



ПРИНЦИП РАЗВИТИЯ
И ИСТОРИЗМА
В ГЕОЛОГИИ
И ПАЛЕОБИОЛОГИИ

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
НАУЧНЫЙ СОВЕТ
ФИЛОСОФСКИХ (МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ) СЕМИНАРОВ
ПРИ ПРЕЗИДИУМЕ СО АН СССР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ И ГЕОФИЗИКИ
ИМ. 60-ЛЕТИЯ СОЮЗА ССР
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ, ФИЛОЛОГИИ И ФИЛОСОФИИ

ПРИНЦИП РАЗВИТИЯ И ИСТОРИЗМА В ГЕОЛОГИИ И ПАЛЕОБИОЛОГИИ

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Ответственные редакторы
доктор геолого-минералогических наук
В. Н. Дубатов
доктор философских наук *А. Т. Москаленко*



НОВОСИБИРСК
«НАУКА»
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
1990

ББК в 26.3

П75

УДК 552.5 : 1 Ф

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

доктор геолого-минералогических наук *А. Ф. Белоусов*, доктор геолого-минералогических наук *В. Н. Дубатов* (составитель сборника), доктор геолого-минералогических наук *Ю. Н. Карагодин*, доктор геолого-минералогических наук *В. Н. Ковалев*, *Б. А. Мезенцев*, доктор философских наук *А. Т. Москаленко* (составитель сборника), член-корреспондент АН СССР *Г. В. Поляков*, академик АН СССР *Б. С. Соколов*, доктор геолого-минералогических наук *В. А. Соловьев*, член-корреспондент АН СССР *В. В. Тихомиров*, академик АН СССР *В. Е. Хаин*.

Рецензенты

доктор геолого-минералогических наук *Э. А. Еганов*
доктор философских наук *О. С. Разумовский*

Утверждено к печати
Институтом геологии и геофизики
им. 60-летия Союза ССР СО АН СССР

**Принцип развития и историзма в геологии и палео-
П75 биологии.** Сб. научн. тр.— Новосибирск: Наука. Сиб.
отд-ние, 1990.— 339 с.

ISBN 5—02—029597—3.

Рассматриваемые в статьях сборника вопросы имеют ключевое значение как для самой геологической науки, так и для дальнейшей разработки философских проблем естествознания. Определив методологический статус принципов развития и историзма, авторы значительное внимание уделяют проблемам образования и развития жизни на Земле, показывают противоречия познания этого процесса.

Книга адресована философам, геологам, всем интересующимся философскими проблемами естествознания.

П $\frac{0301040100-008}{042(02)-90}$ 19—90 I полугодие

ББК в 26.3

ISBN 5—02—029597—3

© Институт геологии и геофизики им.
60-летия Союза ССР СО АН СССР, 1990

В основу настоящего выпуска научных трудов философских (методологических) семинаров научных учреждений ордена Ленина Сибирского отделения Академии наук СССР положены материалы, посвященные исследованию методологического значения принципов развития и историзма в геологии, а также проблем, связанных с происхождением и развитием жизни на Земле. Статьи сборника охватывают широкий круг проблем — от общеметодологических, философских до частнонаучных, ведь вопросы происхождения жизни, ощущающей материи являются не только естественно-научными, но и важнейшими мировоззренческими проблемами, раскрытие которых ведет к познанию фундаментальных законов бытия. Все они объединены стремлением полнее и глубже раскрыть сущность диалектико-материалистического понимания принципов развития и историзма на основе анализа материала геологии, а также смежных, тесно взаимосвязанных с нею естественно-научных дисциплин.

В предыдущие годы в указанной серии трудов уже выходили в свет сборники, посвященные философским и методологическим проблемам геологии¹. Кроме того, они нашли отражение в разделах и статьях отдельных сборников трудов философских (методологических) семинаров научных учреждений СО АН СССР по методологическим проблемам науки, интенсификации научно-технического прогресса, проблемам взаимосвязи науки и практики, региональным проблемам и т. д. Стало традиционным, что в сборниках трудов философских семинаров публикуются статьи видных советских ученых академиком А. А. Трофимука, А. Л. Яншина,

¹ Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979; Методология литологических исследований. Новосибирск, 1985; Методологические проблемы геологии нефти и газа и их связь с практикой. Новосибирск, 1986.

Б. С. Соколова, Ю. А. Косыгина, В. Е. Хаина, членов-корреспондентов АН СССР Н. В. Сакса, В. Д. Наливкина, Д. В. Рундквиста, М. М. Одинцова, Л. Н. Овчинникова, И. В. Лучицкого, В. С. Суркова, Ф. П. Кределева, академиков республиканских академий — А. М. Акрамходжаева, В. И. Попова и др.

В настоящем издании подводится своеобразный итог работы, проведенной ранее в рамках философских (методологических) семинаров, на региональных и всесоюзных конференциях по проблемам развития и историзма, но подведение логического итога предыдущей работы — не самоцель; главное значение публикуемых материалов в том, что в них закладывается прочный теоретический фундамент для последующей разработки методологических проблем геологической науки на новом этапе ее развития, создаются новые предпосылки для объединения сил философов и естествоиспытателей в решении проблем интенсификации научно-технического прогресса.

Сейчас в геологии накоплено большое количество эмпирического материала о состоянии вещества Земли, о процессах, происходящих в доступных изучению геосферах. Обобщение его в условиях интенсификации научно-технического прогресса требует совершенствования методологического арсенала самой геологии, методологии междисциплинарных исследований, выхода на качественно новый уровень философского осмысления действительности. Сложный и противоречивый процесс дальнейшей теоретизации науки имеет свою специфику в геологии, где все более углубляется дифференциация дисциплинарных направлений, не устраняющая, однако, противоречия внутреннего развития геологической науки в целом, которое существует между теорией и практикой геологических исследований. Научно-техническая революция оказала существенное влияние на взаимодействие теоретической и прикладной геологии: существенно раздвинуты горизонты непосредственного изучения недр Земли, успехи космонавтики позволили изучать земное вещество в сравнении с веществом иных космических тел и др. Вместе с тем применение новых методов исследования в геологии привело к кардинальному пересмотру целого ряда фундаментальных положений в различных областях геологии, к пересмотру основополагающих понятий, принципов и гипотез, содержащихся в базисном материале существующих теорий.

Не случайно в научном мире вновь разгорелись дискуссии вокруг проблем происхождения и развития нашей пла-

неты и Солнечной системы в целом, истории их становления от зарождения до нынешнего состояния, проблем происхождения жизни, имеющих важнейшее мировоззренческое значение и требующих философского осмысления. Однако проблемы развития и историзма в такой науке, как геология, не замыкаются лишь на изучении процессов, происходящих в неживой природе. Это только одна сторона проблемы. Ведь современный облик Земли иппенсивно изменяется под действием не только естественных факторов, но и факторов социальных.

Актуальность исследуемых в сборнике проблем обусловлена одновременно и теоретическими и практическими потребностями. Знание истории Земли, закономерностей ее развития, исследование всего комплекса общих проблем науки способно оказать благотворное влияние на практическое освоение и рациональное использование ресурсов Земли, ибо без этого невозможно решение многих конкретных задач. Человеку в современном мире, как никогда прежде, необходимо глубже познать свою связь с природой и на этой основе регулировать свои отношения с ней, чтобы предвидеть последствия своей деятельности, — это невозможно без знания исторической связи событий, происходящих в неживой и живой природе, без знания законов развития природных объектов.

При рассмотрении развития как целостного, закономерного и необратимого процесса качественного преобразования состояния материальных объектов принято выделять восходящие и нисходящие стадии развития. И если такое деление более или менее очевидно для наук о живой природе и обществе, где отчетливо проявляются тенденции развития от низших к высшим формам организации объекта во всей диалектичности их внутренних движений, то критерий прогрессивности или регрессивности развития в применении к неживой природе выглядит не столь определенно. Повидимому, экстраполяция ценностно-нормативных критериев из социальной области на процессы развития может проводиться лишь условно и всегда в определенной исторической связи явлений, так как абсолютизация их приводит к отождествлению развития и прогресса, от чего искажается историческая связь явлений и что, в свою очередь, приводит к неправильному пониманию принципа историзма применительно к природным явлениям.

Следует также подчеркнуть недопустимость отождествления движения и развития, все еще встречающегося в работах философов и методологов науки. Движение в постоянной

цепи материальных превращений образует многообразнейшие формы, обобщенное видение которых дает нам классификация Ф. Энгельса. Но классификация основных форм движения материи — не повод для механического выведения «высших» форм движения из «низших» наподобие прогрессивного развития, характерного, например, для различных форм живой материи или форм социальной организации.

Такие тенденции не миновали философско-методологической интерпретации понятия «геологическая форма движения материи», выдвинутого и обоснованного в 50-е годы Б. М. Кедровым и в наше время ассимилированного методологией науки. Однако проблемы, трудности утверждения методологического статуса этого понятия в научном обиходе имели достаточно серьезные основания: переходное состояние геологического знания от преимущественно эмпирического к теоретическому в предшествующие годы обусловило такое положение вещей, когда внутренние трудности роста геологической теории некоторыми исследователями «прикрывались» такими наиболее общими понятиями, как «материя», «геологическая форма движения» и др., но при этом не показывалось то, что стоит за ними конкретно. Отсюда возникшее недоверие у части геологов к философской методологии. Неуместное употребление философских понятий приводило в некоторых случаях к спорам о том, в каком абстрактном понятии лучше выразить те качественно своеобразные процессы, которые протекают на Земле, но не о том, чем они вызваны, в чем их специфичность и побудительные силы их развития, какова их реальная история. Метафизичность таких теорий и натурфилософский их характер подвергнуты справедливой критике в отдельных статьях настоящего сборника.

В большинстве статей подтверждается мысль, что принципы развития и историзма органически входят в современную геологическую науку. И речь идет не о декларативном признании необходимости учета этих принципов, а о практическом построении глубоко и основательно разработанной теории развития геологической реальности в сочетании с процессами развития органического мира и человеческого общества.

Редколлегия сборника с благодарностью примет все критические замечания, советы и пожелания по поводу данного выпуска в серии трудов философских (методологических) семинаров.

*Б. А. Мезенцев,
д-р филос. наук А. Т. Москаленко*

МЕТОДОЛОГИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРИНЦИПОВ РАЗВИТИЯ И ИСТОРИЗМА В ГЕОЛОГИИ

Раздел 1

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ПРИНЦИПОВ РАЗВИТИЯ И ИСТОРИЗМА В ГЕОЛОГИИ

ПРОБЛЕМА РАЗВИТИЯ В ГЕОЛОГИИ

В. Е. ХАИН, акад. АН СССР

Геология с самого своего зарождения предстала в трудах Ломоносова, Бюффона и Хаттона как историческая наука, а с середины XIX в. утвердилась и ее эволюционная направленность. Поэтому проблема закономерностей развития имеет для геологии кардинальное значение. При этом в ней можно различить несколько аспектов, на которых мы и остановимся.

Непрерывность — прерывистость

Этот аспект проблемы развития в геологии касается практически всех геологических процессов, как эндогенных (тектонические деформации, магматическая деятельность, региональный метаморфизм), так и экзогенных (осадконакопление, развитие речных долин и др.). Двумя противоположными позициями, которые обозначились в трактовке данного аспекта проблемы, являются представление о непрерывности, постепенности течения геологических процессов, получившее в последнее время название градуализма, и представление о прерывистости — пунктуализм. Крайним выражением пунктуализма является катастрофизм, в свое время осужденный как «реакционное» течение.

Споры вокруг этих двух полярных представлений достигли наибольшей остроты в тектонике, где столкнулись концепция Г. Шилле о фазах складчатости и (или) орогенеза

и концепция Н. С. Шатского и др. о постепенном, даже конседиментационном, росте складок. Накопление фактического материала показало, что, с одной стороны, в своей абсолютной форме обе эти концепции неверны, с другой — в каждой из них присутствует существенная доля истины. Штилле был, безусловно, неправ, полагая, что тектонические деформации проявляются лишь эпизодически и что кратковременные орогенические фазы разделены длительными периодами тектонического покоя. Имеющихся данных достаточно для утверждения, что тектоническая активность Земли и даже отдельных регионов никогда полностью не затухала на протяжении ее истории. Справедливо и утверждение о том, что складчатые деформации в осадочных бассейнах протекали длительно и параллельно с накоплением осадков, т. е. конседиментационно. Но это только одна сторона дела. Другая же состоит в том, что в подвижных зонах основные складчатые деформации происходят лишь после завершения накопления осадков; именно они приводят к осушению бассейна и возникновению наземного рельефа. Далее, анализ глобального материала показывает, что в истории тектонических движений и деформаций наблюдается чередование эпох повышенной и пониженной тектонической активности и что статистически эти эпохи имеют планетарное значение.

Это не означает, однако, что каждая эпоха высокой тектонической активности проявлялась повсеместно и тем более с одинаковой интенсивностью. Подобная повышенная активность в эти эпохи имела место на значительных пространствах в различных, весьма удаленных друг от друга частях Земли и могла выражаться в различных формах, не только складчатости сжатия, но и рифтогенезом с сопутствующими ему тектоническими нарушениями. Эпохи высокой, вернее, повышенной тектонической активности неоднозначны со штиллерскими фазами в том смысле, что они значительно более продолжительны; это не сотни тысяч, а миллионы, иногда более десятка миллионов лет. Разделяющие их периоды спада этой активности, видимо, еще более продолжительны (вероятно, не менее чем в два раза) в глобальном масштабе, а в региональном они занимают большую часть времени развития данной части подвижного пояса. Но на заключительных стадиях процесс деформирования идет практически непрерывно, отвечая нескольким сложным фазам Штилле. Это хорошо показано западно-германскими коллегами на примере внешней, реногерцинской зоны и смежной зоны передового прогиба среднеевропейского герцинского орогена. Здесь этот процесс мигрировал от южного

края реногерцинской зоны до оси передового прогиба на протяжении 60 млн лет, от середины визе до границы вестфала и стефана, охватывая три фазы «канона» Штилле: судетскую, рудно-горскую и астурийскую. Установлено это по радиометрическим датировкам метаморфизма, но точно так же мигрируют во времени и в пространстве смена накопления черпослапцевой глубоководной формации флишовой формацией, так называемая кульма, и прекращение рифтогенного вулканизма, очевидно вследствие смены обстановки растяжения обстановкой сжатия.

Итак, тектонический процесс, и в частности процесс деформирования осадочных и вулканогенных толщ, в условиях сжатия носит в принципе непрерывно-прерывистый характер в том смысле, что на непрерывное течение этого процесса накладывается чередование эпох ее усиления (более крупных и неповсеместных, хотя и глобальных) и ослабления. В принципе аналогично протекают и процессы магматизма и регионального метаморфизма, что наиболее убедительно обосновывается данными радиогеохронометрии. Эти данные опять-таки показали несостоятельность крайних точек зрения. Хорошим примером могут служить гранитные батолиты Тихоокеанского кольца, особенно его северной, наиболее изученной половины. С одной стороны, выяснилось, что, вопреки первоначальному мнению об их одновозрастности и стаповлении в относительно узких временных рамках конца юры — начала мела, эти батолиты многофазны и формировались на протяжении весьма значительного времени: от позднего триаса и почти до конца эоцена. При этом, однако, статистика радиометрических датировок как для северо-западного, советского, так и для северо-восточного, канадско-американского секторов Тихоокеанского кольца показала, что процесс шел неравномерно, в нем были отдельные кульминации и спады.

Аналогичную неравномерность обнаруживают и процессы регионального метаморфизма, которые еще более тесно связаны с тектоническим деформированием, чем гранитообразование (здесь и выше не имеется в виду апорогенное и внегеосинклинальное гранитообразование). Таким образом, мы вправе заключить, что на общем фоне непрерывного проявления всех видов эндогенной активности Земли в этом направлении существовали эпохи повышенной и пониженной интенсивности, т. е. процесс шел отчетливо неравномерно. В ином масштабе времени это хорошо видно по ходу современной вулканической деятельности и сейсмической актив-

ности, также обнаруживающих отчетливую периодичность, хотя никогда вполне и не затухающих.

Что касается экзогенных процессов, то наглядным проявлением «пунктуализма» в их течении может служить осадконакопление. Известно, что практически в любом разрезе перерывам, диастемам отвечают значительно большие промежутки времени, чем собственно накоплению осадков. Во флишевых толщах отложение турбидитов, составляющих по мощности много большую часть их разрезов, происходило фактически почти мгновенно, в то время как пелагические осадки, разделявшие прослой турбидитов, накапливались чрезвычайно медленно и длительно.

Так же резко неравномерно протекают абразия морских берегов и эрозия речных долин. Переработка побережья и выработка речных долин идет в основном не в длительные периоды относительно спокойного волнового воздействия в первом случае и действия текучих вод во втором, а в кратковременные эпизоды сильных штормов и бурных паводков. Аналогично наиболее резкие, катастрофические изменения в морфологии речных долин производят в горных областях селевые потоки.

Особенно большие споры возникли между «градуалистами» и «пунктуалистами» при анализе развития органического мира на Земле, хотя, в общем, вторые явно одолевают первых. Конечно, очень трудно разобраться в том, что является причиной неполноты, прерывистости геологической летописи биоса — эпизодическое массовое вымирание одних и появление других видов, родов, семейств, классов организмов или же перерывы в самом основном разрезе: скорее всего, имеет место сочетание того и другого фактора. Как известно, особенно большое внимание в последнее время привлекает проблема массовых вымираний, особенно на границе мела и палеогена. Само значение этих вымираний не подвергается сомнению, дискуссия вызывает вопрос об их причинах — земных или космических. Среди первых прежде всего называют бурную вспышку вулканической деятельности, вызывающую подобие предполагаемой «ядерной зимы»; среди вторых — падение на Землю крупного метеорита (астероида), которое также могло вызвать резкие изменения климата на Земле. В одной из недавних работ отмечается, что в действительности могло иметь место сочетание обоих событий — падение метеорита способно спровоцировать резкую активизацию вулканической деятельности (как это, кстати, предполагается для самой ранней стадии развития Земли).

В целом можно констатировать, что в современной геологической науке «плоский эволюционизм» лайелевского толка уже преодолен, а катастрофизм в значительной мере реабилитирован. Заметим, что «реакционным» был не катастрофизм сам по себе, даже в изложении Ж. Кювье, а то его толкование, которое привело к креационизму второй четверти XIX в. Совершенно справедливо заключает в своем предисловии к сборнику «Катастрофы и история Земли» В. Т. Фролов: «Катастрофы — такая же нормальная форма природных процессов и развития, как и периоды постепенного изменения, обычно называемые эволюционными, и в диалектическом единстве они четко демонстрируют важнейший закон диалектики — переход количественных изменений в качественные»¹. Так же справедливо отмечает В. Т. Фроловым приоритет Д. В. Наливкина в постановке вопроса о роли катастрофических явлений в геологическом развитии.

Заметим, наконец, что непрерывно повторяющиеся в разных районах Земли, в том числе на территории нашей страны, катастрофические события — мощные вулканические извержения, землетрясения, наводнения, сходы лавин, сели, оползни и другие, сопровождающиеся большими разрушениями и человеческими жертвами, — уже поставили в порядок дня мировой науки изучение причин и предупреждение последствий геологических катастроф, «geological Razacds», как их называют наши англоязычные коллеги. Так, рассмотренный аспект проблемы приобрел совершенно определенное и достаточно большое практическое значение. Причем значение прерывистости геологической эволюции является не только негативным, но и позитивным. Напомним о приуроченности залежей ряда полезных ископаемых — нефти, россыпей и др. — к поверхностям перерывов в осадочном разрезе, к корам выветривания.

Синхронность — асинхронность геологических процессов (в глобальном масштабе)

Итак, геологические процессы протекают с неравномерной интенсивностью во времени, в их течении наблюдаются определенные скачки. Но являются ли такие скачки событиями региональными или глобальными, существует ли оп-

¹ Катастрофы и история Земли: Новый униформизм. М., 1986. С.5.

ределенная планетарная синхронность геологического развития?

Еще сравнительно недавно существование подобной синхронности вызывало большие сомнения. Такие сомнения высказывались и в отношении фаз (эпох) тектогенеза, и в отношении морских трансгрессий и регрессий или оледенений, и касательно синхронности границ стратиграфических подразделений, в конечном счете отражающих эволюцию земной поверхности. Однако накопленный к настоящему времени материал убедительно опровергает эти и подобные сомнения. Изучение добытого в океане глубоководным бурением керна позволило разработать зональную стратиграфию океанов позднего мезозоя и кайнозоя по фауне фораминифер и радиолярий, которая успешно коррелирует со стратиграфией отложений, изученных на суше. Это подтверждается также палеомагнитными данными и данными сейсмостратиграфии и однозначно доказывает глобальность стратиграфических подразделений до биозон включительно. Между тем совершенно очевидно, что дискретность стратиграфической шкалы, основанная на дискретности в распространении органических видов, есть отражение всеобщей дискретности, прерывистости, «пунктуализма» геологического развития. Материалы сейсмостратиграфических исследований подводных окраин Атлантики, а затем осадочных бассейнов суши выявили универсальность основных стратиграфических перерывов и позволили П. Вейлу и его коллегам предложить широко известную теперь кривую колебаний уровня океана за поздний мезозой и кайнозой, распространенную затем, уже по более косвенным данным, на весь фанерозой. Тем самым утвердилось представление о реальности мировых трансгрессий и регрессий, обусловленных, как теперь полагают, неравномерным ростом срединно-океанских хребтов, в свою очередь вызванным неравномерностью спрединга ложа океанов.

Современными данными, хотя и в несколько более общей форме, подтверждается и представление о глобальности эпох тектогенеза. В качестве примера можно привести тот факт, что на всей территории Европы от Атлантики до Урала основной перелом в развитии палеозойских геосинклиналей произошел в середине визе, т. е. на уровне судетской фазы Штилле. Более того, это справедливо и по отношению к Центральному Казахстану (Джунгаро-Балхашская зона) и к Алтаю. Наступивший этап складчатых деформаций и горообразования завершился в Европе, за исключением Урала, также примерно одновременно — в середине ранней

перми (граница отэна и саксония в Западной Европе, артинского и кунгурского веков по нашей схеме), т. е. на уровне заальской фазы Штилле. В этот же интервал геологического времени сформировалась основная масса герцинских гранитоидов и произошел метаморфизм геосинклинальных образований.

Говоря о глобальности основных геологических событий как об установленном факте, нельзя и переоценивать ее значе-ние. Если бы вся земная кора развивалась в строго едином ритме, не существовало бы различий в геологическом раз-резе и структуре отдельных регионов. Следовательно, суще-ствует еще один аспект в проблеме развития в геологии — неравномерность развития.

