* О твердом, естественно содержащемся в твердом. М., Изд-во АН СССР, 1957.
- Стратиграфическая классификация, терминология и номенклатура. М., «Недра», 1965.
- Страхов Н. М.* Основы теории литогенеза, т. I—III. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Структура и формы материи. М., «Наука», 1967.
- Субботин С. И., Наумчик Г. Л., Рахимов И. Ш.* Мантия Земли и тектогенез. Киев, «Наукова думка», 1968.
- Тернер Ф., Ферхуген Дж.* Петрология изверженных и метаморфических пород. М., ИЛ, 1961.
- Тихомиров В. В.* О важнейших факторах развития геологии на разных этапах ее истории.— Изв. АН СССР, серия геол., 1966, № 10.
- Тихомиров В. В., Хаин В. Е.* Краткий очерк истории геологии. М., Гостеолтехиздат, 1956.
- Тюхтин В. С.* Системно-структурный подход и специфика философского знания.— Вопросы философии, 1968, № 11.
- Уемов А. И.* Вещи, свойства и отношения. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Уитроу Дж.* Естественная философия времени. М., «Прогресс», 1964.
- Урманцев Ю. А., Трусов Ю. П.* О специфике пространственных форм и отношений в живой природе.— Вопросы философии, 1958, № 6.
- Фаворская М. Л.* и др. Связь магматизма и эндогенной минерализации с блоковой тектоникой. М., «Недра», 1969.
- Ферсман А. Е.* Избранные труды, т. I—VII. М., Изд-во АН СССР, 1952—1962.
- Физика земной коры и верхней мантии. М., «Мир», 1966.
- Физика и химия Земли. М., ИЛ, 1958.
- Хаин В. Е.* Общая геотектоника. М., «Недра», 1964.
- Хворова И. В.* Задачи и некоторые результаты изучения литологии форма-

- дий. В кн.: Вулканогенно-осадочные и терригенные формации. М., Изд-во АН СССР, 1963.
- Херасков Н. П.* Тектоника и формации. М., «Наука», 1967.
- Чудинов Э. М.* Общая теория относительности и пространственно-временная структура Вселенной.— Вопросы философии, 1967, № 3.
- Шанцер Е. В.* Очерки учения о генетических типах континентальных осадочных образований. М., Изд-во АН СССР, 1966.
- Шанцер Е. В.* К методологии историко-геологических исследований.— Геотектоника, 1970, № 2
- Шарапов И. П.* О геологических классификациях. В кн.: Вопросы геологии Приуралья и Зауралья. Пермь, 1966.
- Шатский Н. С.* Избранные труды, т. I—IV. М., «Наука», 1963—1965.
- Шафрановский И. И. А. Г. Вернер* — знаменитый минералог и геолог. Л., «Наука», 1968.
- Штилле Г.* Избранные труды. М., «Мир», 1964.
- Яншин А. Л.* Тектоническое строение Евразии.— Геотектоника, 1965, № 4.
- Яншин А. Л.* Дискуссионные вопросы развития геологических наук.— Сов. геология, 1966, № 4.
- Harrington H. J.* Space, things, time and events — an essay on stratigraphy.— Bull. of the American association of petroleum geologists, 1965, vol. 49, N 10.
- Shaw A. B.* Time of stratigraphy. McCraw-Hall book company. New York, San Francisco, Toronto, London, 1964.
- The Fabrik of Geology. Freer cooper company. Stanford, California, 1963.

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 3 |
| Глава первая | |
| ЭВОЛЮЦИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ | 11 |
| Об историко-геологических исследованиях | 11 |
| Предыстория геологии (периоды первый — четвертый) | 13 |
| Первоначальные знания о Земле | 13 |
| Возникновение первых геологических наук | 15 |
| Научная революция и геологические знания | 16 |
| Становление геологии (период пятый) | 18 |
| Принципы Н. Стенона | 18 |
| Новое в научном мировоззрении | 22 |
| Науки о Земле в XVIII веке | 22 |
| Теория Д. Геттона. Некоторые выводы | 25 |
| Развитие классической геологии (период шестой) | 27 |
| Научный прогресс в XIX веке | 27 |
| Возникновение эволюционной геологии и становление стратиграфии | 28 |
| Концепция Ч. Лайеля | 29 |
| Становление наук о геологическом веществе | 32 |
| Развитие эволюционной геологии и геотектоники | 33 |
| Некоторые выводы о теоретической геологии XIX века | 36 |
| К состоянию теоретической геологии XX века (период седьмой) | 39 |
| Вторая научная революция и науки о Земле | 39 |
| Традиционные и новые отрасли геологии | 41 |
| Планетарная геология | 43 |
| Некоторые итоги | 45 |

Глава вторая

| | |
|---|----|
| К РАЗВИТИЮ ОБЩЕЙ КОНЦЕПЦИИ В. И. ВЕРНАДСКОГО В НАУКАХ О ЗЕМЛЕ | 49 |
| О некоторых основаниях естественнонаучного знания | 49 |
| Изначальные понятия | 54 |
| Естественные тела | 54 |
| Уровни организации | 56 |
| О состояниях пространства | 58 |
| Геологическое пространство | 62 |
| Естественные объекты как системы | 62 |
| Пространство геологических объектов | 64 |
| О парагенезе | 66 |
| О факторах и компонентах земного планетного времени | 69 |
| Проблема природного времени | 69 |
| О факторах и видах природного времени | 72 |
| О компонентах земного планетного времени | 76 |
| Естественные геологические тела | 80 |
| Уровень минералов | 80 |
| Уровень горных пород | 82 |
| Высшие геологические уровни. Оболочки | 84 |
| Геотектонические системы. Формации | 87 |
| Общие соображения о геологической организации | 92 |

Глава третья

| | |
|---|-----|
| ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ФОРМАЦИИ | 99 |
| К состоянию учения о формациях | 99 |
| О понятии «геологическая формация» | 99 |
| Формации кристаллических пород | 101 |
| Формации и фации | 103 |
| Формации и стратиграфические подразделения | 105 |
| Геологические формации как естественные системы | 107 |
| Новые направления в учении о формациях | 107 |
| Иерархическая проблема — внутренний и внешний аспекты | 109 |
| Принципы систематики формаций | 112 |
| Основные классы формаций. Заключительные замечания | 115 |

Глава четвертая

| | |
|---|-----|
| РЕГИОНАЛЬНО-ЭТАЖНЫЕ ПОДСИСТЕМЫ ЛИТОСФЕРЫ | 119 |
| Общие замечания | 119 |
| Геотектонические системы | 120 |
| Геотектоническая организация | 120 |
| Элементарные тектонокомплексы | 123 |
| Геосинклинальные и платформенные тектонокомплексы | 127 |
| Континенты и океаны | 132 |

| | |
|--|-----|
| Геосистемы, экосистемы и биосистемы как компоненты стратиграфической организации | 135 |
| О биогеоценологических системах | 135 |
| Местные и региональные стратоконгломераты | 138 |
| Региональные и планетарные стратоконгломераты | 140 |

Глава пятая

| | |
|---|-----|
| К ОБОСНОВАНИЮ ЕСТЕСТВЕННОЙ СИСТЕМАТИКИ ОБОЛОЧЕК ЗЕМЛИ | 144 |
| Постановка проблемы | 144 |
| Общая физическая организация Земли | 145 |
| Понятие о геомассэргосфере и ее составляющих | 145 |
| Геогрависфера и геоэлектромагнитосфера | 149 |
| Геомассасфера | 152 |
| Геоквазисферы | 154 |
| Общая химическая и геологическая организация Земли | 159 |
| Геофизические и геологические оболочки | 159 |
| Химические геосферы | 160 |
| О геологических оболочках | 162 |
| К проблеме Земля — Космос | 165 |

Глава шестая

| | |
|--|-----|
| ДИНАМИЧЕСКИЕ И ИСТОРИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕОСИСТЕМ | 168 |
| Еще об исходных и основных понятиях | 168 |
| Типы природных взаимодействий | 170 |
| Виды геологических взаимодействий | 172 |
| Взаимодействия на уровне минералов | 174 |
| Взаимодействия на уровне горных пород | 175 |
| Взаимодействия на уровне формаций | 179 |
| Об энергетических свойствах геосистем | 183 |
| Взаимодействия на высших уровнях геосистем | 187 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 192 |
| Литература | 197 |

Игорь Васильевич Круть

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ГЕОЛОГИИ

Утверждено к печати Институтом истории и естествознания АН СССР

Редактор **Б. П. Высоцкий**

Редактор издательства **Н. А. Никитина**

Художник **А. А. Куценко**

Технический редактор **Т. В. Полякова**

Сдано в набор 5/IV-1973 г. Подписано к печати 27/VI-1973 г. Формат 60×90^{1/16}.
Усл. печ. л. 13. Уч.-изд. л. 14,1. Тираж 1500. Т-07099. Бумага № 2. Тип. зак. 2015.
Цена 95 коп.