Неравномерность геологического развития

Эта неравномерность наглядно отражена в современ-ной структуре земной коры, где сосуществуют области древ-нейшей, эпиархейской кратонизации, например Сибирский кратон и отдельные мегаблоки других кратонов, и молодые энсиматические островные дуги, например Бонин-Мариан-ская и Внешняя Меланезийская в Тихом океане. Мало того, к северо-востоку от последней, уже в открытом океане, не-давно обнаружены признаки зарождения новой, еще более внешней, дуги.

Подобная неравномерность развития выступает не толь-ко в глобальном масштабе, но и применительно к отдельным подвижным поясам, где она наблюдается как вкрест прости-рания, о чем частично упоминалось выше, так и по прости-ранию. Так, Индо-Бирманский отрезок Зондской геосинкли-нальной системы находится на более зрелой стадии разви-тия, чем его южное продолжение в пределах Индонезии, поскольку он уже примкнул к Азиатскому континенту и вместо глубоководного желоба на его западной периферии располагается предгорный прогиб, к которому прилегает складчатая система, а не островная дуга, как на юге. Отчет-ливо проявилась продольная миграция орогенного процесса в истории сегмента Арктического подвижного пояса, охва-тывающего Северную Гренландию и Канадский Арктический архипелаг. Здесь опережающее развитие обнаружил Северо-Гренландский отрезок геосинклинального бассейна, начав-ший заполняться турбидитами с востока в силуре в связи с началом орогенеза в Восточно-Гренландских каледонидах. На остров Элсмira и остальную Иннуптскую систему Канад-

ского Арктического архипелага этот процесс распространился лишь в девоне, и только в позднем девоне здесь установилось господство орогенного режима.

В связи с вопросом о неравномерности геологического развития напрашивается аналогия с развитием человеческого общества. Так, если в Советском Союзе уже совершилась социалистическая революция, произошел переход от капиталистической формации к социалистической, то во многих странах еще господствовал феодализм (Афганистан, Монголия и др.), а в отдельных — сохранились пережитки рабовладельческого или даже первобытно-общинного строя (например, в Новой Гвинее). Из этой аналогии следует тот вывод, что этапность геологического развития может определяться лишь статистически, по ее наиболее прогрессивным проявлениям и что при ее установлении в глобальном масштабе не могут игнорироваться особенности развития каждого отдельного структурного элемента — континентальной платформы, геосинклинальной системы, океана и др.

Направленность — цикличность (периодичность)

Этот аспект является одним из наиболее важных в рассматриваемой проблеме, и он долго оставался одним из наиболее дискуссионных. В настоящее время, когда благодаря совершенствованию методов изучения появилась возможность охватить единым взглядом всю историю Земли, начиная по крайней мере с 4 млрд лет, необратимый и направленный характер всех геологических процессов стал вполне очевидным. Справедливость требует отметить, что целенаправленное и комплексное изучение этой эволюции в нашей стране впервые было предпринято под руководством А. Л. Яншина, и в этом направлении достигнуты заметные результаты. Отмечу также работы А. Б. Ронова. Большой интерес к данной проблеме в последние годы обозначился и за рубежом, особенно в том, что касается ранних стадий развития Земли. Все это обусловило появление множества публикаций, относящихся к эволюции и осадконакопленению, и магматизма, и характера (стиля) тектонических деформаций и других сторон геологической эволюции. Поэтому я коснусь лишь некоторых общих, принципиальных вопросов.

Один из них состоит в том, что наибольшую эволюционную изменчивость обнаруживают в истории Земли экзогенные процессы, связанные с развитием органического мира и

внешних оболочек Земли — атмосферы и гидросферы. Вместе с тем нельзя не отметить, что скорость эволюции этих процессов не столь велика, как иногда стремятся ее представить. Новейшие исследования основательно отодвинули в глубь геологического времени и появление первых организмов, и возникновение кислородной атмосферы, и становление гидросферы с параметрами, близкими к современным. Происхождение атмосферы и, очевидно, гидросферы теперь связывается не столько с постепенной дегазацией мантии в процессе вулканизма, сколько с выделением летучих при соударении планетезималей при самом рождении Земли. Совершенно неправдоподобно предположение, что океаны возникли и наполнились водой лишь в позднем мезозое; гораздо ближе к истине был В. И. Вернадский, считавший, что уже в кембрии Мировой океан имел объем и соленость, близкие к современным, и что они мало изменялись на протяжении фанерозоя. Во всяком случае, уже в раннем протерозое существовали глубоководные бассейны, судя по распространению турбидитовых и учащающимся находками офиолитов. Начиная с архея известны биостромы, получившие широкое развитие в раннем протерозое, а в рифее — углеродистые формации и первая нефть. В рифее же известны эвапориты, а в раннем протерозое — их метаморфизованные разновидности. В детально изученной позднеархейской формации Понгола (Южная Африка) палеогеографический анализ позволил выявить генетические типы и фации речных и озерных осадков, практически неотличимые от современных. С раннего протерозоя, если не с конца архея, известны ледниковые образования и т. д. Поэтому, всецело признавая эволюционный характер экзогенных процессов, не следует переоценивать скорость их эволюции и на этом основании отказываться от применения к их исследованию метода актуализма, по меньшей мере начиная с протерозоя. Напротив, именно последовательное применение этого метода дает возможность подметить те отклонения от современных закономерностей, которые и следует отнести за счет необратимой эволюции лика Земли.

По существу, то же справедливо и для эндогенных процессов. Определяющим фактором их эволюции было неуклонное снижение теплового потока Земли; считается, что в архее он мог в 4—5 раз превышать современный; отсюда, как полагают, широкое развитие коматитов в архейских зеленокаменных поясах. Массовое распространение гранитов типа рапакиви и анортозитов в раннем среднем рифее также скорее всего объясняется воздействием еще относи-

тельно высокого теплового потока на молодую континентальную кору. Но начиная с позднего рифея мы наблюдаем лишь те типы магматических пород и ассоциаций, которые обнаруживаем в фанерозое и в современную эпоху. Щелочные породы известны с конца архея, типичные офиолиты — с раннего протерозоя. В рифее появляются глаукофановые сланцы — метаморфиты высокого давления и низкой температуры, что явно связано со снижением теплового потока.

Крупные отличия в характере тектонических деформаций и структур обнаруживаются также только для архея. Раннепротерозойские протоплатформы, протогеосинклинали, протоавлакогены уже относительно мало отличаются от своих рифейско-фанерозойских аналогов. Все большее число исследователей и у нас, и особенно за рубежом, приходят к выводу, что механизмы плитной тектоники уже действовал в раннем протерозое, хотя, добавлю от себя, это была, очевидно, тектоника «малых» плит, продукт мелкочаеистой конвекции. Настоящая тектоника плит функционировала с рифея, особенно с позднего рифея. А в архее скорее всего проявлялась какая-то ее эмбриональная форма. Вряд ли правильно сравнивать развитие зеленокаменных поясов с развитием молодых задуговых бассейнов, как это предложил, например, Б. Ф. Уиндли.

Итак, эволюционный характер всех без исключения геологических процессов не подлежит сомнению, но, во-первых, темпы эволюции для каждого из них были разными, и во-вторых, они существенно снижались начиная с раннего протерозоя (2,5 млрд лет) и особенно рифея (1,7 млрд лет), а в позднем рифее приобрели характер, очень близкий к современному. Отсюда следуют и ограничения применения метода актуализма — их почти не существует для последнего миллиарда лет, они относительно невелики для предыдущих полутора миллиардов лет и наиболее существенны для архея.

Теперь о цикличности. Прежде всего следует оговориться, что, как неоднократно указывалось в нашей литературе, цикличность в диалектическом понимании должна рассматриваться лишь как осложнение направленного развития, как проявление развития по спирали, в котором каждый цикл выступает как виток спирали. Однако сама по себе цикличность геологического развития, правильно понимаемая, чрезвычайно важна и как одна из характернейших черт этого развития, и в практическом отношении, для познания закономерностей размещения полезных ископаемых.

Наиболее крупная цикличность тектогенеза проявилась в периодическом возникновении и распаде Пангеи, объеди-

нявших все континенты Земли, что связывается со сменой одноячейстой конвекции на двужчейстую (О. Г. Сорохтин) Вегенеровская — позднепалеозойская — раннемезозойская Пангея была, как теперь ясно, лишь позднейшей из таких Пангей. Предыдущая образовалась в конце раннего протерозоя и существовала в раннем и среднем рифее. Ей предшествовала Пангея конца архея — начала протерозоя, и под вопросом возможное существование самой ранней Пангеи — на рубеже катархея и архея, с протоконтинентальной корой. В зарубежной литературе популярно понятие «цикла Вилсона», под которым подразумевается время от раскрытия океана, например раннепалеозойского океана Япетус (протоатлантического), до его закрытия. Цикл Вилсона является однопорядковым с циклом становления и распада Пангей; это сотни миллионов лет. Цикл Вилсона может распадаться на несколько традиционно различаемых «геосинклипально-орогенных» циклов типа каледонского, герцинского продолжительностью около 200 млн лет; их предлагается именовать циклами Бертрана (в честь Марселя Бертрапа, впервые около ста лет назад выявившего эту цикличность). Например, для Урало-Охотского (Урало-Монгольского) палеоокеана цикл Вилсона охватывает время от позднего рифея до перми, т. е. примерно 600 млн лет, но он состоит из трех циклов Бертрана: байкальского, каледонского и герцинского, проявившихся лишь на части площади этого океана (подвижно-геосинклипального пояса).

Наиболее мелкая цикличность — годовичная, сезонная (ленточные глины, варвы); она имеет отчетливо экзогенную, космогенную обусловленность. Но подобной же является и «цикличность Миланковича», порядка уже сотни тысяч лет. Приводятся также свидетельства существования цикличности с периодом 20—40 тыс лет, вызванной вариациями в положении оси вращения Земли. Изменения скорости вращения Земли и соответствующие пульсации ее объема могут быть ответственны за периодичность вулканических извержений и сейсмической активности, измеряемой десятками лет. В общем, как уже приходилось указывать, более короткопериодическая цикличность явно связана с астрономическими, в частности с ротационными, факторами, более длиннопериодическая — с собственно геологическими, эндогенными, но последние в опосредованном виде также могут отражать космические влияния (известно, например, что циклы Бертрана отвечают по продолжительности галактическому году).

Между циклами продолжительностью в сотни миллионов лет и цикличностью в сотни — десятки тысяч лет и ме-

нее лежит целая гамма циклов, запечатленная в осадочных разрезах и чрезвычайно отчетливо выявляемая сейсмографией. Она-то и имеет наибольшее практическое значение, особенно в нефтегазовой геологии, контролируя распространение коллекторов, покрышек и разного типа ловушек.

В общем развитие земной коры определяется органическим сочетанием направленности и цикличности, при ведущем значении первой.

Преемственность (унаследованность) и обновление (новообразование)

Направленная эволюция предполагает появление в ходе развития все новых и новых черт. В геологии это касается прежде всего новых черт в структуре земной коры. Хорошо известно, что такие перестройки действительно происходили неоднократно. Открывались и закрывались океаны, закладывались и отмирали подвижные пояса, геосинклинальные системы превращались в орогены, орогены входили в состав фундамента платформ (кратонов) и вновь возрождались за счет последних. Менялся и общий структурный план земной коры.

Однако это только одна сторона дела. Другая заключается в том, что черты старой структуры никогда не стирались полностью. Происходило общее усложнение внутреннего строения коры, включавшей не только старые, но и молодые элементы. Во многих случаях выступает унаследованность молодых структур от древних, иногда очень древних, на что обращал большое внимание Н. С. Шатский. Особенно это касается разломной, блоковой тектоники. Дело в том, что даже при существенном изменении полей напряжений энергетически оказывается гораздо более выгодным возобновление подвижек по старым направлениям, чем заложение новых разломов. При этом сам характер подвижек, т. е. кинематический тип разломов, может изменяться — сбросы могут перейти в надвиги или сдвиги и т. п.

Казалось бы, тектоника плит с ее сложными вращательными движениями плит несовместима с признанием унаследованности в их взаимном расположении. Однако это далеко не так. Все больше выясняется, что группировка континентов в Пангеи и их раскалывание с заложением новых океанов происходили в общем по сходному плану, вдоль одних и тех же близких по положению швов и рифтовых систем.

Сохранялась и локализация Пангей в одном полушарии и Пантала́ссы (Пацифика) — в другом, т. е. фундаментальная диссимметрия Земли.

Подобная унаследованность тем более проявляется и в региональном масштабе, главным образом через разломы и ослабленные зоны, обуславливающие анизотропию консолидированной коры. Этим объясняется неоднократное, спустя многие десятки, даже сотни миллионов лет, возобновление рифтовых систем, орогенов и еще более мелких форм, например кольцевых плутонов ультраосновных щелочных пород. Обратная тенденция — тенденция преобразования, обновления структуры коры — осуществляется не столько путем образования совершенно новых структурных форм, сколько путем перегруппировки старых, возрождения части из них и отмирания других. Разумеется, на этом фоне в ходе направленного развития наблюдалось и полное исчезновение некоторых отживших черт структуры земной коры, например: зеленокаменных поясов в раннем протерозое, плутонов анортозитов-рапакиви в конце позднего протерозоя и т. д.

Таким образом, в геологической эволюции нашей планеты, как и во всякой эволюции вообще, диалектически сочетались преемственность, унаследованность и обновление, новообразование, прежде всего структуры земной коры.

Диалектика развития геологической науки

Рассмотренные выше закономерности геологического развития могут быть отнесены и к развитию самой геологической науки. Со времени известной работы Т. Куна получила признание идея о том, что любая наука развивается неравномерно: в ее развитии чередуются скачки — научные революции и периоды спокойного, эволюционного, по Куну «нормального», развития. Скачок характеризуется сменой господствующих концепций — парадигм, периоды нормального развития — накоплением фактов в рамках господствующей парадигмы, в конце концов ведущим к ее взрыву. Б. М. Кедров показал, что идеи Куна в общем вполне согласуются с диалектическим представлением о развитии науки, и дополнил эти идеи указанием на то, что каждая следующая научная революция качественно отличается от предыдущих.

В истории геологии отчетливо выделяется несколько научных революций: первая из них произошла в середине XVIII в., с ней связано само становление геологической науки; вторая — в начале XIX в., с появлением биостратиграфии и началом систематического геокартирования;

третья — в середине XIX в., когда наметилось проникновение в геологию эволюционных идей, торжество гипотезы контракции, возникновение учения о геосинклиналях и платформ; четвертая — в начале XX в. и связана с кризисом контракционной гипотезы и появлением новых идей в тектонике, возникновением геофизики и геохимии, пятая — новейшая, в 60-е и 70-е годы нашего века, когда возрождается и побеждает мобилизм. Сейчас мы, видимо, снова находимся уже на эволюционном, нормальном отрезке истории нашей науки.

Однако в идеи Куна следует внести некоторые поправки, вернее, дополнения. Во-первых, следует отметить, что в «нормальные» периоды развития науки происходит вызревание представлений, в дальнейшем слагающихся в новую парадигму. Так, гипотеза контракции была предложена еще в 30-е годы XIX в., хотя большинством геологов она принята только после работы Эли де Бомона 1852 г. Идеи, очень близкие концепции тектоники литосферных плит, были высказаны О. Фишером еще в конце XIX века, а А. Холмсом — в 1929 г., т. е. задолго до провозглашения этой концепции в 1962—1968 гг.

Во-вторых, можно указать, что в начале становления новой парадигмы для ее сторонников характерно полное отрицание всех элементов старой. С моей точки зрения, это касается, в частности, отрицания многими «плейт-тектонистами» учения о геосинклиналях. Но в дальнейшем, иногда довольно скоро, оказывается, что новая парадигма должна быть расширена за счет включения в качестве подчиненных составных частей некоторых элементов старой (или старых) парадигмы. Так, теория тектоники литосферных плит находится на пути ассимиляции принципов таких более ранних тектонических гипотез, как пульсационная — чередование эпох преимущественного растяжения и преимущественного сжатия, тотационная — изменение скорости вращения и даже контракционная — развитие в направлении нарастающего сжатия Земли.

В-третьих, «нормальные» эволюционные периоды развития науки нельзя рассматривать как периоды просто накопления фактов «под крышей» господствующей парадигмы. В такие периоды идет расширение этой парадигмы, ее рост за счет обрастания дополнительными элементами, распространения ее принципов на новые области. Все это тоже входит в понятие «нормального» развития, именно развития, а не стагнации науки.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ В ГЕОЛОГИИ И ИХ МЕСТО В СИСТЕМЕ НАУЧНОГО ЗНАНИЯ

Л. И. ИВАШЕВСКИЙ, д-р филос. наук

Вопрос о разработке и обосновании принципов научной теории всегда представлял определенные трудности. Выступая логическим началом построения теоретического знания, принцип часто оказывается слишком общим, абстрактным и не всегда четко отличается от других гносеологических форм, в частности идеи. Не случайно в естественно-научной практике повсеместно можно встретиться с отождествлением идеи и принципа, что порождает терминологические сложности.

Вырастая из идеи, принцип выражает собой одну из сторон ее, как правило наиболее важную и существенную. Если идея пронизывает все этапы формирования теории и входит во все основные формы познания в снятом виде, то принцип возникает лишь в определенные переломные моменты развития знания, подводя итог и синтезируя в себе достижения последнего в явно выраженной прескриптивной форме. Регулятивная функция принципа проявляется в двух аспектах: с одной стороны, принцип организует научное знание в теории, с другой — превращает это знание в требование метода.

Процесс становления теоретического знания всегда протекает сложно и диалектически противоречиво, так как новые идеи не являются непосредственным результатом, вытекающим из эмпирических фактов. Они рождаются как следствие разрешения коллизий между установленными фактами и теорией, между достигнутыми результатами и запросами общественно-исторической практики. Это наглядно проявляется в формировании и развитии геологического знания, само становление которого происходило в обстановке острой идейной борьбы, столкновения альтернативных концептуальных представлений и методологических подходов.

Приято считать, что с середины XVIII в. начался процесс оформления геологии как самостоятельной науки. К этому времени был накоплен определенный эмпирический материал по геологическому строению некоторых районов Земли. И благодаря трудам ряда выдающихся естествоиспытателей (Р. Декарт, И. Ньютон, Н. Стенон, Ж. Бюффон, М. Ломоносов, Д. Геттон и др.) были в том или ином виде

сформулированы основные идеи и принципы, определившие методологическую направленность развития геологии.

Так, в ходе революционных преобразований в основаниях естественно-научного знания возникла фундаментальная естественно-научная картина мира, ядро которой было представлено ньютоновской механикой. Влияние последней на весь ход познания природы оказалось столь значительным, что надолго определило пути развития всех естественных наук. Формирование многих геологических представлений (первоначальное состояние Земли, ее форма, структура, проявление геологических сил и т. п.) было тесно связано с механической картиной природы. На ньютоновских понятиях абсолютного пространства и абсолютного времени построена вся классическая геология.

Еще более значительным оказалось воздействие на развитие геологии логико-гносеологических и методологических установок, вытекавших из идейного наследия Ньютона.

В них утверждалось, что не следует разыскивать в природе других причин сверх тех, которые истинны и достаточны для объяснения явлений, а также, что однопорядковым природным явлениям необходимо приписывать одинаковые причины, а неизменные свойства тел, подвергнутых испытанию, должны приниматься за общие свойства материальных тел и, наконец, чтобы законы, индуктивно найденные из опыта, считались верными до тех пор, пока их не опровергнут наблюдения. Подобные правила, хотя и не всегда явно, оказывали воздействие на формирование руководящих методологических принципов классической геологии.

Ньютон поставил перед собой важную задачу выработать научный метод, который бы позволил из немногих четких принципов однозначно объяснить многообразие природы. Несомненно, что геология, становление которой пришлось на период интенсивной разработки и повсеместного проникновения ньютоновских идей, не могла не испытать их позитивного влияния. Груз натурфилософских и спекулятивно-гипотетических построений в геологии, сдерживающий ее прогрессивное развитие, не мог быть преодолен лишь на пути построения геологии в соответствии с идеалом строгой эмпирической науки. В то же время, хотя ньютоновская механика являлась ядром научной картины мира, последняя интенсивно вбирала в себя достижения других наук, в том числе естественно-исторических дисциплин. Таким образом, стал осуществляться взаимный процесс влияния естественных наук друг на друга в рамках существу-

ющей научной картины мира. Геологии в этом плане принадлежит важная роль не только в расширении онтологического содержания научной картины мира, но и в выработке новых методологических принципов и методов познания развивающихся природных объектов.

В этом плане наиболее ценной в методологическом отношении явилась идея развития Земли и длительности ее истории. Так, Ж. Ламарк пытался утвердить мысль об огромной древности земного шара, постоянных и неотвратимых изменениях на его поверхности. Однако эволюционные идеи на данном этапе развития естествознания не могли получить еще широкого распространения. Они не были оформлены в целостную теоретическую систему, не объяснили ряд фактов, хорошо известных натуралистам того времени (резкое различие ископаемой фауны и флоры, тектонические нарушения и т. п.). Поэтому ответы на возникшие вопросы пытались дать представители нового направления в геологии — катастрофизма. И. Гердер в книге «Идеи к философии истории человечества» (1784 г.) изображает историю Земли как множество катастроф и переворотов, сменяющих друг друга. Он считал, что наука приближается к такому этапу, когда удачливый ум сумеет дать простое объяснение всей геогонии, подобно тому, как Кеплер и Ньютон объяснили строение солнечной системы.

В основу теории катастроф Ж. Кювье положил принцип неизменяемости органических видов и идею появления новых форм жизни после катастрофических изменений на поверхности Земли. Катастрофизм позволил объяснить ряд естественно-научных фактов, заставил обратить внимание на неравномерность развития Земли, что, как правило, игнорировалось эволюционистами. Катастрофизм Кювье явился своеобразной реакцией на ранний эволюционизм, наиболее полно высветил его слабые стороны и, как это ни парадоксально, во многом способствовал его возрождению на более прочной основе.

Радикализм Кювье был важен в том отношении, что он разрушил сложившийся стереотип мышления во взглядах на природу. И как отмечает французский исследователь М. Фуко, для XVIII в. признание непрерывности природы было основным требованием всей естественной истории, так как только она могла гарантировать повторяемость природы. Этой же классической линии следовал Ламарк, мысливший преобразование видов на основе онтологической непрерывности. И вот эту непрерывную линию — одновременно в бытии и в представлении — решительно разрывает Кювье.

Для него живые существа не могут более образовывать цепь постепенных разграничений и различий; для того чтобы поддерживать жизнь, им приходится связываться в узлы, часто отличные друг от друга и принадлежащие различным уровням. Поэтому взгляды Ламарка не были просто предвосхищением будущего эволюционизма, они лишь следовали традициям естественно-научной истории, и «фиксизм» Кювье на этом фоне был одной из первых попыток мыслить исторически. В область изучения живой и неживой природы был внесен дух ньютоновской физики с ее идеалом эмпирической науки.

Однако по мере углубления знаний о природе катастрофизм все больше стал проявлять свою ограниченность и прежде всего в понимании характера и темпов исторического развития Земли. Осознание, что эволюционизм потенциально содержит в себе возможности для разработки более последовательной и полной теории в геологии, привело к разработке Ч. Лайелем униформизма. В условиях широкого развития катастрофизма и наивного эволюционизма идеи Лайеля оказались эффективными, несмотря на свою ограниченность и схематизм. Оба направления были длительное время ведущими в геологии. В какой-то мере они даже отодвинули на второй план более прогрессивные взгляды таких ученых, как П. Лаплас, Г. Скроп, К. фон Гофф и др. Повидимому, решающим было то, что Кювье и Лайель, избрав альтернативные идеи, смогли выдвинуть и обосновать целостную научную программу. Особенностью последней являлось то, что в ее пределах развивались несколько теоретических концепций, а катастрофизм и униформизм длительное время воспринимались как альтернативные и несовместимые друг с другом.

Действительно, хотя оба направления решали одни задачи, они изначально задавали различные онтологические представления о геологической реальности и соответственно вырабатывали свои специфические методологические подходы к ее исследованию. Это обусловило общенаучный характер понятий катастрофизма и униформизма, представляющих собой инвариантные структуры, пронизывающие все естественно-историческое знание. Не случайно эти понятия используются как своеобразный архетип для построения модели развития научного знания представителями исторической школы постпозитивизма. Так, Т. Кун в своей теории научной революции использует идею Кювье о катаклизмах, К. Поппер развивает биоэволюционные воззрения, С. Тул-

мин свою модель строят по аналогии снятия дарвиновской эволюцией катастрофизма Кювье и униформизма Лайеля. Рецидивы катастрофических и униформистских идей наблюдаются в современной геологии и в других естественных науках. Подобная конфронтация этих традиционных направлений в геологии при односторонней оценке приводит к их неоднозначному толкованию. На наш взгляд, необходимо различать катастрофизм как философско-мировоззренческую концепцию, явно ограниченную, и катастрофизм как онтологическую модель, адекватную отдельным фрагментам геологической реальности. Такой же подход возможен к оценке униформизма и пониманию сущности и функций актуализма и историзма в естественно-историческом познании.

Истоки длительных споров вокруг проблемы актуализма связаны с неопределенностью гносеологического статуса этого методологического феномена. Как известно, в работах К. фон Гоффа и Ч. Лайеля были заложены важнейшие теоретические принципы геологии и разработан соответствующий метод исследования. Однако в трудах Ч. Лайеля главным был не актуализм, а униформистская концепция, базировавшаяся на трех основных принципах: однообразии, непрерывности и длительности геологического времени. Как следствие из этой концепции вытекал методологический принцип, который лаконично и образно формулировался так: «Настоящее есть ключ к прошлому». Когда Ф. Энгельс отмечал, что учение Лайеля внесло «здравый смысл» в геологию, то он имел в виду не актуализм, а его униформистские идеи. В пределах последних эффективным оказался методологический принцип, названный впоследствии актуалистическим, хотя ни у Лайеля, ни у его последователей мы не находим актуалистического метода как такового, т. е. доведенного до операционального уровня. Эта неопределенность сохранилась до настоящего времени, порождая терминологическую путаницу. Нередко один и тот же исследователь использует понятие актуализма в качестве идеи, принципа, подхода, метода, закона и т. д. По-видимому, актуализм может выступать и принципом, и методом и т. д. в зависимости от того, в какой форме он дается и какую функцию он предназначен выполнять в конкретном познавательном процессе. Этот общий и универсальный характер актуализма, его высокая эвристичность на уровне принципа всегда затрудняли выработку нормативно-операционных требований, т. е. превращение его в метод исследования. Это обстоятельство обусловило мнение ряда исследователей о том, что в геологии вообще невозможно дать четкие методологические рекоменда-

дации, позволяющие определить правила реконструирования явлений прошлого.

Этому способствует и отрыв актуализма от принципа историзма. Последний возникает на основе предельно широкой философской идеи развития и представляет ее своеобразную конкретизацию применительно к исследованию действительности. Геология с момента своего становления восприняла идею развития и на ее основе ввела в свою познавательную практику в качестве методологического регулятива принцип историзма. Хотя в геологии понятие «исторический метод» употребляется довольно часто, в действительности оно является своеобразным гносеологическим идеалом, который трудно идентифицировать с каким-то реально функционирующим методологическим образованием. В зависимости от масштабов применения историзма, уровня познания, сложности исследовательских задач и т. д. можно говорить о принципе историзма, историческом подходе, в более широком плане — стиле мышления и парадигме.

В то же время такое положение не устраняет вопроса о разработке исторического метода познания и экспликации его структуры и содержания. Характеризуя исторический метод в биологии, И. Т. Фролов отмечает, что он представляет собой сложное образование, включающее в себя ряд специфических форм, специальных методов исследования и синтетически объединяющее их в некоторое диалектическое целое ¹.

Аналогично обстоит дело в геологии, исторический метод которой представляет собой сложно структурированную систему сравнительного, актуалистического и сравнительно-исторического методов, включающих в себя совокупность логических приемов и средств исследования. В свете этого снимается вопрос о том, какой из методов является главным, ведущим, так как все они неразрывно связаны, взаимно дополняют друг друга и выступают в диалектическом единстве. Это не исключает того, что каждый из методов на определенном этапе может играть самостоятельную роль в зависимости от того, какую сторону объективной действительности пытаются отобразить с их помощью. В общем виде такие задачи для каждого геологического метода определил И. Ф. Зубков: для сравнительного метода изучение структуры, для актуалистического — динамики системы и для исторического — истории развития системы ².

¹ Фролов И. Т. Очерки методологии биологического исследования: (Система методов биологии). М., 1965.

² Зубков И. Ф. О значении познания современного состояния Земли для познания ее истории // Пути познания Земли. М., 1971.

Из всего многообразия методологических принципов, используемых в геологии, можно указать следующие группы.

1. Философско-мировоззренческие принципы — наиболее общие, исходные принципы для различных областей знания. Для геологии особую значимость приобрели принципы всеобщей связи и развития, которые в своей ограниченной форме инициировали разработку более конкретных принципов: однообразия или тождества природных сил, непрерывности и длительности исторического времени. Различное понимание этих принципов явилось предпосылкой последовательного возникновения трех основных теоретических направлений в геологии — катастрофизма, униформизма и эволюционизма.

2. Теоретические принципы. Совокупность этих принципов составляет концептуальное ядро соответствующей отрасли знания. В геологии к таким принципам относятся: катастрофический, униформистский и эволюционистский, имеющие онтологическое содержание, и принципы методологической направленности — актуализм, историзм и системность. Назначение последних — выступать связующим звеном между философскими принципами и концептуальными положениями конкретной науки.

3. Эмпирические принципы формируются в пределах данной предметной области на основе обобщений и систематизации материала наблюдений, фактических данных и в силу этого имеют в основном онтологическую направленность. В геологии это принципы Н. Стенова, Грессли, Смита-Квенштадта и др.

Существует мнение, что основные принципы геологии исчерпали свои возможности, нуждаются в модернизации и новой интерпретации в свете современных достижений самой геологии, а также с учетом вероятностно-статистических и релятивистских представлений. Предлагается также ввести в основания геологии принципы термодинамики и механики.

Развитие геологии в последнее время показывает, что она не осталась в стороне от того общего процесса, который охватил современную науку, а именно взаимного проникновения и обогащения принципами и методами научного познания. Стремление освоить методологические достижения лидирующих фундаментальных наук благотворно сказывается на развитии геологии. В то же время это не означает, конечно, что утрачивают силу и значение методологические средства, выработанные этой наукой на протяжении всех этапов своего развития. Более того, прослеживается тенденция все большего воздействия принципов геологии на фун-

даментальные науки, что способствует расширению содержания научной картины мира и синтезу естественно-научного знания.

О ДВУХ КОНЦЕПЦИЯХ РАЗВИТИЯ В ГЕОЛОГИИ

И. Ф. ЗУБКОВ, д-р филос. наук

Геология внесла огромный вклад в разработку идеи развития. Ф. Энгельс отмечал, что геология пробила вторую (после космогонической гипотезы И. Канта) брешь в метафизическом мировоззрении. Она доказала, что современное состояние Земли — результат длительного предшествующего развития. Благодаря геологии идея развития в XIX в. прочно вошла в теоретический арсенал естествознания. Тем печальнее видеть, что идея развития в современной геологии находится в кризисном состоянии. В чем суть этого кризиса и каковы пути выхода из него?

На эти вопросы можно ответить, если иметь в виду введенное В. И. Лениным различие двух концепций развития. В. И. Ленин отмечал, что в XX в. с принципом развития согласны все. Идея развития вошла в сознание не только ученых, но и самых широких масс. Однако понимание развития различается настолько сильно, что можно говорить о двух прямо противоположных концепциях: метафизической и диалектической. Данные две концепции развития существуют и в геологии. На это обычно обращается мало внимания. Если при рассмотрении геологических объектов говорится об их развитии, это уже считается верным признаком диалектического подхода к их изучению, хотя трактовка развития может быть на противоположном от диалектики полюсе.

Кризис идеи развития в современной геологии заключается в том, что она воспроизводится в ней в той стихийной форме, которая была выработана еще в XIX в. Для своего времени этого было достаточно. Однако в современных условиях, когда существует всесторонне разработанное диалектическое учение о развитии, стихийно выработанное понимание развития вольно или неволью тормозит познание геологического объекта.

Отсутствие общей теории объекта в геологии обычно объясняется недостатком фактического материала. Однако

© И. Ф. Зубков, 1990

правильнее будет сказать, что главная причина заключается в недостаточно полном и последовательном применении в геологии принципов диалектической концепции развития. Геология изучает развивающиеся объекты, поэтому идея развития неотделима от ее теоретического содержания. Соответственно конкретное понимание развития задает программу синтеза эмпирического материализма в теоретическую систему и определяет уровень развития и прогресс геологической науки. При современной глубокой дифференциации геологии, когда она поднялась до всестороннего изучения своего объекта, унаследованная от XIX в. идея развития оказывается недостаточной для синтеза эмпирического материала. Сейчас остро необходимо сознательное применение методологии диалектической концепции развития, ибо без этого не может быть научной теории развития геологического объекта, как без знания соответствующих разделов математики невозможна математизация геологии. Между тем общественное мнение в среде геологов ориентировано на стихийно складывающиеся представления о развитии, на то понимание принципа развития, с которым «согласны все».

Сравнивая метафизическую и диалектическую концепцию развития, В. И. Ленин подчеркивал, что самое существенное, коренное, принципиальное их различие заключается в понимании источника движения и развития. Метафизическая концепция либо оставляет без ответа вопрос об источнике развития, либо ищет его вне исследуемого объекта. Иначе говоря, метафизическая концепция стоит на позициях механического лапласовского детерминизма, который в качестве источника, причины, побудительной силы движения и развития рассматривал *внешний толчок*. В этом случае развитие сводится к увеличению или уменьшению рассматриваемого явления, к изменению его структуры и формы под влиянием внешних сил. Развивающийся объект с этой точки зрения выступает только как страдательный, т. е. как движимый чем-то, преобразуемый, перестраиваемый, формируемый, развиваемый и т. д., оказывается лишенным внутренней активности, внутренних причин движения и развития.

В центре внимания диалектической концепции развития стоит проблема источника *самодвижения* объекта, вскрытия внутренних причин развития, понимаемых как борьба противоположностей, возникших в результате раздвоения единого до этого объекта.

Стоит посмотреть на многочисленные геологические (геотектонические) гипотезы и концепции, чтобы без труда

увидеть, что подавляющее их большинство имеет в своей основе принципы метафизической, а не диалектической концепции движения и развития. Именно метафизическая концепция приводит к просто-таки трагическому для развития геологии парадоксу, когда самая активная, самая сложная, самая организованная, самая богатая разнообразными движениями и развитием оболочка — земная кора — понимается тем не менее как чисто пассивный объект, который может двигаться и изменяться только под воздействием внешних сил. Геологическая система, породившая жизнь, начисто лишается не только собственной внутренней жизни, но и собственного движения. И пусть никого не вводят в заблуждение якобы внутренние источники движения, которые отыскиваются в мантии или ядре как внутренних частях земного шара. Такое понимание внутреннего не имеет никакого отношения к диалектике. С точки зрения диалектики вскрытие внутренних источников движения заключается в выявлении в исследуемом объекте (в земной коре в случае объяснения ее движения и развития) противоречий.

Иллюзию диалектического объяснения развития земной коры создает и представление об эндогенных процессах. Они отождествляются с внутренним развитием Земли и на этой основе рассматриваются как определяющие, ведущие, первичные процессы в развитии земной коры. Это представление стало главной догмой геологии, которая некритически принимается и защищается, несмотря ни на какие противоречащие ей факты. Но, как сказано выше, понимание внутреннего в представлении об эндогенных процессах чисто пространственное, а не диалектическое. Кроме того, представление о первичных процессах — это весьма устаревшая идея классического метафизического мировоззрения. С точки зрения диалектики нет ничего раз навсегда первичного и вторичного, движущего и движимого, ведущего и ведомого. Диалектический подход заключается в исследовании *взаимодействия* и *превращения* друг в друга *противоположностей*, в исследовании постоянной смены местами причины и следствия. Представление же об эндогенных процессах навсегда застыло на их абсолютной первичности, на трактовке их как последних причин и исчерпывающих оснований развития земной коры. Отсюда негласный девиз: чем глубже в недра Земли, тем ближе к причинам развития земной коры. Им подменяется действительно диалектический принцип движения от явления к сущности исследуемого объекта. Эту сущность объекта нельзя найти за его пределами.

Теперь можно понять, почему представление о ведущей роли эндогенных процессов не может служить основой раскрытия закономерностей развития земной коры. По логике этого представления, земная кора, испытывая внешние и случайные толчки происходящих вне ее процессов, должна была бы не развиваться, а бессвязно и хаотично изменяться. Однако вся история геологической науки свидетельствует именно о закономерном развитии земной коры, т. е. доказывает, что она *самодвижется* и *развивается*. А раз так, необходим переход с позиций метафизической концепции на позиции диалектической концепции развития, ибо только она дает ключ к пониманию самодвижения и закономерного развития исследуемых объектов. Еще раз подчеркнем, что ядром диалектической концепции развития является признание и вскрытие источника движения и развития во внутренних противоречиях исследуемого объекта. Только в этом случае можно выйти на правильное понимание взаимоперехода качественных и количественных изменений и взаимосвязи поступательности и цикличности, столь важных для развития земной коры.

Первые попытки применить основные принципы диалектической концепции развития были предприняты в СССР вскоре после выхода в 1925 г. первого издания «Диалектики природы» Ф. Энгельса. Так, М. М. Тетяев в своих «Основах геотектоники» (1934 г.) сознательно ориентируется на диалектико-материалистическую теорию. Однако такая ориентация еще не гарантирует последовательного проведения основных принципов этой теории. В самом деле, в качестве главной причины геотектонического процесса М. М. Тетяев видит противоречие между внутренностью Земли, где происходит саморазвитие космического вещества, и земной корой как инертной по отношению к этому процессу оболочкой, в которую передаются механические явления, порождаемые этим процессом, где они принимают форму геотектонического процесса¹. Как можно убедиться, эти представления М. М. Тетяева по существу ничем не отличаются от методологических принципов контракционной гипотезы, а соответственно и от метафизической концепции развития. Это значит, что попытка применить принципы диалектической концепции остается нереализованной.

Такое несоответствие намерений и результатов происходит потому, что внутренние противоречия трактуются чисто пространственно, вследствие чего невольно нарушается все-

¹ См.: Тетяев М. М. Основы геотектоники. 2-е изд. М., 1941.

общность диалектического принципа о внутренних противоречиях как источнике развития. Земная кора как относительно обособленная часть Земли оказывается лишенной внутренних противоречий. Источник движения объекта изучения геологии выносится за его пределы. Это сразу закрывает путь к раскрытию сущности геологических процессов, к пониманию самодвижения земной коры и его закономерностей. Неудачная попытка М. М. Тетяева еще раз подчеркивает ту мысль, что без глубокого изучения диалектической концепции развития невозможно последовательно провести ее в конкретном научном исследовании. Именно поэтому спустя более полувека после первых попыток применения принципов диалектики к исследованию земной коры можно видеть, что господствующие в геологии представления о развитии земной коры мало чем отличаются от взглядов М. М. Тетяева.

«А новая глобальная тектоника!» — могут воскликнуть здесь сторонники этой гипотезы, которые объявляют ее ни больше, ни меньше как революцией в геологии. Новая глобальная тектоника, или тектоника плит, пожалуй, наиболее ярко показывает, что без перехода на позиции диалектической концепции никакой прогресс в познании объекта геологии в настоящее время невозможен. Сколько бы ни отличалась эта гипотеза от представлений «фиксистской» геологии, сколько бы она ни гордилась поворотом геологии на 180°, по своей методологической основе и сути она *ничем* не отличается от «фиксистской» геологии, ведущей свою родовую от контракционной гипотезы. И та и другая подходят к земной коре как совершенно пассивной, следующей в своих движениях за движениями вне ее, в мантии. Но в тектонике плит отрицательные следствия такого подхода усугубляются. Дело в том, что в «фиксистской» геологии схватывались (плохо или хорошо — другой вопрос) этапность, поступательность, преемственность в развитии земной коры, т. е. наиболее существенные черты развития. В «мобилистской» геологии все постоянно течет, все постоянно меняется и нет ничего устойчивого, сохраняющегося, нет в результате преемственности, без чего ни о каком развитии не может быть и речи. Ведь развитие — это способ *самосохранения* материи путем *закономерного* ее изменения. Поэтому-то простое указание на изменение, на движение без выяснения того, что сохраняется, что переходит из одного состояния объекта в другое, что обеспечивает преемственность при переходе от одного этапа к другому, не дает никакого представления о развитии объекта, в нашем случае о развитии земной коры.

Итак, главным препятствием на пути к раскрытию закономерностей развития земной коры является представление о ней как пассивной оболочке, лишенной внутренней активности, лишенной самодвижения.

Есть ли альтернатива в самой геологии таким представлениям о земной коре? Конечно, есть. Диалектическая концепция не представляет собой чего-то внешнего по отношению к исследованиям развития конкретных объектов. Она есть обобщение, углубление, систематизация всего того, что накоплено всеми науками, в том числе общественными, а также философией о развитии.

Тенденции диалектического подхода к пониманию земной коры и ее развития существовали в геологии с момента ее возникновения. Понятие об относительно автономной и внутренне активной земной коре разрабатывалось Геттоном, Лайелем, Холлом и др. Но особенно последовательно понятие о собственной активности земной коры развивал В. И. Вернадский. Опираясь на данные геохимии, минералогии, петрологии, гидрогеологии, геодинамики, учения о биосфере, он пришел к выводу о самодвижении земной коры как целостной системы, объединяемой геологическим круговоротом вещества. Большой вклад в развитие такого понимания земной коры вносит то направление в отечественной геологии (В. И. Лебедев, Н. В. Белов, П. Н. Панюков, В. М. Сеницын, Н. В. Фролова, В. Г. Бондарчук, В. А. Разницын, Г. Н. Назаров, И. В. Корешков, Н. М. Фролов, А. М. Мауленов и др.), которое стремится рассматривать эндогенные и экзогенные процессы в их диалектическом единстве, исследуя при этом круговорот солнечной энергии в геологической системе.

Наиболее полную возможность последовательно и всесторонне провести принципы диалектической концепции развития в исследовании земной коры дает идея геологической формы движения материи. Она ориентирует на вскрытие борьбы противоположностей как источника самодвижения, на превращение противоположностей в основу качественных скачков и диалектики поступательности и круговоротов в изменении объекта, на понимание его как целостной материальной системы, короче говоря, на раскрытие основных закономерностей движения и развития земной коры.

Итак, если мы хотим иметь целостную, стройную теорию движения, строения и развития земной коры, необходимо в общем понимании развития подняться до диалектической его концепции, особенно до последовательного проведения единства, тождества противоположностей. Стихийные, ин-

дуктивные, упрощенные представления о развитии в современных условиях выступают одним из главных препятствий прогресса геологической науки. Только сознательно руководствуясь современной диалектической теорией развития, можно овладеть всей совокупностью геологических фактов в их закономерной взаимосвязи и взаимозависимости, только в этом случае станет реальностью современная теоретическая геология.

НАИБОЛЕЕ ОБЩИЕ ЗАКОНЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ — ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ИДЕИ РАЗВИТИЯ В ГЕОЛОГИИ

Э. Н. ЕЛИСЕЕВ, канд. геол-минер. наук

Огромен и разнообразен окружающий нас мир геологической природы. Чтобы познать его, мы из частных знаний о явлениях и закономерностях геологической природы пытаемся создать общее — научную картину геологического мира. Содержанием ее являются *основные идеи* наук о Земле, законы, принципы, не оторванные друг от друга, а составляющие единство знаний о Земле, определяющие стиль научного мышления на данном конкретном этапе развития науки и культуры человечества.

Научная картина геологического мира уточняется и развивается на протяжении многих лет. Проникновение в сущность явлений природы — это бесконечный, неограниченный процесс. Чтобы понять современную научную картину геологического мира, надо знать, как она развивалась. Так предметом специального исследования становится сама идея развития в геологии.

Наиболее общие представления о природе, рассматриваемой в естествознании, получают свое объективное содержание, когда исследователь опирается именно на сущностные, устойчивые, повторяющиеся в сходных условиях, действующие с необходимостью связи между явлениями.