Издательство «Наука». 103717 ГСП. Москва, К-62, Подсосенский пер., 21
2-я типография издательства «Наука». 121099. Москва, Г-99, Шубинский пер., 10



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НАУКА»

Центральная контора «Академкнига»

В магазинах «Академкнига» имеются в продаже книги:

Максеев З. А.

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МАЙКОПСКИХ ГЛИН. (Южная часть Волгоградской области и Центрального Предкавказья). 1963, 267 стр., 82 рис., 20 табл., 1 р. 78 к.

Малиновский Е. П.

СТРУКТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЛЬНЫХ ВОЛЬФРАМОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. 1965, 163 стр., 75 к.

Мануйлова М. М.

ГЕОЛОГИЯ СЕВЕРНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ. 1964, 226 стр., 1 р. 68 к.

МАРГАНЦЕВЫЕ И ЖЕЛЕЗОРУДНЫЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ДЖАЙЛЬМИНСКОЙ МУЛЬДЫ. 1966, 143 стр., 84 к.

Маслов В. П.

СТРОМАТОЛИТЫ (Их генезис, метод изучения, связь с фациями и геологическое значение на примере ордовика Сибирской платформы). Труды Геологического института. Вып. 41. 1960, 188 стр., 1 р. 52 к.

Матвеевская А. Л., Иванова Е. Ф.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ЗАПАДНО-СИБИРСКОЙ НИЗМЕННОСТИ В СВЯЗИ С ВОПРОСАМИ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ. 1960, 264 стр., 5 л. карт., 1 р. 84 к.

МАТЕРИАЛЫ К ИЗУЧЕНИЮ ГОРНОГО ХРУСТАЛЯ. Труды Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии. Вып. 40. 1960, 76 стр., 44 к.

МАТЕРИАЛЫ ПО МИНЕРАЛОГИИ КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА. Вып. 7. 1969, 227 стр., 2 р. 10 к.

МАТЕРИАЛЫ ПО РАЗРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. Труды Института геологии и разработки горючих ископаемых. Т. 2, 1960, 202 стр., 1 р. 10 к.

Махлаев В. Г.

УСЛОВИЯ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ В ВЕРХНЕФАМЕНСКОМ БАССЕЙНЕ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ. 1964, 228 стр., 1 р. 48 к.

МЕЗОЗОЙСКИЕ И КАЙНОЗОЙСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ ФЕРГАНСКОЙ И ИССЫК-КУЛЬСКОЙ ВПАДИН. 1965, 238 стр., 13 вкл., 1 р. 72 к.

МЕЗОЗОЙСКИЕ И КАЙНОЗОЙСКИЕ СТРУКТУРНЫЕ ЗОНЫ ЗАПАДА ТИХООКЕАНСКОГО ТЕКТОНИЧЕСКОГО ПОЯСА. Труды Геологического института. Вып. 139. 1965. 154 стр., 8 вкл. 1 р. 02 к.

МЕЗОЗОЙСКИЕ МОРСКИЕ ФАУНЫ СЕВЕРА И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА СССР И ИХ СТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ. Труды Института геологии и геофизики Сибирского отделения АН СССР. Вып. 48. 1968. 157 стр., 23 табл. 1 р. 56 к.

Меланхолина Е. Н.
СКЛАДЧАТАЯ СИСТЕМА НЕВАДИД ЮЖНЫХ КОРДИЛЬЕР. Труды Геологического института. Вып. 180. 1967, 71 стр. 48 к.

Мелентьев П. В.
АТЛАС НОМОГРАММ ДЛЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ВОЗРАСТА ПОРОД РАДИОАКТИВНЫМИ МЕТОДАМИ. 1955. 8 л. 32 к.