В какой бы области естествознания ни трудился исследователь, какой бы частной наукой он ни занимался, он должен быть вооружен знанием наиболее общих законов естествознания. В природе наряду со всеобщими диалектико-материалистическими законами и их объективными требованиями к практике действуют свои наиболее общие (а также

общие, частные и специфические) законы, тесно связанные со всеобщими законами объективной действительности. Требования этих законов (разного уровня общности), по Г. И. Датчикову, находят свое отражение в соответствующих естественно-научных методах. По схеме исследовательского процесса, предложенной этим автором, особое значение приобретает триада: 1) объективная действительность, ее законы; 2) законы науки, являющиеся отражением объективных законов действительности; методологические требования этих законов к познавательной (в том числе исследовательской и преобразовательной) деятельности; методы исследования познанных законов; 3) практическая деятельность по воздействию на окружающую человека действительность в строгом соответствии с методологическими требованиями. В тех случаях, когда объективные законы, действующие в какой-то частной области, пока еще не познаны, исследование ее необходимо осуществлять на методологической основе уже известных законов общего плана, а не заниматься ползучим эмпиризмом в отрыве от научной методологии.

Идея развития.

Целостность и динамизм развивающихся систем

Главными аспектами проблемы развития систем являются их целостность и динамизм. Идея целостности и системности способствовали преодолению традиционного разрыва в исследованиях структуры и функции системы. Отрыв структуры систем от их функций был внутренне связан с неверным отождествлением структур с некоторыми особенностями вещественного субстрата и с рассмотрением функции системы как чистой деятельности¹. В этом плане характерен следующий пример. Ранее дарвинизм определяли как науку об историческом развитии видов. Ныне к этому определению добавляют, что эта наука о развитии живой природы и принципах организации эволюционирующих живых систем². В таком определении уже обнаруживается тенденция к объединению исторического и структурно-функционального (организационного, системного) подходов в единый методологический комплекс. Эта тенденция получает отражение в эволюционной теории, а в известной мере и в теории

¹ Уемов А. И. Вещи, свойства и отношения. М., 1963. С. 21.

² Завадский К. М. Развитие эволюционной теории после Дарвина (1859—1920). Л., 1973. С. 28.

эволюции магматических систем³. Понятие «организация» отражает как процесс упорядочивания (оформления) рассматриваемого явления, так и результат такого процесса, а также характер взаимодействия элементов и частей, внутреннюю динамику объекта. Время здесь выступает как фактор функционирования и развития системы.

Сопоставление прежних и современных взглядов на теорию эволюции позволяет сделать следующие выводы.

1. Ранее в центре внимания теории эволюции находились лишь эволюционные изменения и их механизм, в настоящее время актуальна проблема стабильности систем (биологических, а также зарождающихся в разных участках земной коры магматических). Большое значение устойчивых биологических форм (а также магматических образований в минеральном виде) заставляет обратить внимание на ряды — последовательности неустойчивых состояний, выделенных П. Гленсдорфом и И. Пригожиным в 1971 г.⁴ В ходе эволюции и необратимых процессов важны и устойчивые состояния. Здесь следует выделять последовательности устойчивых и неустойчивых состояний (Э. Н. Елисеев⁵).

2. Эволюционные процессы рассматривались ранее лишь на одном (организационном или популяционном) уровне биологической организации. Сейчас эта односторонность преодолевается: изучаются разные уровни организации живых систем. Аналогичная картина имеет место и при исследовании эволюции магматических систем: ранее изучались только отдельные горные породы, теперь — *естественные ряды* магматических горных пород.

3. Теория эволюции признается как теория процесса самоорганизации. Эта идея, получившая развитие в органическом естествознании, имеет все права на существование и в неорганическом естествознании⁶.

4. Теория эволюции — это самостоятельная отрасль знания. Попытки втиснуть ее проблематику в рамки любой

³ Великославинский Д. А., Елисеев Э. Н., Кратц К. О. Вариационный анализ эволюции магматических систем. Л., 1984.

⁴ Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структур, устойчивости и флуктуаций. М., 1973.

⁵ Елисеев Э. Н. Структура развития сложных систем. Л., 1983. С. 27; Он же. Вариационный анализ и симметрия развития (линейный рост и нелинейные волновые масштабные преобразования) // Макроэволюция: (Материалы I Всесоюз. конф. по проблеме эволюции). М., 1984. С. 59—60.

⁶ Великославинский Д. А., Елисеев Э. Н., Кратц К. О. Вариационный анализ эволюции магматических систем.

другой отрасли естествознания тщетны, как и попытки построить теорию эволюции на принципах, достаточных для построения других естественных наук.

5. Методологические аспекты изучения развития систем неотрывны от самой теории развития и заслуживают специального изучения. Они служат важным ориентиром при исследовании систем и выявлении дальнейших перспектив изучения их развития.

Для разработки методов освоения реальной действительности необходимо знать систему объективных законов, которые действуют в области, исследуемой данной наукой, но еще более необходимо — наиболее общие законы естествознания.

Наиболее общие законы естествознания

В опубликованных пяти книгах по проблеме «Развитие сложных систем» (1979—1984 гг.) в числе наиболее общих законов естествознания мы назвали следующие.

1. Закон *взаимосвязи-взаимодействия*. Этот закон (один из пяти наиболее общих законов естествознания) обобщает опыт аксиоматического исследования различных естественных наук. В итоге этого выявляется аналогия законов: третий закон классической механики (И. Ньютон, 1687 г.), принцип Ле Шателье-Брауна (1884—1887 гг.), третье начало термодинамики (независимость параметров системы при 0°K — при классическом равновесном состоянии), влияние различных процессов на ансамбль системы и изменения в системе со временем (статистическая механика — У. Дж. Гиббс, 1902 г.), принцип взаимности термодинамических сил и потоков (неравновесная термодинамика — Л. Олзагер, 1931 г.), принцип совместимости в физико-химическом анализе (Я. Г. Горощенко, 1979 г.), принцип гармонической взаимности в вариационном физико-химическом анализе необратимых процессов (Э. Н. Елисеев, 1971 г.) и многие другие закономерности в различных отраслях естествознания.

Внешнее воздействие на развивающиеся системы — это непрерывный процесс. При этом развивающиеся системы нередко становятся открытыми, в их состав вносятся новые черты, элементы или части. В целом наиболее общий закон естествознания — закон взаимосвязи-взаимодействия — отражает проявления в природе диалектико-материалистического закона всеобщей связи и взаимодействия действительности.

2. Закон *сохранения-преемственности*. Каждый этап в истории развития систем и невозможен без предыдущего и в то же время отрицает его. Сущность преемственности в развитии состоит в неразрывном единстве наследования, в использовании накопленных в прошлом предпосылок и одновременно в их критическом анализе, творческой переработке с учетом качественно нового состояния систем. Этот закон раскрывает соотношение между новым и старым, т. е. между предыдущими и последующими событиями. Четко устанавливается, что в условиях отсутствия внешнего воздействия на материальную систему в ней сохраняются масса, энергия, состояние. Второй наиболее общий закон естествознания обобщает опыт многих отраслей знания, а именно: закон сохранения состояния (инерции) классической механики И. Ньютона (1687 г.), закон сохранения массы при химических превращениях в физической химии (Ломоносов — Лавуазье), закон сохранения энергии в термодинамическом процессе (первое начало классической равновесной термодинамики — Ю. Р. Майер, 1842 г.; Дж. Джоуль, 1943 г.; Г. Гельмгольц, 1847 г.), принцип сохранения фазового объема при статистическом равновесии статистической механики (Гиббс, 1902 г.), принцип микроскопической устойчивости неравновесной термодинамики (Л. Онзагер, 1931 г.), принцип непрерывности в классическом равновесном физико-химическом анализе (Н. С. Курнаков, 1914 г.), принцип стационарности протекания необратимых процессов в вариационном физико-химическом анализе (Э. Н. Елисеев, 1971 г.) и др.

Преемственность выступает как одна из наиболее существенных сторон закона отрицания — диалектического закона, проявляющегося в природе, обществе и мышлении.

3. Закон *соответствия*. Этот закон характеризует соответствие между действующими силами и возникающими результатами. Этот наиболее общий закон естествознания обобщает опыт второго закона классической механики И. Ньютона (1687 г.), закона действующих масс (Гульдберга и Вааге, 1864—1967 гг.), второго начала классической равновесной термодинамики о возрастании энтропии в замкнутой системе, закона статистической механики о фазовом объеме в пространстве конфигураций и скоростей (Гиббс, 1902 г.), принципа линейности коэффициентов уравнений действия в неравновесной термодинамике (Л. Онзагер, 1931 г.), принципа соответствия классического равновесного физико-химического анализа (Н. С. Курнаков), принципа вырождения необратимых процессов вариационного физико-химического ана-

лиза ⁷. Этот закон естествознания связан с таким всеобщим законом материалистической диалектики, как закон взаимного перехода количественных изменений в качественные. Он отражает связь между исходной материальной системой, испытывающей воздействие извне, и ее противодействием на эти воздействия.

4. Закон *периодичности* изменений в материальном мире. Он отражает сложные, нередко нелинейные, взаимодействия, возникающие в объективном мире под влиянием необратимости. В истории науки большие препятствия возникали при установлении периодических химических реакций и закона периодического строения вещества именно потому, что не существовало обобщенной идеи периодичности, не был еще выявлен и сформулирован наиболее общий закон естествознания — закон периодичности: периодическое строение вещества (на всех уровнях его организации) возникает под влиянием (и как результат) периодических процессов и реакций.

5. Закон *необратимости изменений в материальном мире*. Результаты изучения вещества в неравновесных условиях породили ряд вопросов о необратимости природных явлений, решение которых позволяет выяснить тенденции развития современных наук о веществе, а в конечном счете — выявить законы необратимости, выявить особенности исследования вещества, находящегося в неравновесности. При отсутствии равновесия нарушается однородность и равномерность пространства. В неравновесных термодинамических условиях происходят значительные искажения кристаллографического пространства, что согласуется с указанием А. Пуанкаре о том, что «неевклидов мир» неравновесен. В целом, как подчеркивает И. Пригожин ⁸, «необратимость приводит к глубоким изменениям понятий пространства, времени и динамики».

Ныне ни у кого нет сомнений в том, что необратимые процессы играют решающую роль в большинстве областей естествознания. Характеристика необратимости сконцентрирована в трех тезисах И. Пригожина: 1) необратимые процессы столь же реальны, как и обратимые, а не являются лишь следствием приближенного описания обратимых про-

⁷ Елисеев Э. Н. Вариационный физико-химический анализ процессов кристаллизации многокомпонентных систем. Л., 1971; Он же. Физико-химическое моделирование (на примере процессов кристаллизации многокомпонентных систем). Л., 1975.

⁸ Пригожин И. От существующего к возникающему: Время и сложность в физических науках. М., 1985. С. 5.

цессов; 2) необратимые процессы играют конструктивную роль в физике, химии и биологии, определяя возможность возникновения когерентных структур, возможность процессов самоорганизации в открытых системах; 3) необратимость глубоко связана с динамикой и возникает там, где основные понятия классической и квантовой механики перестают отвечать опытным данным.

Изучение необратимых процессов может быть проведено как со стороны конечных продуктов (и их структур), так и со стороны последовательности состояний, через которые проходит система при совершении необратимого процесса (вариационный ряд по направлению процесса).

Академик Н. В. Белов⁹ подчеркивал, что «основная линия исследований Э. Н. Елисеева¹⁰ — путь изменения состояния кристаллизующейся системы, а у П. Гленсдорфа и И. Пригожина¹¹ — структура и устойчивость сложных систем (характеристика конечных состояний и продуктов необратимых процессов)... Рассмотренные выше монографии, по существу, посвящены созданию разных сторон «новой физической химии», которая описывает поведение сложных систем на надмолекулярном уровне их организации».

Методологические требования к исследованиям в области естествознания

Из каждого из перечисленных выше наиболее общих законов естествознания следуют определенные методологические требования к познавательной, исследовательской, вообще практической деятельности. Каковы эти методологические требования? И почему нельзя их игнорировать в процессе взаимодействия общества с природой, в процессе познания и исследования? Остановимся на их значении и содержании.

Эти требования и соответствующие методы¹² вытекают из требований объективных законов. Так, из закона взаи-

⁹ Белов Н. В. Предисловие // Елисеев Э. Н. Физико-химическое моделирование (на примере процессов кристаллизации многокомпонентных систем). Л., 1975. С. 4.

¹⁰ Елисеев Э. Н. Вариационный физико-химический анализ процессов кристаллизации многокомпонентных систем.

¹¹ Гленсдорф П., Пригожин И. Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций.

¹² Методология исследования развития сложных систем: (Естественно-научный подход /Под ред. К. О. Кратца, Э. Н. Елисеева. Л., 1979; Закономерности развития сложных систем: (эволюция и надмолекулярные неравновесные явления) /Под ред. К. О. Кратца, Э. Н. Ели-

мосьязи-взаимодействія вытекают следующие методологические требования к практической деятельности при изучении развития систем:

1) учет тенденций изменения в системе (методы вариационного физико-химического анализа необратимых процессов и эволюции систем);

2) учет адаптации системы к изменяющимся внешним условиям (методы симметрии развития и др.);

3) учет характера необратимых изменений, протекающих в неравновесных системах. Такие изменения возникают вследствие качественных скачков в состоянии системы (при неравновесных фазовых переходах). Здесь неприменимы методы равновесного подхода — нужны методы термодинамики и вариационного физико-химического анализа необратимых процессов и эволюции систем;

4) учет диссипативных структур, возникающих вдали от равновесия, их анализ, а также выявление условий их появления, их качеств и свойств (методы синергетики).

Закон сохранения-преемственности определяет учет:

1) стремления системы к устойчивости — к сохранению состояния при отсутствии внешнего воздействия на систему (методы устойчивости А. М. Ляпунова);

2) эволюционного характера изменений состояний развивающихся систем: изменений, происходящих вследствие действия различных (внешних и внутренних) сил и процессов (методы дифференцируемых отображений деформируемых систем, объектов);

3) определенной последовательности — пути в изменениях устойчивых систем. Такие последовательности состояний характеризуют выявленную направленность эволюционных изменений (вариационные методы выявления направленности происходящих изменений);

4) сохранения общей структуры системы при эволюционных изменениях, связанных с ее деформациями во время роста и развития системы (методы симметрии линейных и нелинейных явлений и систем).

Из закона соответствия вытекают такие методологические требования, как необходимость учета:

1) целостности подхода при анализе систем, подвергающихся воздействию внешних и внутренних сил (системный подход и его методы);

сева. Л., 1980; Елисеев Э. Н., Сачков Ю. В., Белов Н. В. Потоки идей и закономерности развития естествознания. Л., 1982.

2) самоорганизации в неравновесных системах, возникающей под воздействием внешней среды. Самоорганизация выступает как результат внутреннего воздействия на среду и на систему (методы синергетики);

3) изменчивости структур материальных систем при необратимости происходящих явлений (методы бифуркации структур).

Закон периодичности обуславливает необходимость учета:

1) периодичности строения химических элементов, химических соединений и их ансамблей (методы, основанные на периодическом законе Д. И. Менделеева);

2) периодического распределения состава (во времени и в пространстве). Здесь приложимы геохимические методы изучения распределения химических элементов в природе, распределения химических соединений и ансамблей (основанные на идеях периодического закона Д. И. Менделеева);

3) периодических явлений и процессов (методы вариационного анализа — анализ вариаций по направлениям);

4) периодичности изменений условий существования материальных систем в природе — учет периодичности протекания сложных явлений и процессов. В их числе: открытия в гелиобиологии А. Л. Чижевского; периодические химические реакции и процессы, впервые открытые Б. П. Белоусовым; периодичность в изменениях состава у природных фонтанирующих газов¹³ и др.

Важнейшим моментом периодичности явлений при развитии естественных систем служат волновые возбуждения, результатом которых могут являться новые структуры. При анализе волновых структур необходимо обратиться к вопросу о передаче волновых возбуждений среды на объекты (кристаллы, организмы), которые могут служить причиной волновых структур этих объектов. Так, переход расплава в ориентированное состояние происходит по механизму появления нового порядка, через флуктуации. В случае периодичности явлений нельзя применять данные о среднем составе продуктов периодических реакций; здесь необходимы иные, вариационные по направлению, методы, позволяющие изучать такие вариации (флуктуации). В случае периодичности принцип симметрии П. Кюри проявляется в преобразованном виде: симметрия возбуждения обуславливает симметрию возникающих структур. Иначе периодические воз-

¹³ Елсеев Э. Н. Структура развития сложных систем. С. 210—237.

буждения приводят к возникновению периодических структур (в том числе и нелинейных).

Из закона необратимости вытекают следующие методологические требования:

1) необходимость учета последовательностей устойчивых и неустойчивых состояний (необходимость выявления вариационных рядов);

2) необходимость учета сложных (дифференцированных, масштабных) преобразований (методы комбинаторной топологии);

3) необходимость учета так называемого «внутреннего времени» (термин И. Пригожина), помимо астрономического, которое связано с траекторией преобразования системы при необратимом процессе, явлении.

И. Пригожин¹⁴ вводит новое понятие «овремененное пространство». Таким образом, необратимость приводит к глубоким изменениям понятий пространства, времени и динамики. В то же время необратимость как деятельность, протекающая в пространстве, приводит к изменениям его структуры.

Эволюционные процессы протекают в условиях неоднородного пространства и неоднородных его преобразований, когда исходя одинаковые интервалы (в пространстве и времени) становятся неравнозначными¹⁵.

Наиболее общие законы естествознания и вытекающие из них методологические требования к практической деятельности должны определять выбор методов исследования в различных областях естествознания.

ПРИНЦИП РАЗВИТИЯ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

В. И. РЫЖИХ

Идея развития — фундаментальная идея современного естествознания, важный результат теоретического осмысления процессов, происходящих в природе. Выдающуюся роль в этом сыграла диалектико-материалистическая философия.

¹⁴ Пригожин И. От существующего к возникающему.

¹⁵ Николис Г., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах (от диссипативных структур к упорядоченности через флуктуации). М., 1979.

Одним из результатов теоретического синтеза естествознания и философии стал принцип развития как определенная интерпретация процесса развития, охватывающего все формы материи, и как методологический принцип, лежащий в основе поиска закономерностей развития природы в целом и Земли как ее важнейшей составляющей части.

Сложность объекта изучения геологии еще в пору ее формирования требовала от исследователя соотнесения понятия «пространство» с размерами и иерархией природных объектов, что неизбежно приводило к постановке проблемы их генезиса. Данное обстоятельство оказало воздействие на формирование геологии как науки исторической, подходящей ко всем процессам, происходящим на Земле, с точки зрения их длительности, протяженности во времени и сделало исторический подход, предполагающий рассмотрение явлений в процессе их возникновения, развития и гибели, важным элементом геологического исследования.

Первым камнем в фундаменте этого подхода стала космогоническая гипотеза И. Канта. Согласно с ней исследователи рассматривали Землю, а значит, и ее теперешнее, в том числе геологическое состояние, и всю Солнечную систему «как нечто ставшее во времени». В соответствии с этой гипотезой Земля «должна была иметь историю не только в пространстве — в форме расположения одного подле другого, но и во времени — в форме последовательности одного после другого». Возникавшая геология «обнаружила не только наличие образовавшихся друг после друга и расположенных друг над другом геологических слоев», но и приходила к выводу, что «историю во времени имеет не только Земля, взятая в общем и целом, но и ее теперешняя поверхность и живущие на ней растения и животные»¹. Поэтому любая современная геологическая структура предстает в сознании геолога как результат длительной и сложной эволюции, знание о которой изобилует множеством пробелов и (особенно это касается начальных ее этапов) весьма схематично. Это ограничивает наши возможности установления закономерностей эволюции Земли при изучении геологической истории, но не делает бессмысленными попытки сделать это.

В истории геологии сформировалось несколько подходов к анализу историко-геологических процессов, различающихся пониманием характера их протекания. В соответствии с этим по-разному строились концепции геологической истории Земли.

¹ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20. С. 351—352.

До середины XVIII в. натуралисты в естественно-исторических систематических описаниях природных тел пытались через выявление их упорядоченности нащупать генезис геологических объектов, который осмысливался в качестве составляющей знания об этих объектах². Однако это не привело в то время к созданию достаточно стройной концепции истории Земли.

Затем в конце XVIII — начале XIX вв. развитие научных методов способствовало теоретизации естественно-исторических исследований, что отразилось в становлении и формировании основополагающих идей и принципов познания природы. Этот допарадигмальный период развития науки характеризовался острыми спорами о правомерности использования тех или иных методов исследования, о постановке проблем и выборе способов их решения, что способствовало в большей степени размежеванию школ, чем достижению согласия между ними³. В геологии эта ситуация отразилась в борьбе катастрофизма и униформизма.

Основатель катастрофизма Ж. Кювье, изучая нарушения геологических слоев с выраженными несогласиями, пришел к выводу, что причины этих несогласий — внезапные катастрофические изменения земной коры. Они приводили к чередованию в геологической летописи циклов наземного и морского осадконакопления, прерывавшихся в некоторых местах «конвульсивными» движениями земной коры. Модель Ж. Кювье предполагала наличие в геологическом прошлом периодов, характеризовавшихся стабильными условиями, позволяющими идти процессу осадконакопления. Спокойные времена сменялись бурными, что отразилось в угловых несогласиях и резкой смене образа органического мира. Эти катастрофы не носили глобального характера и не нуждались в божественном провидении для своего объяснения⁴.

Несмотря на ограниченный, односторонне-буквалистский подход к сложным и многообразным явлениям окружающей действительности, тенденцию к абсолютизации отдельных природных сил и процессов, т. е. в целом осмысление окружающего мира с метафизических позиций, катастрофизм Кювье позволял объяснить ряд естественно-научных фактов, и в частности привлечь внимание исследователей к неравно-

² См.: Фуко М. Слова и вещи: Археология гуманитарных наук. М., 1977. С. 127.

³ См.: Кун Т. Структура научных революций. М., 1977. С. 75.

⁴ См.: Кювье Ж. Рассуждения о переворотах на поверхности земного шара. М.; 1937. С. 82—83, 150.

мерности развития Земли. Названные обстоятельства способствовали широкому распространению теории и созданию через выработку точного научного метода достаточно прочной базы для успешного развития эволюционизма, несмотря на отрицательное отношение к нему самого автора на последующем этапе развития геологической науки.

В русле теории катастроф развивалась и космогоническая гипотеза Канта — Лапласа, отстаивавшая наличие громадных изменений на поверхности Земли, хотя и не подчиненных жесткому принципу детерминизма⁵, и способствовавшая введению в естествознание идеи развития. В этом направлении действовали и идеи Ж. Бюффона о закономерном изменении природных тел и явлений во времени. В духе теории катастрофизма он выдвигает гипотезу происхождения планет солнечной системы. Бюффон заложил основы исторической геологии и, вычислив возраст Земли, впервые ввел понятие геологического времени, подчеркивая тем самым значение становления во времени, что было чрезвычайно плодотворно и оказало глубокое воздействие на развитие не только геологии, но и естествознания в целом, и философии.