МЕЛОВЫЕ КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ФЕРГАНЫ. 1965. 115 стр., 11 табл. 1 р. 03 к.

Мельников О. А.
ИСТОРИЯ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ЮЖНОГО САХАЛИНА В ПАЛЕОГЕНЕ И НЕОГЕНЕ. 1970. 170 стр. 1 р. 58 к.

Меняйлов А. А.
ТУФЫ И КИМБЕРЛИТЫ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ И ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕ. Труды Якутского филиала Сибирского отделения АН СССР. Серия геологическая. Сборник 10. 1962. 228 стр. 1 р. 48 к.

МЕТАЛЛОГЕНИЯ ДЕВОНА И НИЖНЕГО КАРБОНА МЕЖГОРНЫХ ВПАДИН АЛТАЕ-САЯНСКОЙ СКЛАДЧАТОЙ ОБЛАСТИ. 1965. 211 стр. 1 р. 28 к.

МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ ШЛАКИ МОНЧИ И ПЕЧЕНГИ. (Комплексное исследование нового минерального сырья). 1965. 203 стр. 98 к.

МЕТАЛЛЫ В ОСАДОЧНЫХ ТОЛЩАХ. ЧЕРНЫЕ МЕТАЛЛЫ. ЦВЕТНЫЕ, ЛЕГКИЕ МЕТАЛЛЫ. 1964. 446 стр. 2 р. 22 к.

Для получения книг почтой заказы просим направлять по адресу:

117463 МОСКВА, В-463, Мичуринский проспект, 12, магазин «Книга — почтой» Центральной конторы «Академкнига»;
197110 ЛЕНИНГРАД, П-110, Петрозаводская ул., 7, магазин «Книга — почтой» Северо-Западной конторы «Академкнига» или в ближайшие магазины «Академкнига».

АДРЕСА МАГАЗИНОВ «АКАДЕМКНИГА»:

| | | | |
|--------|---|--------|--|
| 480391 | Алма-Ата, ул. Фурманова, 91/97 | 117312 | Москва, ул. Вавилова, 55/7 |
| 370005 | Баку, ул. Джапаридзе, 13 | 630090 | Новосибирск, Академгородок, Морской проспект, 22 |
| 320005 | Днепропетровск, проспект Гагарина, 24 | 630076 | Новосибирск, 91, Красный проспект, 51 |
| 734001 | Душанбе, проспект Ленина, 95 | 620151 | Свердловск, ул. Мамина-Сибиряка, 137 |
| 664033 | Иркутск, 33, ул. Лермонтова, 303 | 700029 | Ташкент, Л-29, ул. Ленина, 73 |
| 252030 | Киев, ул. Ленина, 42 | 700100 | Ташкент, ул. Шота Руставели, 43 |
| 277012 | Кишинев, ул. Пушкина, 31 | 634050 | Томск, наб. реки Ушайки, 1 |
| 443002 | Куйбышев, проспект Ленина, 2 | 450075 | Уфа, Коммунистическая ул., 4б |
| 192104 | Ленинград, Д-120, Литейный проспект, 57 | 450075 | Уфа, проспект Октября, 129 |
| 199164 | Ленинград, Менделеевская линия, 1 | 720001 | Фрунзе, бульвар Держинского, 42 |
| 199004 | Ленинград, 9 линия, 16 | 310003 | Харьков, Уфимский пер., 4/6. |
| 103009 | Москва, ул. Горького, 8 | | |

ИСПРАВЛЕНИЯ И ОПЕЧАТКИ

| Страница | Строка | Напечатано | Должно быть |
|----------|----------------------------|---|--|
| 18 | 9 св. | Степанова | Степона |
| 23 | 20 св. | В | С |
| 9 | 15 св. | 1895), | 1859), |
| 1 | табл. 5, 2 графа справа | биогеоценоотичного-ое | биогеоценоотичного-ое |
| | 18 св. | и их сообществ (например, биоценозы, биозоны, биофации) в | с ней гармонического единства, как это утверждалось иногда в |
| | 14 св. | видом | видом и |
| 23 | 5 св. | социальных | специальных |

П. В.
«Исследование основания теоретической геологии»

95 коп.

745

5