К середине XIX в. катастрофизм в том виде, в каком он существовал, исчерпал себя и, поскольку ограниченно понимал характер и темпы исторического развития Земли, стал тормозить становление новых методов, более полно и последовательно описывающих историко-геологический процесс. Антигезой катастрофизму, прежде всего в вопросе о скоростях и направленности развития Земли, стал униформизм, развивавшийся Ч. Лайелем. Лайель рассматривал Землю как изменяющуюся, но вечную планету, история которой представляет собой динамический стационарный процесс, познание которого должно опираться на принципы постепенности проявления геологических сил, их ненаправленности и униформизма, как приблизительной близости интенсивности проявления геологических сил на протяжении всей истории Земли⁶.

В соответствии с этими принципами Земля, по Лайелю, находится в потоке постоянных, но столь незначительных изменений, что наблюдатель не сможет зафиксировать их в течение своей жизни. Но поскольку время бесконечно, то

⁵ См.: Ивашевский Л. И. Особенности формирования идей и методологических принципов в период становления геологии // Развитие идей и методов в геологии. М., 1986. С. 15—16.

⁶ См.: Лайель Ч. Основные начала геологии. М., 1966. Т. 1. С. 80.

накопление мельчайших изменений может привести в конечном счете к грандиозным результатам. Все геологические события должны интерпретироваться как следствие причин, шаг за шагом действовавших бесконечно долгое время, поскольку, как писал Лайель, они «никогда не действовали с иным уровнем энергии, нежели тот, который они обнаруживают ныне»⁷. Отсюда метод познания геологических процессов должен, по Лайелю, основываться на принципе: «изучение настоящего есть ключ к познанию прошлого». Такой подход получил название актуализма. Он широко применяется и сегодня⁸. Однако, как представляется, буквальное его понимание и прямолинейное использование могут привести к упрощенному, а в конечном счете и ошибочному пониманию геологической истории, потому что этот метод не учитывает конвергентный характер ряда геологических процессов. И в целом униформизм Лайеля слишком однозначно представлял реальную картину природы и препятствовал развитию эволюционистских идей (сам Ч. Лайель пришел к принятию эволюционной теории лишь в конце жизни, получив убедительные свидетельства прогрессивного развития живой природы, являющейся важным фактором геологического развития).

Ч. Дарвин, взгляды которого сформировались под влиянием идей Лайеля, испытывая давление того факта, что имеющиеся ископаемые остатки не давали свидетельств в пользу постепенных переходов, вынужден был, формулируя теорию естественного отбора, существенно отойти от учения Лайеля. Дарвин доказал прогрессивный характер развития в органическом мире, ввел в понимание актуализма идею необратимости развития, что позволило рассматривать развитие природы как исторический процесс, характеризующийся количественными и качественными изменениями. Применительно к геологии это означало существенный шаг вперед.

Развитие современной геологии, которая примерно в одинаковой степени опирается на идеи Лайеля и Кювье, идет в направлении выработки целостной и детально разработанной теории развития Земли. Создание ее возможно только на основе диалектики, представляющей собой аналог и метод познания происходящих в природе процессов.

⁷ Цит. по: Катастрофы и история Земли: Новый униформизм. М., 1986. С. 16—17.

⁸ См.: Мороз С. А., Оноприенко В. И. Методология геологической науки. Киев, 1985. С. 100.

Материалистическая диалектика, как писал В. И. Ленин, «...есть правильное отражение вечного развития мира»⁹, которое совершается как единый, целостный, интегральный процесс, обладающий глобальной направленностью от низшего к высшему. Теория материалистической диалектики опирается на исследования всеобщих характеристик объективно совершающихся процессов и именно из них выводит особенности познания («Диалектика вещей создает диалектику идей, а не наоборот»¹⁰, — отмечал В. И. Ленин.), а также методологические требования, предъявляемые к познающему и действующему субъекту.

Принцип развития как определенная интерпретация процесса развития, характеристика его источников и параметров — одно из фундаментальных оснований диалектико-материалистического метода. Последовательное его применение ориентирует исследователя на поиск источника развития, находящегося в «самой сущности предметов»¹¹ как «раздвоение единого на взаимоисключающие противоположности и взаимоотношения между ними»¹². В реальном объекте существует неодинаковое соотношение противоположностей. Одна из них берет верх над другой и выражает тем самым необходимость развития, определяет его тенденцию. Выявление ведущей противоположности возможно лишь в случае всестороннего исследования данного объекта или явления. Это возможно только с учетом тесного переплетения различных принципов диалектико-материалистического метода, связи принципа развития с принципами материального единства мира, детерминизма, историзма, системности и др.

Принцип развития оптимизирует методы и процедуры исследования через выбор, на основе данного принципа, из множества возможных теоретических программ познания фундаментальной закономерности ограниченного их подмножества с высокой степенью вероятности существования среди них единственного истинного варианта. Кроме того, последовательное применение принципа развития требует рассматривать каждый процесс с точки зрения его высшей относительной цели, что позволяет логически воспроизвести историю мира.

Вышеизложенное позволяет понять развитие исследуемого объекта в его целостности и связи со средой как процесс

⁹ Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 29. С. 99.

¹⁰ Там же. С. 178.

¹¹ Там же. С. 227.

¹² Там же. С. 317.

последовательной сменой качественных состояний объекта, имеющий спиралевидную форму, характеризующийся преемственностью, необратимостью, наличием конкретных пространственно-временных координат и так далее.

Применение принципа развития к геологическим исследованиям означает, во-первых, признание исторических изменений всех геологических объектов, их развития как направленного во времени последовательного изменения; во-вторых, это ведет к необходимости выделения геологической формы движения материи, занимающей особое место в ряду других форм и являющейся высшей по отношению к физической и химической, диалектическое единство которых составляет ее фундамент, и основой для возникновения биологической и социальной форм движения; в-третьих, это требует поиска источников геологического развития в диалектическом характере присущих этой форме движения процессов и свойств: в диалектике связи эндогенных и экзогенных процессов, в противоречивом характере свойств литосферы, проявляющей себя в одно и то же время как твердое и вязкое, сплошное дискретное тело¹³. Мощным фактором ее эволюции оказывается также взаимодействие приповерхностных оболочек Земли, в том числе биосферы и социосферы, их взаимное влияние и обратные связи, пронизывающие эту систему. Кроме того, через литосферу непрерывно идет обмен веществом и энергией между Землей и окружающим космосом. Этот обмен вызывает изменения свойств ее вещества и структуры, способствует перераспределению вещества и энергии между геосферами и ведет к активизации эндогенных процессов, возникающих в теле Земли в результате ее вращения вокруг оси и по орбите и приводящих к возникновению закономерной структуры поверхности. В-четвертых, применение принципа развития в геологии требует рассматривать геологическую историю как периодический процесс, находящий свое выражение в геотектонических циклах, природа которых связана с изменением положения Земли в космическом пространстве. И в-пятых, это требует учета и объяснения всей суммы имеющихся геологических фактов или надежных эмпирических обобщений о пространственном распределении эндогенных режимов, о глобальной периодичности тектонического процесса, о ритмах в эволюции биосферы, о закономерностях пространственной организации рельефа земной коры.

¹³ См.: Шолло В. Н. Структура Земли: Упорядоченность или беспорядок? М., 1986. С. 128—130.

Учет названных выше положений, по нашему мнению, может способствовать продвижению в выработке концепции, претендующей на понимание закономерностей процессов формирования и направленной в сторону усложнения и повышения уровня структурной организации земной коры и той структуры, которая сложилась к сегодняшнему моменту, а также, хотя бы отчасти, восставлению пробелов в геологической истории. Это необходимо как в плане выработки единой естественно-научной картины мира, которую невозможно представить без учета геологического фактора, так и для поиска новых природных ресурсов, для чего необходимо, в частности, знание структуры и понимание процессов развития Земли.

ИСТОРИЗМ В ФОРМИРОВАНИИ КАРТИНЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ

*С. А. МОРОЗ, д-р геол.-минер. наук,
В. Н. ОНОПРИЕНКО, д-р филос. наук, А. А. КРАВЧУК*

В геологической науке, равно как и в других историко-эволюционных отраслях естествознания, понятие картины реальности организуется на основе доминантных системно-структурных характеристик предмета исследований, постоянно коррелирующих с исторически изменчивым способом видения геологического объекта. Познательная значимость этого понятия заключается прежде всего в том, что оно позволяет определить специфику исторической формы развития теории в геологии, соотношение ее с эмпирическим базисом на пути оптимизации современного процесса теоретизации геологического знания. Более того, фиксация и вычленение идеализированных компонентов картины геологической реальности представляется нетривиальной методологической задачей, устремленной на поиск новой аргументации феномена самой природы геологического исследования.

Картина геологической реальности может быть определена через понятие геологического объекта как объекта исторического, из представления о взаимосвязанности геологических взаимодействий на основе конкретной естественно-исторической системы, выступающей в качестве базисной. При этом необходимым образом должна быть выстроена тео-

рия развивающихся объектов, которая непосредственно подводит к необходимости методологического осмысления проблемы уровней организации геологических объектов. Однако эта проблема должна истолковываться не как классификация «естественных объектов», сложившаяся теперь в геологии, а в контексте установления уровней взаимодействия (процессуальности) геологических объектов. Такою рода подход будет способствовать разработке типологических характеристик объектов геологического исследования, а также позволит более осмысленно дифференцировать представление о картине геологической реальности, укрепить ее онтологический аспект и, в конечном счете, методологически оптимизировать актуальный процесс создания теоретических моделей и пояснительных конструктов в геологии.

Важно подчеркнуть, что именно понятие картины геологической реальности позволяет оценить современный этап развития теории в геологии как этап, на котором пока еще не сформулированы подлинные теоретические модели и не завершены формулировки законов (в том числе времясодержащих), позволяющие дать логически строгое объяснение или предсказание явлений действительности. Следовательно, на этой стадии развития геологической науки регулятивные функции теории в известной мере выполняет картина геологической реальности. Только с таких позиций может быть правомерной критика бытующей историко-генетической концепции геологии, конструкты которой действительно не соответствуют современным идеалам естественно-научной теории, ибо не являются теоретическими моделями в подлинном смысле этого слова.

Формирование картины геологической реальности во многом связано с необходимостью включения специфических элементов исторического познания, исторической эпистемологии в истолковании А. И. Ракитова. В настоящее время историческое познание как таковое рассматривается в качестве динамической системы, в процессе развития которой усложняются ее содержание и структура, изменяется познавательный статус. Это определяется прежде всего такими факторами, как отношение исторического знания к своему специфическому объекту, внутренний механизм построения исторического знания и взаимодействия его с другими формами познания. Под «внутренним механизмом» подразумевается набор процедур и операций, которые привлекаются для создания исторического знания и которые в целом создают структуру исторического исследования. Учет и анализ методов, регламентирующих такого рода процедуры

и операции, позволяют выявить существенные характеристики типологии исторического познания, что имеет, в частности, принципиальное значение для формирования картины геологической реальности. Имепно познавательная процедура типологии (в известном смысле типизации) наиболее приемлема для динамических систем. Для таких систем характерно появление новых компонентов и элементов, установление новых связей, возникновение новых преобразований, а потому варьирование в наборах признаков, образующих основание типологии, определяется не только исследовательскими задачами, но и объективными изменениями в самой системе. Следовательно, типология оказывается особым видом классификации, учитывающим специфику развивающихся систем.

При типизации историко-геологических фактов, особым образом отражающих развивающуюся геологическую реальность, следует постоянно оценивать двояким образом обусловленные ими структуры. С одной стороны, эти факты фиксируют динамику геологического объекта, с другой — образуют фиксированные в конкретном временном интервале подструктуры развивающегося исторического познания.

Вскрываемые в рамках исторического познания законы — это законы развития, законы направленных, ориентированных в пространстве и во времени необратимых процессов. Законы истории Земли могут действовать и обнаруживаться в разных пространственно-временных координатах, охватывая различные по своим существенным характеристикам историко-геологические события и процессы.

Следует подчеркнуть, что набирающая сегодня силу теоретизация геологического знания непременно требует корректного понимания вводимых исторических абстракций, содержание которых непосредственно зависит от характера соответствующих теоретических и концептуальных схем и которые включают непреходящий признак необратимости времени, его направленности от прошлого к настоящему и будущему. При этом абстракция исторического времени возникает как отражение объективно реального исторического времени, идентичного по своей природе времени вообще; но абстракция особая, вводимая в рамках исторического исследования с учетом определенных методологических установок и теоретических схем. Здесь обнаруживается диалектическая зависимость теоретических схем и входящих в их структуру абстракций от концепции исторического времени и этого последнего — от содержания исследовательских задач. Развитие исторического познания происходит

как процесс постоянной взаимной корректировки схем, фиксирующих время «само по себе», и схем, фиксирующих события и процессы. Разбиение исторического времени на определенные периоды или этапы производится в соответствии с исторически значимыми событиями или, точнее, с системами качественно определенных событий и конкретными исследовательскими задачами и теоретическими концепциями, создаваемыми для их решения¹.

Одновременно отметим, что теоретические знания необязательно должны выступать в форме строгой дедуктивной системы, а средством их выражения отнюдь не всегда могут быть формальные математические исчисления, формальный искусственный язык. В отличие от методологически безупречных теорий, включающих в свой состав лишь логически взаимосвязанные законы, теоретические знания в геологии содержат гипотезы различных уровней, допущения, ограничения, принципы и т. д., которые в настоящее время выполняют требуемые познавательные и объяснительные функции, во многом равнозначные законам в других отраслях естествознания. Разумеется, новым качественным уровнем развития теоретического знания в геологической науке является создание строгих теорий и объяснительных конструкций, адекватных нынешнему методологическому (эпистемологическому) идеалу точных «гвардейских наук» (физика, кибернетика, теория информации и др.). В то же время и в них строгие теории, как известно, отнюдь не существуют «в чистом виде», а как бы окружены особым слоем, образуемым отдельными гипотезами, абстракциями, фрагментами различных моделей, представлений, методологических установок и т. п., что, по сути дела, и составляет «незрелое» теоретическое знание, не включенное в строгие логические структуры и служащее необходимой заготовкой, потенциальной матрицей для будущих теорий.

В реализации принципа историзма, исторического метода (подхода) в геологии, равно как и в других отраслях современной науки, следует исходить из диалектико-материалистического истолкования его сущностных характеристик. «...Не забывать,— подчеркивал В. И. Ленин,— основной исторической связи, смотреть на каждый вопрос с точки зрения того, как известное явление в истории возникло, какие главные этапы в своем развитии это явление проходило, и с точки зрения этого его развития смотреть, чем дан-

¹ Ракитов А. И. Историческое познание: Системно-гносеологический подход. М., 1982. С. 250—251.

ная вещь стала теперь»². Это означает, что в раскрытии природы познаваемого объекта должна быть учтена его внутренняя структура как органическая совокупность множества элементов и связей, как функционально единая система со своеобразными эмерджентными свойствами. Объект также необходимо рассматривать с точки зрения процесса, выявления качественных изменений в его структуре, что должно сопровождаться раскрытием закономерностей его развития, времяотвечающих законов перехода от одного исторически возникшего состояния к другому, имеющему другие структурные характеристики.

Непосредственно в структуре историко-геологического познания принцип историзма в качестве особо важной методологической установки определения целей и направлений исследования выполняет роль своего рода стержня, объединяющего всю познавательную систему, пронизывающего все ее подсистемы и компоненты от эмпирических фактов до концептуальных теоретических схем и построений. Именно этот принцип позволяет понять и учесть диалектическую причинную обусловленность и функциональную взаимосвязь всех событий и процессов историко-геологической реальности.

Историческое исследование в геологии в значительной мере определяется применением актуалистического метода, который выступает как структурно-информационная основа метода исторического. Фактическая неразрывность исторического и актуалистического методов заключается не только в том, что прошлое должно контролироваться настоящим, а настоящее — прошлым, но главным образом в том, что создание истории геологических объектов невозможно сделать иным способом, чем актуалистическим, т. е. речь идет о диалектическом единстве, взаимосвязи и взаимном дополнении двух методов. Представление о диалектическом единстве исторического и актуалистического методов находит подтверждение в конкретных геологических исследованиях.

Принципиальной основой этого единства в исследовании выступает диалектика связи категорий исторического и логического, что является конкретизацией марксистского принципа историзма. Логическая структура воспроизводит историческое в наиболее развитой основе, без искажающих ее случайностей и зигзагов и тем самым определяет моменты и способы перехода к качественно новым состояниям и законам, для которых предшествующие формы играли роль

² Ленин В. И. Полн. собр. соч. Т. 39. С. 67.

предпосылки. Исходя из такого рода общефилософского представления необходимо отыскать методологически правомерную форму соотношения логического и исторического и из этого вывести искомую форму связи актуализма и исторического метода.

В геологии логическое прежде всего представляет способ воспроизведения исторически развивающегося объекта как результата определенного процесса, в ходе которого сформировались необходимые условия его дальнейшего существования и развития в качестве устойчивого системного образования. Требуется постоянно учитывать, что исследование функционирования, воспроизводства и развития исторически сложившегося объекта при помощи логического метода предполагает его рассмотрение в единстве настоящего, прошлого и будущего. Взаимодействие логического и исторического методов при создании теории развивающегося целостного геологического объекта носит сложный, многоступенчатый характер. При этом обращение к историческому методу выступает в качестве предпосылки логического метода. Вместе с тем для исследования генезиса данного объекта необходимо иметь определенное исходное представление о его сущности. Такого рода преимущественно гипотетическое и абстрактное представление по сути дела предваряет генетический анализ объекта.

Главная задача актуализма состоит не в поисках сходства в одновременных событиях, как это представляется многим исследователям, а в нахождении подлинного единства, диалектически понимаемого всеобщего основания в современном, развитом состоянии геологических объектов. Такое понимание актуалистического метода согласуется с представлениями об устойчивости структуры законов, управляющих ходом геологических процессов, в то время как на протяжении крупных хронологических интервалов происходит изменение, эволюция величин «универсальных констант». При этом сравнительно-исторический метод, который некоторые исследователи рассматривают в качестве теоретической альтернативы актуализму, имеет смысл рассматривать как более частный прием исторического исследования, заключающийся в анализе и сравнении различных диахронических «срезов» геологических процессов. Компетенцией сравнительного метода выступает сравнение в рамках решения структурных задач, актуализм направлен на изучение движения объекта, а исторический метод — развития. Именно актуализм позволяет вычленять искомый инвариантный, устойчивый фактор, который дает принципиальную

возможность реконструировать прошлое по настоящему, реализуя пространственно-временную локализацию геологических объектов настоящего и прошлого.

В познавательной системе «от настоящего к прошлому» как бы обратно поляризуется вектор времени. Задача при этом состоит в построении идеальной модели прошлого (или будущего) состояния геологического объекта исходя из его современного, развитого состояния. Действительно, развитый объект дает возможность глубже и полнее понять в истории то, что представлено в ней в неразвитом виде. Однако абсолютизация знания о развитом состоянии объекта неизбежно приводит к деформации исторической картины развития, к отрицанию многообразия его форм. Поэтому в постижении сущности и закономерностей такого сложного развивающегося объекта, каким является геологический объект, методологической основой должно непременно выступать единство исторического и логического.

Процесс геологической реконструкции при обратно поляризованном временном векторе осуществляется опосредованно, через соответственно сконструированные аналоговые системы, которые и устанавливают различного рода функциональные связи с прошлым. Таким образом, специфика актуализма заключается в том, что его теоретическое ядро «завязано» вокруг метода аналогий. Эта специфика выражена в возможности переноса знаний, получаемых при изучении современных процессов и явлений, на геологические явления и процессы прошлого и будущего при условии четкой пространственно-временной локализации выдвигаемых моделей. Развитие актуалистического подхода как специфического метода геологии следует рассматривать, по существу, как ориентацию на «усиление» геологического знания звеньями непосредственного эмпирического и экспериментального исследования, когда ретросказательные и предсказательные модели проверяются сопоставлением с современными процессами, изучаемыми не только геологическими и географическими методами, но и познавательными средствами точных наук.

В последние годы в методологической и специальной литературе довольно скептически расцениваются возможности и перспективы исторического метода в геологии, отрицается его научность и пропагандируется его замена различными формами структурно-статического исследования. Историзм же рассматривается только как эвристический прием при решении тех или иных задач геологической науки. Это актуализирует необходимость совершенствования исторического

метода, истинно геологического историзма, что оказывается непосредственно связанным с решением проблемы времени и обоснования времясодержащих законов в геологии, разработкой логики и методологии временного реконструирования, «усиления» слабых звеньев процедуры ретросказания, а также с расширительным его пониманием, включающим прогностическую функцию. Усматривая основное предназначение исторического метода в восстановлении процессуальности развивающихся явлений, следует, видимо, трактовать его как историко-генетический метод, поскольку реконструкция их возможна лишь на основе выявления причинных связей и отношений анализируемых геологических феноменов.

Генезис означает становление нового качества на базе определенных предпосылок предшествующего развития путем преобразования их в новую целостность. Главный принцип генетического состоит в признании возникновения качественно нового. Это требует фиксации условий развития, основных его этапов, тенденций, выяснения причинных связей. Важным представляется различие временного и причинного уровней исследования генезиса. Поэтому в геологии под генетической концепцией понимают ориентацию исследования не только на выяснение возникновения, зарождения, но и на историю анализируемого объекта. Следовательно, методологическая реализация формулы генезиса в геологической науке тесно связана с методами, опирающимися на принцип историзма.

Вместе с тем в связи с проникновением в геологию новых методов точных исследований в адрес разрабатываемых генетических построений поступает много нареканий, как справедливых, так и подчас беспочвенных. Такая ситуация диктует необходимость усовершенствования методолого-философских оснований генетических построений в геологии, что предполагает ³ фиксацию в четкой форме основных времясодержащих законов геологии, использование системного подхода как для целей реконструкции событий геологического прошлого (восстановление полной структуры объекта), так и для комплексного представления результатов физико-химического моделирования геологических процессов, анализ принципов построения шкалы времени в геологии, разработку правил построения идеализированных объектов в исторической геологии, правил перехода от идеализирован-

³ Мороз С. А., Оноприенко В. И. Методология геологической науки. Киев, 1985. С. 120.

ных объектов к реальным, создание процедур и схем эмпирической проверки исторического знания. При этом следует постоянно учитывать специфику последнего, ни в коем случае не абсолютизируя ее, но и не игнорируя.

Таким образом, в формировании картины геологической реальности непреходящая роль принадлежит результатам исторического познания, средства и процедуры которого позволяют эффективно изучать геологические объекты в целостности их функционирования. Вместе с тем традиционное понимание исторического метода геологии, ограничивающее его возможности только реконструкцией событий и объектов прошлого, должно быть расширено. Дело в том, что более адекватная фиксация временных процессуальных характеристик геологических объектов возможна при условии исследования не только прошлого, но и настоящего и будущего планеты. Благодаря этому открывается возможность как ретросказательной, так и прогностической функции историзма в геологической науке. Историзм реализуется в геологии через актуалистический метод, который следует применять к познанию не только геологического прошлого, но и настоящего и будущего. Современная тенденция развития актуализма должна связываться с ориентацией на «усиление» геологического знания, формируемой картины геологической реальности методами эмпирического и экспериментального исследования.

В настоящее время особого внимания требует совершенствование процедуры ретросказания. Основные трудности использования ретросказательного метода связаны с дефицитом достаточно обоснованных законов (времясодержащих, структурных, коррелятивных), современных теорий и объяснительных конструктов. Не менее сложны проблемы, связанные с эмпирическим подтверждением ретросказательных моделей, поскольку здесь затруднена сама геологическая интерпретация. Повысить эффективность ретросказательного метода в геологии можно путем учета коррелятивной информации, порождаемой дополнительными связями, возникающими в силу специфики изменения геологических объектов с течением времени. Это, в свою очередь, повысит достоверность и адекватность исторического знания, позволит использовать «следы прошлого» в качестве исходного эвристического материала для создания идеализированных объектов.

Требуют существенного совершенствования генетические построения в геологической науке, которые в силу своей недостаточной методологической выразительности не выходят

пока за рамки гипотез со сравнительно низким уровнем абстрактности. Как правило, это обособленные предположения, не объединенные в целостные системы, что исключает возможность их теоретической верификации и корректировки внутри систематизированной совокупности гипотез, как это делается, например, в физике и химии. Несовершенство создаваемых генетических конструкций обуславливает необходимость, с одной стороны, накладывать существенные ограничения на применение этих средств для решения геологических задач, с другой — обеспечивать меры по их совершенствованию при реконструировании собственно геологических феноменов.

О РАЗВИТИИ ИСТОРИЗМА В ГЕОЛОГИИ

И. В. ЧЕРНИКОВА, канд. филос. наук

Идея развития как характеристика геологического мышления существует, по крайней мере, со времен Ч. Лайеля. Сегодня уже нет альтернативы эволюционному мышлению в геологии, однако существует немало проблем, связанных с обсуждением характеристик геологического процесса: факторов геологической эволюции, направленности, механизмов процесса геологического развития. Наконец, весьма актуальной представляется проблема методологического характера — о способах построения теорий геологической эволюции. Специфично ли познание эволюции в геологии или имеет общность с эволюционизмом в биологии, космогонии? Как выразить развитие в логике понятий?

Анализ принципа развития в геологическом познании требует четкой экспликации понятий, и прежде всего понятия «развитие». В философской литературе нет единой позиции по проблеме соотношения категорий развития и движения и выдвигается несколько точек зрения. На наш взгляд, если категорию «развитие» рассматривать как философскую, то необходимо признать универсальность развития, поскольку философские категории универсальны. Что же означает универсальность развития, например, в сравнении с универсальностью движения? Движение, как известно, есть способ существования материи, и универсальность движения означает, что нет материи вне движения. Универсаль-

ность развития ставится некоторыми авторами под вопрос в связи с тем, что не везде, где обнаруживается движение, столь же очевидно развитие, если под развитием понимать направленные и необратимые изменения. (Например, передвигаемый по столу стакан движется, но не развивается.)

Между тем различие в универсальности понятий «движение» и «развитие» отнюдь не в том, что движение включает развитие и оказывается более широким понятием. Онтологически это однопорядковые понятия, т. е. в описании бытия они равноправны, универсальны: и движение и развитие присущи всем объектам. Но гносеологически понятия «развитие» и «движение» принадлежат разным уровням. Не везде, где познающий субъект обнаруживает движение, столь же очевидно развитие. Заметим, что существование относительно стабильности и покоя может вызывать сложности с выявлением движения; тем более это присуще выявлению развития, понимаемого как самодвижение. Там, где субъект способен подняться до уровня понимания движения как самодвижения, т. е. познать внутренние детерминанты процесса, он «владеет» развитием. Перефразируя афоризм об искусстве, можно сказать: поистине развитие заключено в природе, кто умеет обнаружить его, тот владеет им.

Таким образом, изменение, схваченное абстрактно, — есть движение, развитие же всегда конкретно. В этом и проявляется более высокий гносеологический уровень этого понятия.

Но если развитие столь же универсально, как движение, то почему биология является глубоко исторической наукой, а, скажем, физика не рассматривает свой объект как развивающийся? Определить движение (изменение) объекта — это значит задать состояние объекта в разных положениях пространства и времени. Поэтому формы движения материи различаются, характеризуются индивидуальными свойствами присущего объектам пространства и времени. В то же время субъект познания традиционно рассматривает изучаемые объекты в собственном пространстве-времени, постепенно расширяя его с ростом культуры. В этом антропоморфном пространстве-времени, наконец, были отмечены изменения живых организмов, земной коры. Не так очевидно была для людей изменчивость неорганической природы. Например, утверждение Колонна, что горы, как деревья, растут, хотя и медленно, под влиянием внутреннего тепла Земли примерно на 6—7 см в год, было встречено многими с иронией, несмотря на то, что оно было высказано уже в середине 30-х годов XVIII в.

Но измеппепия макрообъектов физики еще менее заметны для человека, так как в антропоморфном пространстве-времени они незначительны. Однако то, что объекты физики не проявляют своей индивидуальности, изменчивости, не означает, что на другом уровне пространственно-временной шкалы, например на микроуровне, т. е. в другом пространстве-времени, эти же самые тела не предстают как способные к развитию. Любое макротело в реальности выступает одновременно и микросистемой определенной организации и, как микросистема, индивидуально и эволюционирует. Осознав это, субъект овладевает иным пониманием движения физических объектов, их самодвижением, т. е. развитием.

Отсюда следует, что неисторичность отдельных научных дисциплин объясняется не тем, что изучаемые ими объекты не способны к развитию, а тем, что исследователи либо сознательно абстрагируются от внутренних причин изменений, рассматривают объект на таком уровне, в таких связях и отношениях, когда самодвижением можно пренебречь (кинематика, механика), либо субъект еще не достиг понимания своего объекта как развивающегося.

Покажем, как в зависимости от того, в каких связях и отношениях рассматривается объект, меняется трактовка характера изменчивости. Для современного биолога эволюция живых организмов есть непреложный факт. Жизнь как совокупность растительных и животных организмов — это развивающаяся система. В геохимическом аспекте жизнь, взятая как целое, представляется устойчивой и неизменной в геологическом времени. В. И. Вернадский отмечал, что масса живого вещества, т. е. количество атомов, захваченных во все бесчисленные автономные поля организмов, и средний химический состав живого вещества, т. е. химический состав атомов «полей жизни», должны оставаться в общем неизменными в течение всего геологического времени, так как наука не дала нам ни одного факта рождения живого из неживого. Числовое, количественное выражение жизни, взятой как целое, оставалось с позиций геохимии неизменным в своих главных величинах; в то же время строение живого (т. е. морфологический аспект жизни как части биосферы) резко изменялось и выражалось в грандиозной эволюции живых систем, что и отмечалось биологией.

Аналогично обстоит дело при рассмотрении геологических систем. Здесь также нельзя однозначно определить, носят ли они стационарный или эволюционный характер. Опять же у В. И. Вернадского находим утверждение, что эволюционный процесс не имеет места среди минералов

и вообще косных естественных тел нашей Земли. «Для косных естественных тел,— считал В. И. Вернадский,— мы видим те же минералы, те же процессы их образования, те же горные породы и т. п. сейчас, как это было два миллиарда лет тому назад»¹. Единственным проявлением эволюции в минералогии являются биогенные минералы, образующиеся при разрушении остатков живых организмов, которые меняются с ходом времени благодаря изменению физических и химических свойств живых тел.

Утверждение В. И. Вернадского о статичности минералов неоднократно вызывало возражения. Действительно, оно как бы противоречит более ранним работам ученого, которые положили начало динамической (генетической) минералогии. Между тем В. И. Вернадский прав в обоих случаях. Создавая эволюционную минералогию, он рассматривал физико-химические, термодинамические условия образования минералов, т. е. их генезис, в рамках пространства-времени, индивидуального для каждого минерала как *отдельного* образования. Однако, исследуя генезис минералов вообще, взятых как целое, в рамках геологического времени, он прав, когда утверждает отсутствие эволюции в этих пределах (в системе в целом).

Как видим, познание эволюции тесно связано с познанием организации эволюционирующего объекта. На системный характер организации всех развивающихся объектов, безусловно к их конкретной природе (биологической, геологической, астрономической и т. д.), обратил внимание Б. А. Грушин², обосновавший требование рассматривать все развивающиеся объекты как системы следующим образом: воспроизведение процесса развития невозможно без рассмотрения исторических состояний, т. е. структуры объекта, а это и есть понимание объекта как системы.

Геологическая система представляет в своем функционировании единое образование, она предстает как «замкнутый контур связи, объединяющий в единое целое все эндогенные и экзогенные геологические процессы: магматизм, тектогенез, выветривание, осадконакопление, метаморфизм и сно-ва магматизм»³. Процесс образования целостности в каждом

¹ См.: Вернадский В. И. Эволюция видов и живое вещество // Природа. 1978. № 2. С. 39—46; Он же. Размышления натуралиста: В 2 кн. М., 1977. Кн. 2. С. 18.

² Грушин Б. А. Очерки логики исторического исследования. М., 1961.

³ Куражковская Е. А. Геологическая материальная система и закономерности ее развития. М., 1971. С. 37.

отдельном случае имеет свою специфику, изучение которой является предметом конкретных наук. С точки зрения общей методологии изучения эволюции важно обратить внимание на универсальные механизмы образования целостности. Сравнительный анализ процессов образования целостности в разных системах (биологических, геологических, астрономических) показывает, что образование целостности всегда происходит параллельно с «расслоением» системы на уровни.

Говоря о геологических системах, специалисты отмечают, что если рассмотреть историю их становления, то на фоне исторической первичности формирующихся в это же время геосфер последовательность возникновения геологических тел имеет нарастающий по масштабу и сложности характер: минерал — горная порода — геологическая формация⁴. Этап окончательного завершения становления геологической системы знаменует собой становление нового системообразующего отношения, самостоятельность которого связана с возникновением собственной (внутрилитосферной) дифференциации вещества. Здесь начинается геологический круговорот вещества и завершается образование новой целостности. Хотя минералы и горные породы исторически возникли раньше, чем геологические формации, но только в пределах последней они получают свое устойчивое существование. Таким образом, формирование целостности, завершившееся с образованием самостоятельного системообразующего отношения, шло параллельно, как показывают А. А. Ивакин, И. В. Круть и другие авторы, с образованием уровней (составляющих целостности).

Связь таких качеств объектов, как системность, целостность и уровневость, отмечается не только специалистами в области конкретных наук, но и философами. Единство этих признаков следует уже из того, что целостность предполагает упорядоченность, наличие классов частей в противоположность хаотическому смешению элементов. В результате возникает иерархическая система, где все разнообразие элементов подразделяется на соподчиненные уровни организации. Это правило действительно оказывается универсальным для строения систем. Иерархичность организации буквально бросается в глаза, когда обращаемся к биологическим, геологическим, астрономическим объектам-системам: клетка — организм — популяция — биоценоз в биологии; ми-

⁴ См.: Ивакин А. А. Становление принципа развития в геологии // Материалистическая диалектика как общая теория развития. М., 1983. С. 123.

нерал — горная порода — геологическая формация в геологии; планетная система — галактика — скопление галактик — Метагалактика в астрономии. Нет организмов вне клеток, популяций вне организмов, горных пород вне минералов, галактик вне звезд и т. д., т. е. существует объективная, независимая от наших представлений, от той или иной концепции последовательность организации, где соблюдается включенность предшествующих объектов-систем в последующие. Названные иерархии во всех этих случаях носят чувственно-конкретный, эмпирический характер, деление на соподчиненные уровни основано на наглядной пространственной локализации составляющих иерархии. Однако наглядность не объясняет того, как возникают природные иерархии: случайность это или закономерность и какова их роль. Нет однозначного критерия выделения природных иерархий.

Как видим, с одной стороны, без идеи уровней не обходится ни одно теоретическое обобщение, с другой — очевидна гносеологическая непроработанность концепции уровней.

Особенно это проявляется при обращении к проблеме уровней в контексте геологических исследований. Здесь нет столь явной, как в биологии, иерархичности функциональных связей систем, нет столь наглядных иерархий, как пространственные ассоциации в астрономии. В результате не для всех специалистов в области геологии очевидна целесообразность концепции уровней. Ее противниками выдвигается следующий аргумент: «Пока нет специфических закономерностей, на основе которых объекты подразделяются по уровням, до тех пор нет смысла навязывать их конкретной науке»⁵.

Мы не ставим задачи выявления специфических закономерностей функционирования геологических образований, но намеренно заостряем проблему таким образом, чтобы обратить внимание на то, что и эта проблема, и целый ряд других могут получить перспективное рассмотрение, если их анализировать не только на материале геологии, но и в контексте глобального подхода к эволюции.

Универсальность развития только начинает обосновываться современным естествознанием, хотя и в разных аспек-

⁵ Воронян Ю. А., Еганова И. А., Еганов Э. А. Анализ концепций уровней организации вещества в теоретической геологии // Вопросы методологии в геологических науках. Киев, 1977. С. 139—150.

тах. С одной стороны, идея глобальной эволюции подтверждается взаимодействием наук, обусловленным объективным взаимовлиянием космоса, геологической среды, биосферы друг на друга. С другой стороны, она обосновывается через формализацию, установление универсалий, таких как целостность, иерархичность эволюционирующих объектов-систем.

К числу универсалий эволюции относится и открытость развивающихся систем. В биологии это сложнейший комплекс обменных процессов. Но веществом и энергией обмениваются также геологические и космические объекты. В геологических объектах-системах идут постоянные процессы обмена между поверхностными и глубинными слоями земной коры, эти процессы есть результат непрерывных геохимических процессов и скачкообразных извержений. Роль геологического круговорота вещества, геологического обмена веществ в геологической эволюции отмечается многими исследователями. Например, А. А. Ивакин утверждает, что «литосфера, в мысленном эксперименте или реально (спутники планет астероиды, метеориты и т. д.) изъятая из системы геохимического круговорота, подобно органу, отделенному от организма, фактически перестает быть геологически развивающейся системой»⁶, т. е. без обменных процессов невозможна геологическая эволюция. Космические тела также обмениваются веществом и энергией; они излучают энергию в космическое пространство и поглощают потоки частиц и волн.

В современных исследованиях по эволюционной термодинамике некоторые из универсалий эволюции, которые ранее устанавливались путем сравнения разных типов процесса, получили объяснение и обоснование. И. Пригожиным и его коллегами было показано, что развитие невозможно в равновесных системах. Напротив, именно вдали от равновесия могут самопроизвольно возникать устойчивые структуры, которые поддерживают устойчивость за счет взаимодействия со средой.

Отсюда ясно, что открытость (нелинейность) систем есть обязательное и универсальное свойство развивающихся объектов.

В контексте эволюционной термодинамики было показано, что столь важный этап эволюционного процесса, как

⁶ Ивакин А. А. Становление принципа развития в геологии. С. 127.

самоорганизация, имеет универсальные черты. Это положение является весьма продуктивным методологически, поскольку лежит в основе процессов интеграции и экстраполяции знаний о структурообразовании. Так, предполагается, что механизм модуляции структур кристаллических фаз может служить наглядной исходной моделью при изучении мутационных превращений в живых организмах⁷. Понятие «вентильный механизм кристаллизации», применяемое в случае эволюции сложных неорганических систем, ставится в соответствие биологическому понятию «приспособление», а идея «вентильных систем», обоснованная на примерах неживых систем, может быть трансплирована для объяснения эволюции веществ в биологических системах⁸. Академик Н. В. Белов и профессор В. И. Лебедев высказали гипотезу, согласно которой в процессе выветривания кристаллических изверженных и метаморфических пород происходит поглощение солнечной энергии, по своей сути аналогичное поглощению энергии при фотосинтезе растений.

Примечательно, что идея универсальности эволюции активно отстаивалась В. И. Вернадским. Отвечая на вопрос о возможности всеобщего в процессе эволюции природы, В. И. Вернадский подчеркивал: «это сходство не самих явлений, а тех общих законов их изменений, которые отражают лишь законы изменения формы»⁹.

Сегодня идея универсальной эволюции выражается не только в экстраполяции и интеграции знаний об эволюции, но имеет и значительное мировоззренческое содержание, являясь важной компонентой новой формирующейся картины мира, где природный процесс характеризуется целостностью, общей направленностью, взаимобусловленностью его составляющих. Так, совсем недавно было распространено мнение, что для неорганической природы трудно доказать наличие прогресса. Вследствие этого при анализе геологических явлений предполагалось (А. И. Равикович) ограничиться представлением о необратимости развития, а направленность космических процессов и вообще отрицалась (И. И. Жбанкова).

Под влиянием формирующегося взгляда на эволюцию как универсальный процесс факты о ненаправленности эво-

⁷ Елисеев Э. Н. Структура развития сложных систем. Л., 1983. С. 120, 125.

⁸ Методология исследования развития сложных систем/Под ред. К. О. Кратца, Э. Н. Елисеева. Л., 1979. С. 38.

⁹ Вернадский В. И. Живое вещество. М., 1978. С. 133.

людии были переосмыслены. В современной геологии углубилось представление о многоаспектности (физико-химическая дифференциация вещества, собственно геологическое движение литосферы) и многоуровневости (минеральный, горно-породный, рудный) геологического процесса. Считается, что каждая из ветвей геологической эволюции имеет свое направление, но в то же время утверждается, что есть общая направленность, результирующая геологического круговорота, которая отражает действительное движение — постепенное наращивание мощности земной коры, сопровождающееся расслоением, физико-химической дифференциацией ее вещества.

Общая направленность разных аспектов геологической эволюции видится ученым единообразно, отмечается усложнение структуры (Я. А. Виньковецкий, А. А. Ивакин, В. И. Оноприенко и др.). «Современная геология, — пишет А. А. Ивакин, — много сделала для выяснения особенностей этой ведущей тенденции развития, состоящей в структурном усложнении литосферы... изменении во времени состава изверженных и вулканогенных пород от основного к кислому и т. д.»¹⁰ Заметим, что жизнь возникла в кислой среде, и это не случайно, поскольку только в такой среде возможно зарождение и становление белковых тел. Как видим, геологи выявляют направленность геологической эволюции к жизни, направленность, проявляющуюся в изменении и структуры и состава геологических объектов.

Можно было бы рассмотреть еще немало проблем, решение которых может быть получено в контексте глобального подхода к эволюции природы. Характеризуя познавательную ситуацию в современной геологии, многие авторы отмечают необходимость более глубокой связи геологии с космологией, целесообразность учета существования человека, цивилизации при построении геологических гипотез. Закономерен вывод, что нельзя ограничиваться рамками геологии при исследовании эволюции земной коры, ибо геология исследует единичный объект. Вместе с тем при построении космогонических гипотез следует учитывать знание о геологической эволюции.

Еще один аспект, в котором следует рассмотреть идею универсальной эволюции, касается гипотез геологических проблем построения эволюционных теорий и выбора гипотез. По нашему мнению, при оценке эволюционных концепций,

¹⁰ Ивакин А. А. Становление принципа развития в геологии. С. 122.

которые существуют, как правило, не в единственном числе, целесообразно не ограничиваться анализом познавательной ситуации в одной дисциплине, а обращаться к опыту построения эволюционных теорий в других науках.

Раздел 2

ФОРМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПОВ РАЗВИТИЯ И ИСТОРИЗМА В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

ДВЕ КАТЕГОРИИ ЗАКОНОВ В ГЕОЛОГИИ И ФАКТОР ВРЕМЕНИ

Д. В. РУНДКВИСТ, чл.-кор. АН СССР

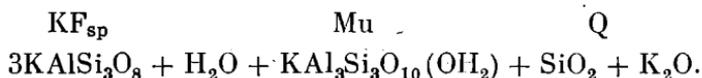
Для решения одной из определяющих в настоящее время задач — создания теоретической геологии — наряду с дальнейшим уточнением таких исходных понятий, как минерал, парагенезис, формация, важное значение имеет выявление и формулирование законов и закономерностей, отражающих устойчивые связи между геологическими явлениями и определяющих формирование и размещение минеральных образований в природе. Существенный шаг в направлении разработки теоретических основ геологии был сделан Ю. А. Косыгиным, В. И. Драгуновым и коллективом ВСЕГЕИ. В развитие идей Н. С. Шатского ими обоснована возможность выделения по единому структурно-вещественному признаку (элементы + структура их связи) всех минеральных объектов Земли.

Минеральные образования с этих позиций включают: минералы, минеральные парагенезисы — породы, руды, формации, комплексы — все структурно-вещественные образования неживой природы.

Изучение генезиса минеральных образований дает наиболее полный материал для анализа, выявления и изучения эволюции в природе. На их примере со всей определенностью устанавливается необходимость разделения двух разных содержащих понятия «генезис»: 1) собственно генезис (магматический, контактово-метасоматический, гидротермаль-

ный...), определяемый физико-химическими законами, конкретизированными для целей геологии; 2) генезис как историческое развитие (этапы и стадии развития, последовательность минералообразования), определяемый законами эволюции, общими для многих дисциплин (биологии, космологии, социологии). В геологии закономерности эволюционного развития проявляются специфично и полно, так как геология в отличие от биологии позволяет проследить эволюцию в большем диапазоне времени до 4,0—4,5 млрд. лет, а в отличие от космологии дает неизмеримо больший материал для структурно-вещественного анализа.

Среди законов, определяющих собственно генезис (возникновение) минеральных образований, наиболее важное значение имеют регламентирующие их состав, число фаз, направление реакций. Здесь в первую очередь следует указать парагенетический закон Ферсмана — геологический аналог закона Гесса, вытекающего из первого начала термодинамики: «сочетание минералов, образованных из определенных ассоциаций химических элементов при данной термодинамической обстановке, независимо от генетических путей их образования». Этот закон определяет геологическую конвергентность минеральных образований — пород, руд, формаций. Далее следует указать минералогическое правило фаз Гольдшмидта и Коржинского, отражающее приложение правила фаз Гиббса к процессам минералообразования с учетом степени подвижности-инертности компонентов: $F = K + 2 - P$ (правило Гиббса), где F — количество степеней свободы, P — число фаз, K — число компонентов; $P = K + 1$ (правило Д. С. Коржинского), где K — количество инертных компонентов. Существенное значение для понимания природных процессов имеет правило Никитина о влиянии химизма среды на процессы минералообразования — проявление принципа Ле-Шателье и др. В. Д. Никитин иллюстрировал этот принцип на примере возникновения промышленных концентраций мусковита в пегматитах. Реакция K — полевошпат + вода идет в сторону образования мусковита до тех пор, пока из системы удаляется освобождающийся K_2O :



Законы эволюционного развития мало изучены и сформулированы в большинстве случаев как частные положения отдельных геологических дисциплин — стратиграфии, литологии, петрографии, металлогении и др. Многие из этих

законов следует рассматривать как более общие, справедливые для эволюционных процессов в целом. В качестве опыта систематизации сформулируем следующие наиболее важные закономерности геологической эволюции, выделяемые в литературе в качестве законов.

Закон суперпозиции — объединяет более частные законы Вальтера — Головкинского, принцип Стенова, правило фаций, информационные законы Н. П. Юшкина и др. Этот закон, отражающий наиболее важные пространственно-временные взаимоотношения минеральных образований, может быть сформулирован так: взаимное расположение минеральных образований в пространстве отражает очередность их развития во времени.

Закон направленного развития — определяет возрастание в геологической истории неоднородности, разнообразия минеральных образований и степени их сложности (дифференциации, контрастности, взаимосвязей). Этот закон наиболее ярко проявляется при анализе эволюции рудообразования. В последние годы он также был проиллюстрирован на примере развития осадочных и магматических формаций в истории Земли.

Из этого закона вытекает важный принцип самоорганизации: в последовательном ряду минеральных образований возрастающих уровней организации (М—П—Ф—К) число видов и других классификационных таксонов закономерно уменьшается.

При определении степени сложности образований разного времени следует различать их первичную сложность, возникающую в ходе эволюционного развития на разных его стадиях, и интегральную сложность, возникающую при наложении на более древние образования всех последующих. В силу этого возникает геологический парадокс: самые сложные геологические образования — самые древние, раннедокембрийские, самые разнообразные — самые молодые (современные).

Закон многопорядковой периодичности геологических процессов — определяет их периодическую повторяемость (цикличность), неоднократное развитие сходных минеральных образований и их эволюционных и возрастных рядов. Периодичность наиболее крупных порядков отражает самые общие закономерности эволюционного развития Земли: кваптование во времени, т. е. кратность, «дополнительность» и интерференцию циклов разных масштабов.

Кваптование во времени отражает деление времени протекания разнопорядковых процессов (периодов, циклов, ста-

дий, этапов и т. д.) на интервалы, кратные по длительности. Намечается кратность тектонических циклов и металлогенических эпох галактическому году ($h \sim 200$ млн лет), составляющих ряд: 8, 4, 2, $1\frac{1}{2} h \dots$

Дополнительность (компенсационность) — это смещение времени начала развития периодов, циклов и т. п. в различных структурах на половину периода, а интерференция — совмещение в тот или иной момент времени эволюционных порядков.

Закон многопорядковой периодичности, как и нижеприводимые законы релаксационного развития и геогенетический, является определяющим при анализе эволюционных рядов минеральных образований, особенно для геологических и рудных формаций.

Принцип акселерации — ускорение развития во времени, возможность возникновения минеральных образований и их рядов (одного уровня сложности) за все более сокращающиеся в геологической истории интервалы времени. Этот остро дискутирующийся в литературе принцип вытекает из двух рассмотренных выше законов — направленного развития и многопорядковой периодичности.

Закон релаксационного развития — ранее был охарактеризован автором как основной закон ритмичности. Этот закон отражает преобладание однонаправленных тенденций в ходе эволюционного развития (гомодромность или антидромность, трансгрессивность или регрессивность и т. д.). Цикличность — следствие комбинации ритмов разной направленности. Границы ритмов наиболее крупных порядков определяют главные рубежи геологической истории.

Геогенетический закон — назван так ранее по аналогии с основным биогенетическим законом: онтогенез есть краткое повторение филогенеза. Он определяет две взаимосвязанные особенности эволюционного развития — подобие возрастных рядов минеральных образований (М, П, Ф, К) различных иерархических уровней (иерархогенез, по В. И. Драгупову) и закономерное изменение возрастных рядов одного уровня, при котором в каждом последующем ряду более редуцированно проявлены образования начальных и более полно — конечных членов ряда.

Из геогенетического закона вытекает основной принцип эволюционной классификации минеральных образований: последовательность их развития от ранних к поздним отражает принадлежность ко все более дробным таксонам: сперва к типу, затем к классу, семейству, роду и т. д. вплоть до вида (аналогично классификационному закону Бэра в биологии).

Одним из критериев выделения двух категорий законов в геологии является фактор времени. Возникновение минеральных образований рассматривается как результат физико-химических процессов, для которых фактор геологического времени не имеет определяющего значения. При эволюции закономерности исторического развития (онто- и филогенез) прежде всего отражают протекание процессов в течение геологического времени. Главная особенность геологического времени:— его исключительная длительность и как следствие — в общем случае малая скорость процессов эволюции осадконакопления, рудообразования и др.

Если рассматривать общие законы развития макромира, то по фактору времени можно противопоставить законы релятивистской физики, действующие при скоростях, близких к скорости света, и законы эволюционного развития в истории Земли, проявляющиеся в очень длительных интервалах времени. При этом следует различать скорость протекания геологических процессов (осадконакопление, выветривание и т. д.), которая измеряется чрезвычайно малыми величинами (сантиметры, доли метра на тысячи и миллионы лет), и скорость эволюции — появление новых видов, изменение состава и свойств образований на единицу времени.

С позиций фактора времени к законам первой области знаний в геологии относятся также кристаллографические законы Браве, Стено, кристаллографических пределов Федорова, принцип симметрии-дисимметрии Кюри — Шафронского и др.; ко второй области знаний — многие законы геохимии, в том числе закон кларков Гольдшмидта — Ферсмана, правило Оддо — Гаркипса, закон дифференциации химических элементов при экзогенных и эндогенных процессах Буркова и пр., отражающие итог эволюционного развития земной коры литосферы.

Другой критерий, разделяющий две рассматриваемые области знаний (и соответственно законов) в геологии, — энергетический. Законы возникновения минеральных образований подчиняются общим законам термодинамики и определяются ростом энтропии в ходе процессов минералообразования. Эволюционное развитие определяется законами си-нергетики и протекает, как показал И. Пригожин, с уменьшением энтропии во времени. Выведенный в самом общем виде И. Пригожиным критерий эволюции $dS/dT < 0$, т. е. прирост энтропии во времени меньше нуля, предполагает необходимость дополнительного поступления энергии в открытую систему для ее эволюционного развития. С этих позиций, вся эволюция минеральных образований Земли в ко-

нечном итоге — результат постоянного притока энергии извне. Рассматривая энергетическую проблему более детально, можно противопоставить два одновременно проявляющихся, но различных по энергетике процесса: на поверхности Земли — структурообразование, усложнение разнообразия минеральных образований и в глубинных частях, где происходят процессы противоположной направленности — шивелирование, гомогенизация, усреднение состава и уменьшение разнообразия образований. В первом случае процессы идут с уменьшением энтропии, во втором — с увеличением. С позиций термодинамики открытых систем И. Пригожина мы с новой стороны возвращаемся к положениям В. И. Вернадского об энергетической пороодообразующей роли биогенного вещества в истории Земли, Н. В. Белова и В. И. Лебедева об аккумуляции космической (солнечной) энергии в минеральных образованиях на поверхности Земли, как одном из главных факторов эволюции литосферы, и освобождении этой аккумуляированной энергии в глубинных зонах Земли.

Центральное место среди законов второй категории в аспекте проблемы энергетики приобретает закон геоида — максимальной неоднородности, все возрастающей степени сложности образований, проявления ритмичности геологических процессов все более высоких порядков, возрастающих градиентов давлений, температур, концентраций и, как следствие, максимальной насыщенности рудами (рудосфера Земли) вблизи поверхности геоида. Особое значение поверхности геоида во всех системных и металлогенических построениях ранее уже отмечалось в работах В. И. Васильева, В. В. Богацкого, А. Н. Кепа, автора настоящей статьи и др.

Рассмотренные две области геологических знаний и основные законы открывают дополнительные возможности анализа последовательности минерало-, породо- и рудообразования, имеющие важное значение для разработки генетических и эволюционных классификаций минеральных образований, анализа пространственных закономерностей их размещения и дальнейшего совершенствования методов прогноза и поисков месторождений полезных ископаемых.

ФАКТОР ВРЕМЕНИ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Г. А. КУЗНЕЦОВ, д-р геол.-минер. наук

Исследования пространственно-временных отношений для различных форм движения материи в той или иной форме ведутся сейчас почти всеми науками. Для наук о Земле в этих вопросах нельзя не заметить существенного отставания. Думается, что мы, геологи, методологически обедняем себя, а в процессе обучения снижаем качество подготовки молодых специалистов, не уделяя должного внимания проблеме времени в геологии.

Вряд ли кто станет отрицать, что правильное понятие геологического времени имеет не только важное общеметодологическое, теоретическое, но и не меньшее практическое значение для геологических исследований. Что же можно найти о понятии «время» в наших справочниках и учебных пособиях?

«Время в исторической геологии следует применять только для обозначения промежутков, в течение которых образовались отложения стратиграфических единиц по рангу меньше яруса или отложения единиц региональной и местной схем ... а также единиц свободного пользования (комплексы, толщи и др.)»¹.

Обратимся к более авторитетному справочнику — Большой Советской Энциклопедии. Во втором ее издании определения геологического времени вообще нет, а в последнем находим: «Время геологическое — промежуток времени, в течение которого образовались слои горных пород, соответствующие части я р у с а г е о л о г и ч е с к о г о или единице местной стратиграфической шкалы (свите, пачке, горизонту и т. д.). Как правило, В. г. является частью в е к а г е о л о г и ч е с к о г о»². Формально с этим можно согласиться, но современному геологу вряд ли удовлетворит такое определение³. Обращаясь с «геологическим временем», мы обычно понимаем его гораздо шире и многообразнее, по расшифровке этого понятия мы не найдем и ни в одном из многочисленных учебных пособий по геологии.

¹ Геологический словарь. М., 1978. Т. 1. С. 121.

² БСЭ. 3-е изд. М., 1971. Т. 5. С. 435.

³ Совсем по-другому, например, представляли геологическое время В. И. Вернадский и его последователи (см.: Вернадский В. И. Размышления натуралиста: Пространство и время в неживой природе. М., 1975).

Чтобы не скатываться к субъективным представлениям, обратимся к философским (материалистическим) понятиям о времени. «Пространство и время являются всеобщими формами бытия всех материальных систем и процессов. Не существует объекта, который бы находился вне пространства и времени, как нет пространства и времени самих по себе, вне движущейся материи»⁴.

«Пространство и *время* (курсив наш.— Г. К.) — всеобщие формы существования материи. П. и в. не существуют вне материи и независимы от нее»⁵.

«Время — основная (наряду с пространством) форма существования материи, заключающаяся в закономерной координации сменяющих друг друга явлений. Оно существует объективно и неразрывно связано с движущейся материей»⁶.

Из этих философских определений, если мы принимаем понятие «геологическое время», следует, во-первых, важный и принципиальный вывод о необходимости признания специфической геологической формы движения материи. Нет какого-то абсолютного времени, оно всегда неразрывно связано с движением и развитием материи, в нашем случае — с геологической ее формой. Однако этот вопрос до сих пор дискутируется.

Наиболее глубокие и, на наш взгляд, правильные разработки в этом направлении сделаны В. М. Цейслером⁷. Значительная, если не большая, часть философов продолжает отрицать существование геологической формы движения материи, у других — понятия о ней далеко не однозначны⁸.

Во-вторых, проблему «геологического времени» приходится затрагивать еще и потому, что от правильного, объективного восприятия его длительности жестко зависят рамки метода актуализма, возрастные границы его применения, вероятность проявления рецидивов униформизма.

Казалось бы, это вопросы уже истории геологии. В концепции И. Ньютона время само по себе было нечто абсолютное и ни от чего не зависящее: время универсально, однородно, непрерывно, бесконечно, однородно (везде одинаково). Данная концепция была господствующей в естествозна-

⁴ Основы марксистско-ленинской философии. М., 1982. С. 55.

⁵ БСЭ. 3-е изд. Т. 21. С. 117.

⁶ Там же. Т. 5. С. 434.

⁷ Цейслер В. М. Геологическая форма движения материи и ее место среди других форм движения материи // Изв. вузов. Геология и разведка. 1985. № 4. С. 3—9.

⁸ Зубков И. Ф. Проблема геологической формы движения материи. М., 1979.

нии на протяжении XVII-XIX вв., так как она соответствовала науке того времени.

В конце XIX — начале XX в. произошло глубокое изменение научных представлений о материи и, соответственно, радикальное изменение понятий пространства и времени. Ныне утверждается, что направленность времени связана с такой интегральной характеристикой материальных процессов, как *развитие*, являющееся принципиально *необратимым*. Как будто бы новые представления должны определить четкое отношение к униформизму. Однако многие геологи продолжают оставаться на позициях неоуниформизма, что справедливо отмечено, например, Е. В. Павловским⁹.

В 1775 г. Д. Геттон писал, что у геологических процессов нет ни следов начала, ни признака конца¹⁰. Спустя 200 лет мы, зная, что есть и начало и конец геологическим процессам и геологическому времени, в своем человеческом восприятии с пониманием относимся к этой мысли великого естествоиспытателя. Но сейчас копец XX в. «Время бесконечно, оно не имеет начала и конца, точно так же как бесконечна движущаяся материя»¹¹. Но не бесконечны планета Земля, Солнечная система, Галактика. И геологическое время конечно. Оно имеет и изначальную «точку отсчета».

Реально новые представления о длительности абсолютного геологического времени стали формироваться сравнительно недавно — в 20—30-х годах текущего столетия. В Советском Союзе вопрос об абсолютном летоисчислении впервые был поднят академиком В. И. Вернадским. В 1932 г. под его руководством была организована комиссия по изучению абсолютного возраста минералов и горных пород. Достижения мировой науки позволили А. Холмсу составить достаточно общепринятую шкалу абсолютного геологического времени.

Что же мы предлагаем понимать под «геологическим временем»? Ни в коей мере не претендуя на оригинальность, а скорее следуя представлениям академика В. И. Вернадского, мы понимаем геологическое время как время существования Земли после «планетной» стадии ее развития. С учетом возраста самых древних пород на Земле, Луне, возраста

⁹ Павловский Е. В. О некоторых проблемах геологии // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. геол. 1985. Т. 60, вып. 6. С. 19—26.

¹⁰ Аллисон А., Палмер Д. Геология. М., 1984. С. 521.

¹¹ БСЭ. 3-е изд. Т. 10. С. 512.

метеоритов, в целом Солнечной системы геологическое время оценивается цифрой около 5 млрд лет¹².

По человеческим меркам, это огромный отрезок времени. «Земля настолько стара, что для геологов продолжительность геологического времени сравнима с огромной протяженностью пространства, установленной астрономами»¹³. К сожалению, нашему воображению представить себе эти величины реально очень трудно. В практике работ геологу привычнее и как бы важнее *относительный* возраст геологических тел, явлений, процессов, оцениваемый понятиями «моложе», «древнее», «одновременное», чем абсолютный возраст, выраженный в миллионах и миллиардах лет. В первом случае мы визуально можем наблюдать соотношение геологических тел или реально представить последовательность геологических явлений и процессов, во втором — требуется привлекать абстрактное мышление.

Что следует из этого? Определение возраста горных пород, геологических формаций, Мирового океана, атмосферы Земли, возраста Земли в целом на современном этапе познания ее истории и развития является важнейшей и непременной задачей исследователя. Не менее важное значение проблема времени имеет и для более частных геологических процессов. Абсолютная геохронология уже давно стала неотъемлемой частью современной геологической науки, как науки исторической. Однако, как показывает практика, многие из геологов, вероятно, в силу нашей человеческой психологии еще «не вжились в образ» геологического времени, недостаточно учитывают значение этого важнейшего фактора развития любых геологических процессов.

В подтверждение сказанного приведем несколько примеров.

1. Вращение Земли и изменение скорости ее вращения; изменение положения земной оси. Эти общеизвестные явления вызывают многочисленные следствия для большого круга геологических процессов: обуславливают широтное изменение силы тяжести, порождают центробежную силу и кориолисову силу инерции, проявляющуюся в подмывании правых берегов рек в Северном и левых — в Южном полушарии, особенностях атмосферной циркуляции, обуславливают полусуточный период морских приливов, вызывают

¹² Более детально этот вопрос рассматривается в работе Круть И. В. Введение в общую теорию Земли. М., 1978.

¹³ Аллисон А., Палмер Д. Геология. С. 67.

смещение земных полюсов; вероятно, отражаются на сейсмичности земной коры, влияют на перемещение ее блоков и на многие другие процессы развития Земли. Названные в подзаголовке параметры не остаются постоянными. И хотя их колебания исчисляются тысячными долями секунды или угловыми секундами в год, помноженные на геологическое время, они могут оказаться весьма существенными, а иногда определяющими для ряда геологических процессов, например могут вызвать кардинальные смещения климатических зон.

2. Теория тектоники литосферных плит. Как показали два последних Международных геологических конгресса (Париж, 1980; Москва, 1984), в теоретической геологии в настоящее время главенствует мобилистская концепция литосферных плит. В свете поставленной нами проблемы эту концепцию можно оценить в двух аспектах.

С одной стороны, объективный учет длительности геологического времени подтверждает самые смелые предположения «неомобилистов» о вероятных тысячекилометровых миграциях плит и континентов. Вряд ли диалектически мыслящий геолог станет настаивать на полной неподвижности блоков земной коры. Самые крайние «фиксисты» соглашаются с возможностью горизонтальных подвижек порядка миллиметров и сантиметров в год. Это подтверждено и непосредственными измерениями. Но умноженные на длительность геологического времени, начиная, скажем, с юрского периода (180—200 млн лет) эти сантиметры превращаются в сотни и тысячи километров.

С другой стороны, многие сторонники теории тектоники плит пытаются представить процессы спрединга и субдукции как главнейшие, определяющие в истории формирования земной коры. При полном уважении к этой теории, стоит нам только «определиться» в геологическом времени, все предстает в ином свете. Названные процессы доказываются и имеют достаточно убедительное подтверждение для последних примерно 150—200 млн лет истории Земли. Но это не более 5 % от общего геологического времени (на весь фанерозой приходится менее 15 % истории Земли). И диалектико-материалистическое понимание последнего никак не позволяет, с учетом *необратимости* времени и геологических процессов, принять попытки растянуть явления спрединга и субдукции на всю историю Земли. Напротив, для них остается более чем скромное место (во времени).

Как известно, философская категория «время» обладает всеобщими, частными и особенными свойствами.

«Из всеобщих свойств времени (точнее, временных отношений в материальных системах) следует отметить его неразрывную связь с пространством и движением материи, длительность, асимметрию, необратимость, *неповторяемость* (курсив наш. — Г. К.), связность, зависимость от структурных отношений в материальных системах»¹⁴. Отсюда следует логический вывод (с учетом длительности процессов, положенных в основу тектоники плит) о том, что эти неповторимые в истории Земли процессы нельзя распространять на все геологическое время.

В этом свете методологически грамотнее и фактически объективнее представляются идеи Е. В. Павловского и других исследователей о гораздо более сложном, разнообразном поступательном развитии земной коры, где находят место нуклеарные ядра протоплатформы, древние и молодые платформы, геосинклинальные и складчатые системы различного возраста и т. д., в том числе структуры и процессы плитной тектоники¹⁵.

3. Тектонический режим архея. Геологи давно обратили внимание на огромные (десятки километров) мощности древнейших архейских осадочно-метаморфических толщ. Возникли представления о весьма мобильном болішеамплитудном тектоническом режиме развития земной коры в архейский этап. В настоящее время получены достаточно достоверные данные о продолжительности этого этапа в развитии Земли — более 2 млрд лет. С учетом длительности формирования архейских толщ и пересчета возможных скоростей осадконакопления прежние предположения не оправдываются. Расчеты показывают, что скорости осадконакопления в археозое были мизерными по сравнению с последующими эпохами развития земной коры¹⁶. Отсутствие грубообломочных пород, тонкозернистость и выдержанность фациального состава отложений архея также свидетельствуют о чрезвычайно спокойной обстановке осадконакопления¹⁷.

4. Миграция флюидов. Среди геологов-нефтяников постоянно дискутируется проблема о возможных миграциях

¹⁴ Основы марксистско-ленинской философии. С. 57.

¹⁵ Павловский Е. В. Происхождение и развитие земной коры материков // Геотектоника. 1975. № 6. С. 3—14.

¹⁶ Кузнецов Г. А. О возможностях метода сравнения скоростей осадконакопления для определения активности тектонических процессов в истории Земли // География. Минск, 1982. Вып. 4. С. 12—19.

¹⁷ Фролова Н. В. Об условиях осадконакопления в архейской эре // Тр. Иркут. гос. ун-та. Сер. геол. 1951. Т. V, вып. 2. С. 38—68.

флюидов в осадочных толщах по латерали и в разрезе, с чем связаны важнейшие вопросы о нефтематеринских толщах, границах нефтегазоносных бассейнов и т. д. Некоторые исследователи допускают миграцию флюидов в предельно скромных размерах, скажем те же сантиметры в год; другие придают ей несравненно большее значение. Однако даже весьма приближенный учет длительности упомянутого процесса, например, для нефтей девонского возраста (около 400 млн лет) позволяет соглашаться с самыми смелыми прогнозами о возможной миграции флюидов.

Разумеется, есть и блестящие положительные примеры диалектической оценки фактора геологического времени. Достаточно вспомнить, пожалуй, наиболее яркий образец — работу В. И. Вернадского о роли «живого вещества» в развитии Земли¹⁸. Учет перманентной активности биосферы при правильной оценке геологического времени позволил совершенно по-новому определить роль органического мира в истории Земли.

Исследования, проведенные с достаточно полным учетом фактора времени, дают нам новые факты и представления о ходе частных и общих геологических процессов, причем позволяют оценить их не только с качественной, но и с количественной стороны, сопоставить специфику развития геологических процессов с другими формами движения материи, выявить общие закономерности развития природы. Например, в биологии в наши дни важнейшее значение придается проблемам ритмов в различных подсистемах живых организмов, в медицине — проблеме так называемых стрессов. В общественной жизни в историческом плане мы также наблюдаем ускорение темпов развития. В одну и ту же единицу физического времени сейчас укладывается все большее количество социальных изменений. Это «живая материя».

А в «косном» мире? За последнее десятилетие в два раза возросло количество стихийных бедствий. Накопилось достаточно фактов, чтобы констатировать усиление тектонической активности геологических процессов во времени, ускорение их прохождения¹⁹. Известно ускорение движения Луны по ее орбите (но уменьшение (?) скорости вращения Земли вокруг своей оси!). Подтверждаются данные о расширяющейся Вселенной и т. д.

¹⁸ Вернадский В. И. Биосфера. М., 1967. С. 222—348.

¹⁹ Кузнецов Г. А. Об изменении тектонической активности земной коры на примере Сибири // Геотектоника. 1983. № 3. С. 42—46.

Что это? Случайные совпадения или общая тенденция в развитии различных форм движения материи?

В краткой статье невозможно сколько-нибудь полно осветить проблему геологического времени. И если высказанные соображения в какой-то мере помогут обратить внимание философов на далеко не разработанную проблему, а представителей наук о Земле побудят более полно учитывать фактор времени в своих исследованиях, автор будет считать поставленную задачу выполненной.

О РАЗВИТИИ ЗЕМЛИ

Р. Э. ВЕСКИ, канд. техн. наук

Является ли геология наукой о строении и развитии всей Земли или только земной коры — этот вопрос все еще служит предметом дискуссии¹. Тем не менее при обсуждении проблем развития в геологии совсем немаловажно, является ли объектом геологии Земля или ее кора. В первом случае материальным носителем геологической формы движения материи служила бы вся Земля, во втором — только земная кора. Если объектом геологии является вся Земля, то как надо относиться к противоречивым толкованиям догеологического периода развития Земли? Часто перечень геологических объектов начинается с минералов. С появлением твердого агрегатного состояния, действительно, начинается новый этап развития вещества во Вселенной, ведущий к образованию как космической пыли, так и планет. Образование и развитие Земли — это один из этапов в развитии вещества в твердом агрегатном состоянии. Куда отпести в таком случае начало геологической формы движения материи, а также начало образования Земли? Рассмотрим сначала некоторые гипотезы образования и развития Земли.

Согласно гипотезе Канта — Лапласа, огненно-жидкая Земля со временем покрывалась твердой земной корой. Огненно-жидкое состояние планеты Земля относится к догеологическому периоду развития Земли.

То, что Земля находилась в начальном периоде в огненно-жидком состоянии или вскоре перешла в него, считается в геологии доказанным фактом².

¹ См.: Геологические тела: (Терминологический справочник). М., 1986.

² Чебаненко И. И. Теоретические проблемы современной геотектоники // Геол. журн. 1985. Т. 45, № 3. С. 91.

Часто подчеркивается, что объектом исследования для геологов является твердое тело Земли и, в первую очередь, верхняя оболочка — литосфера, составляющая ее земная кора и подстилающие ее верхняя мантия и астеносфера³. Такая твердая Земля образуется, согласно идеям «холодного» происхождения, в догеологический период развития. Выходит, что одни авторы включают в догеологический период огненно-жидкое, а другие холодное твердое начальное состояние Земли!

Согласно одному из вариантов «холодной» концепции образования Земли, при аккреции неоднородного газопылевого облака образуются сразу же твердые протогоосферы Земли: ядро и мантия, включая земную кору. Далее, согласно одному из многих сценариев дальнейшего развития Земли, вещество Земли подвергается быстрому разогреву с формированием протокоры планеты, которая затем переплавляется с образованием земной коры⁴.

Согласно другому варианту развития изначально холодной Земли, состав плапеты был однородный и у нее отсутствовали ядро и земная кора. Догеологическим периодом считается в данном случае этап развития, продолжающийся от момента образования Земли до выделения зародыша ядра, т. е. период, характеризующийся почти полной эндогенной пассивностью планеты. На втором, геологическом этапе развития Земли предполагаются достаточное быстрое выделение зародыша ядра, перегрев мантии и развитие в ней конвективного массообмена, в результате чего вся первичная твердая литосфера вместе с перекрывающей ее примитивной квазиокеанской корой практически полностью погрузилась в мантию, а до наших дней сохранилась только континентальная кора, сформировавшаяся после начала конвекции⁵. В данном случае этап развития твердой Земли, характеризующейся эндогенной пассивностью, но зато импактивной активностью, относится к догеологическому периоду. Геологический период развития Земли начинается с появления жидкой фазы и включает в себя период погружения первоначальной коры в мантию и образование новой коры.

³ Одинцов М. М. Проблемы геологии и природные ресурсы Восточной Сибири. М., 1986. С. 201.

⁴ Орленок В. В. Физика и динамика внешних геосфер. М., 1985. С. 26.

⁵ Монин А. С., Сорохтин О. Г. Планетарная эволюция Земли // О. Ю. Шмидт и советская геофизика 80-х годов. М., 1983. С. 128, 138.

Согласно гипотезе «горячего» развития Земли, период до возникновения новой коры должен быть включен в догеологический период развития Земли. Получается, что этот этап одни исследователи считают геологическим этапом развития Земли, другие относят к догеологическому. Но если предметом изучения геологии является не только земная кора, как думают некоторые геологи, или земная кора с мантией, но вся планета Земля... от возникновения планеты до человеческой деятельности на ней»⁶, то все процессы на ней должны рассматриваться как геологические, и в них нет перерывов. В таком случае носителем геологической формы движения материи является вся Земля. Это положение высказывается многими исследователями, по иногда с оговоркой, что для проявления геологической формы движения материи необходимы совокупность эндогенных и экзогенных процессов развития и дифференциация вещества Земли как по физическому состоянию, так и по химическому составу⁷. Согласно такому взгляду, в развитии твердой Земли имелся также начальный догеологический период. Считается, что космические тела типа планет и астероидов в определенный период их существования могут рассматриваться как дискретные материальные носители геологической формы движения материи при условии, что их радиус превышает 200—500 км, а состав близок к составу хондритов, что обеспечивает разогрев данного космического тела⁸. Выходит, что планета или астероид может стать носителем геологической формы движения материи только после появления на них эндогенных процессов, причем таких, которые ведут к дифференциации вещества указанных небесных тел.

Однако можем ли мы утверждать, что эндогенные процессы являлись теми единственными процессами на Земле, отсутствие или наличие которых определяло существование на Земле геологической формы движения материи? Чтобы в этом разобраться, перейдем к рассмотрению осадочных пород. Как известно, они, бесспорно, являются геологическими образованиями. Но нужна ли для их образования обяза-

⁶ Трофимук А. А. Геологическая наука в эпоху научно-технической революции // Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979. С. 14.

⁷ Василевский Б. Ф. Некоторые особенности геологической формы движения материи и развития Земли // Науч. тр. Ташкент. гос. ун-та. 1974. Вып. 438. С. 11.

⁸ Василевский Б. Ф., Кошелев А. В. О размере космических тел, в которых возможна геологическая форма движения материи // Там же. С. 7.

тельно эндогенная активность Земли? Ответ однозначен: Нет! Осадки могут образоваться и из космической пыли и метеоритов. Количество выпавшего на поверхность Земли космического материала в современных осадках оценивается от 5—7 тыс. до 1 млрд т в год и образует до 5—10 % массы океанических илов⁹. Предполагается, что Земля в ранние периоды «бомбардировалась» веществом космического происхождения более интенсивно, чем сейчас.

Надо подчеркнуть, что, по существу, холодная аккреция первичного вещества Земли есть чисто геологический осадочный процесс. При этом даже не важно, осаждался ли гетеро- или гомогенный материал, поскольку он подвергался дальнейшим изменениям. С определенного момента, когда накопилось достаточное количество космического материала, дальнейшее осаждение космической пыли, метеоритов и планетозималий привело к образованию Земли, а далее к ее преобразованию.

Нельзя упускать из вида и то обстоятельство, что в ходе аккреции первичного вещества Земли и после этого поверхность земной коры подвергалась (и подвергается сейчас, однако уже в меньшей мере) импактной переработке, т. е. коптогенезу. Термин «коптогенез» (от греч. «копто» — ударять, разрушать ударами) обозначает совокупность процессов, сопровождающих космические соударения. Коптогенез является древнейшим и наиболее примитивным гомогенизирующим состав и строение коры породообразующим процессом, причем геологическим¹⁰.

Следует отметить, что, например, 90 % доставленных на Землю образцов с лунных материков представляют собой ударные брекчии или застывшие расплавы, при этом средний образец подвергался воздействию, как минимум, 1—2 ударных событий. Считается, что крупномасштабные удары могли формировать на ранней Земле рельеф амплитудой в несколько километров¹¹.

Таким образом, в начальный период развития Земли, часто необоснованно именуемый как догеологический, на ней имели место механическое осаждение космической пыли и более крупного космического материала, перемешивание,

⁹ Казанский Ю. П. Введение в теорию осадконакопления. Новосибирск, 1983. С. 155.

¹⁰ Масайтис В. Л. Импактная переработка земной коры // Доклады 27-го МГК. Сравнительная планетология. Секция С. 19. Т. 19. М., 1984. С. 74, 79.

¹¹ Грив Р. А. Ф., Парментьев Е. М. Ударные явления как факторы в эволюции Земли // Там же. С. 58, 59.

перемещение и преобразование первично-осажденного осадка в результате колтогенеза Земли. К этим процессам прибавляются процессы взаимодействия поверхности планеты с солнечным ветром. Последний механически «выдувал» с поверхности ранней Земли все газы, оказывал на нее физическое и химическое действие. Так как поверхность ранней Земли была доступна действию солнечного ветра, подобно современной Луне, укажем в качестве примера, что уровень насыщения лунного грунта углеродом солнечного ветра оценивается приблизительно в 200 г/т¹².

По существу, процессы, которые привели к образованию Земли и дальнейшему увеличению ее массы, — это геологические процессы осадкообразования и преобразования осажденного материала. Эти процессы на Земле (и на многих других планетах) привели также к температурной дифференциации Земли, а далее к магматизму. Начинается новый цикл изменений твердого вещества Земли. Дальнейшее усложнение геологической формы движения материи на Земле связано с развитием как эндогенных, так и экзогенных процессов. Важным событием в развитии геологической формы движения материи на Земле является появление химически пассивной или активной атмо- и гидросферы. В связи с этим стало возможным образование и преобразование эоловых и водных осадков, в том числе состоящих из вулканогенного материала. Все разнообразные процессы образования осадочных отложений относятся к разным стадиям геологической формы движения материи на Земле и ни один из перечисленных выше процессов осадкообразования не выходит за пределы этой формы.

Подчеркнем, что речь идет о геологической форме движения на Земле, а не вообще. Поэтому невольно напрашивается мысль о геологической (планетарной) форме движения вне Земли и планет. Вспомним, что Ф. Энгельс не писал о геологической форме движения материи. Но он видел ряд форм движения, где после механического движения, теплоты, света, электричества, магнетизма, химических соединения и разложения следовали переходы агрегатных состояний, а за ними возникала органическая жизнь¹³. В другом месте он подчеркивал, что «агрегатные состояния — узловые точки, где количественное изменение переходит в качественное»¹⁴.

¹² Ашихмина Н. А., Богатиков О. А., Евстигнеева Т. Л. и др. Графит в региолите «Луны-24» // Докл. АН СССР. 1981. Т. 260, № 4. С. 991.

¹³ Энгельс Ф. Диалектика природы. М., 1952. С. 183.

¹⁴ Там же. С. 229.

Это означает, что Ф. Энгельс поставил переходы агрегатных состояний за механической, физической и химической и перед биологической формами движения.

Часто пизшим уровнем организации геологических тел считается минерал. Процессы минералообразования в Солнечной системе делятся на допланетный и планетный этапы. Первичным этапом образования минерального вещества является конденсация газовой фазы; хондритообразование происходит уже из капель расплава. Считается, что процессы минералообразования в родительских телах метеоритов имеют в основном локальный характер по сравнению с таковыми на Земле ¹⁵. Образование твердого агрегатного состояния является важным качественным этапом в развитии природы в целом. Оно имело место задолго до образования Земли. Известно также, что самые простые физические и химические процессы не требуют для своего протекания жидкого и твердого состояния. По сравнению с газообразными химические процессы в жидкой и твердой фазах видоизменены, но они остаются, по существу, химическими процессами, и поэтому можно согласиться с высказыванием Ф. Энгельса о том, что переходы агрегатных состояний в развивающемся мире есть что-то качественно новое по сравнению с физической и химической формами движения материи.

Следовательно, образование Земли и все процессы, протекающие на ней до появления живого вещества, являются геологическими. Первоначальная Земля — это продукт и этап развития геологической формы движения материи, имеющей место задолго до образования Земли. Поэтому неправомерно выделять на Земле догеологический период ее развития. Геологическая форма движения материи включает в себя физическую и химическую формы движения материи, но не сводится к ним. В то же время с момента возникновения живых организмов на Земле геологическая форма в пределах биосферы подчинялась биологической форме движения материи.

Живое вещество, по В. И. Вернадскому, является принципиально новым веществом во Вселенной. С появлением последнего на Земле стало образовываться биогенное вещество, которое с целью большей наглядности может быть названо мертвым веществом ¹⁶. На Земле появляются новые

¹⁵ Семененко В. П. Процессы образования минералов в Космосе // Космическое вещество. Киев, 1986. С. 45, 46.

¹⁶ Вески Р. О косном, живом и мертвом веществах биосферы, по В. И. Вернадскому и представлениям биогеологии // Изв. АН ЭССР. Сер. хим. 1983. Т. 32, № 1. С. 70.

образования — биокосные, содержащие помимо мертвого и абиогенного (космического) вещества живые организмы в жизнедеятельных и нежизнедеятельных состояниях.

Одновременно с биокосными образованиями образуются и биогеологические образования, не содержащие живого вещества, а только мертвое неорганическое и органическое (в химическом смысле) вещества. Это дает нам право разделить геологические процессы на Земле в широком смысле на: 1) геологические процессы в узком аспекте, предметом изучения которых является абиогенное (космическое) вещество; 2) биогеологические процессы, предметом изучения которых являются абиогенное и мертвое вещества; 3) геологические процессы биокосных систем, определяемых наличием живого вещества, преимущественно живых микроорганизмов, предметом изучения которых являются абиогенное, мертвое и живое вещества¹⁷.

Но, как известно, на Земле развита и социальная форма движения материи, включающая помимо других и геологическую и биологическую формы движения материи, к которым она не может быть сведена. Человек влияет на геологические процессы своим механическим, физическим, химическим, биологическим воздействием. В. И. Вернадскому принадлежат слова о том, что живое вещество и человек стали могучими геологическими силами.

Итак, появление геологической формы движения материи связано с качественными изменениями в развитии вещества Вселенной — изменениями агрегатных состояний. Геологическая форма движения материи претерпевала ряд изменений, включая образование планеты Земля и ее дальнейшее развитие до возникновения сначала биосферы, а затем ноосферы. После этих качественных изменений геологическая форма движения материи на Земле стала в большей мере подвергаться воздействию биологической и социальной форм движения материи.

Во время первого периода развития геологической формы движения материи ее материальный носитель состоял сугубо из абиогенного вещества, после появления живых организмов — из живого и мертвого вещества, а после появления общества — из искусственного вещества — вещества, преобразованного человеком.

¹⁷ Вески Р. Э. О литогенезе биогеологических осадочных образований: Некоторые общие замечания // Минеральные и геохимические индикаторы процессов литогенеза в осадочных толщах Прибалтики и Белоруссии. Таллинн, 1984. С. 39.

КАТАСТРОФИЗМ ИЛИ ЭВОЛЮЦИОНИЗМ: ПРОБЛЕМЫ И СУЖДЕНИЯ

Н. А. ЯСАМАНОВ, д-р геол.-минер. наук

На протяжении длительного времени с чередующимся успехом противоборствуют две диаметрально противоположные концепции. Одна из них, концепция прерывистого равновесия, или градуализм, восходит к трудам Ч. Лайеля. Им и Ч. Дарвином, а затем их последователями были разработаны методологические основы градуализма. Он постепенно стал руководящей доктриной, хотя не раз высказывались альтернативные взгляды. Одной из главных альтернативных концепций градуализма является катастрофизм, у истоков которого стоял выдающийся французский палеонтолог Ж. Кювье.

В настоящее время раскрытию сущности и роли этих двух концепций посвящены многочисленные публикации, в том числе и монографии. Их настолько много, что даже существуют специальные обзоры по становлению и развитию униформизма, эволюционизма и катастрофизма. Исходя из этого, мы отсылаем читателя к соответствующим публикациям и, в частности к недавно изданной у нас книге «Катастрофы и история Земли».

Мне хотелось бы остановиться как на недавно полученных данных по этой проблематике, которые при всей обширности и разработанности получить довольно трудно, так и в основном на критическом переосмыслении известных материалов.

Рассматривать проблему эволюции органического мира в отрыве от изменений природной среды, без анализа изменений таких глобальных факторов, как климат, уровень или объем вод и соленость Мирового океана, состав атмосферы и степень ее подвижности, а также других палеогеографических и геотектонических факторов, методологически неверно. В этом случае исследователи обычно приходят к «естественному» выводу о саморазвитии органического мира и даже пытаются доказать положение об отсутствии воздействия на его эволюцию физико-географических условий. Однако геологи, и в частности стратиграфы, все чаще стали обращать внимание на существование определенной «событийности» в развитии организмов. Н. Эддридж и С. Гулд в начале 70-х годов нынешнего столетия выступили с обоснов-

ванпой критикой традиционного взгляда на эволюционное изменение органического мира и предложили теорию так называемого «прерывистого равновесия». Согласно этому представлению, длинные периоды «застоя» сменяются геологически мгновенными эпизодами видообразования.

Обширные палеонтологические данные свидетельствуют о том, что в длительной истории биосферы имеются эпохи чрезвычайно быстрого и обильного расцвета и расселения групп и сообществ животных и растений и относительно кратковременные периоды массового вымирания. «Внезапность» и кратковременность вымирания могут быть расценены как результаты развития крупнейших биологических революций, охватывающих всю нашу планету. За всю историю биосферы таких перемен можно насчитать множество. Все зависит от подхода и масштаба измерения. Однако главнейшими событиями в эволюции биосферы все-таки являлись следующие: возникновение жизни на Земле, появление фототрофных организмов, возникновение и распространение животных, внезапное и быстрое возникновение беспозвоночных с твердым скелетом, распространение растительного покрова, заселение континентов животными и, наконец, появление приматов и человека.

Самыми древними организмами являются микроскопические синезеленые водоросли и бактерии (прокариоты), остатки которых обнаружены в отложениях, имеющих возраст 3,5—3,8 млрд лет. Энергичная деятельность прокариотных форм в архейское время привела к образованию в атмосфере свободного кислорода и несколько сократила ресурс углекислого газа. Такие изменения, в свою очередь, способствовали появлению и последующему развитию аэробных организмов.

Трудно себе представить, особенно когда известна сравнительно быстрая эволюция органического мира в фанерозое, что в далеком архее и протерозое длительное время, равное почти 3 млрд лет, было временем как бы застоя органической жизни. Организмы того времени представлены исключительно микроскопическими формами, и до сих пор мы точно не знаем, каким образом они возникли, как происходили их развитие и смена в пространстве и во времени. Но вот произошел экологический взрыв. Довольно быстро в интервале 650—600 млн лет назад появляются многоклеточные животные. Отпечатки мягких тканей, позволяющие судить о внешней форме животных и их функциональных особенностях, хорошо сохранились в ископаемом состоянии во многих районах нашей планеты. Бесскелетная фауна венд-

ского времени представлена преимущественно кишечнополостными, особенно медузообразными формами, различными червями и нитеобразно вытянутыми многоклеточными организмами пока еще неизвестной принадлежности.

Исключительно важное значение для биосферы имело возникновение в начале фанерозойского времени скелетных животных. В период этой биологической революции возникли почти все известные в настоящее время типы животного мира. Появились организмы, имеющие твердый внешний скелет — раковину хитинового или карбонатного состава. Трилобиты, брахиоподы, гастроподы, губки, археоциаты, иглокожие, радиолярии — вот далеко не полный перечень фауны, насчитывающий многие тысячи видов и огромное число высокоспециализированных особей, появившихся на рубеже протерозоя и фанерозоя. Биологический контраст между фауной венда и кембрия, между фанерозоем и протерозоем очень разителен и не имеет аналогов.

В фанерозое крупные скачки в развитии организмов, считающиеся революционными событиями, происходили неоднократно. Многие из них послужили основанием для проведения стратиграфических границ различных рангов.

На протяжении фанерозоя быстрые вымирания отдельных филогенетических ветвей сменялись возникновением совершенно других группировок. Или происходило вымирание большой группы (ассоциации) биоса, но вслед за этим наступал внезапный расцвет одной или нескольких форм, входивших в ту же таксономическую группу. Так, например, в позднем ордовике на смену одним отрядам и семействам кораллов, брахиопод, трилобитов, граптолитов и т. п. быстро пришли другие.

В конце силура и в начале девонского периода появились первые наземные растения. В начале карбона амфибии приспособились к обитанию в наземных условиях. В этот отрезок времени характерны также не только необычайно широкое распространение лесов, но и появление легочных моллюсков, новых семейств брахиопод и расцвет многочисленных насекомых. В конце каменноугольного периода число брахиопод сильно сокращается и одновременно сильному видоизменению подвергается наземная флора. В это время широко распространяются холодолюбивые папоротники и намечается дифференциация органического мира по климатическому и экологическому признакам.

Существенные изменения в составе органического мира Земли произошли на границе палео- и мезозойской эр. Вымирают господствующие головоногие моллюски. — гониати-

ты, исчезают последние трилобиты, табуляты, четырехлучевые кораллы и представители древних морских ежей, а также фузулиниды — группа высокоспециализированных семейств фораминифер. Брахиоподы лишились почти 90 % семейств, а 75 % семейств амфибий и рептилий не оставили потомства. На смену древним споровым, хвощевым и голосеменным растительным ассоциациям припли более совершенные формы и среди них первые хвойные. На этом рубеже исчезло около 200 семейств животных и растений.

Другое грандиозное вымирание произошло на рубеже мезозоя и кайнозоя. «Великое мезозойское вымирание» коснулось обитателей всех ландшафтов суши и моря. Полностью исчез известковый растительный планктон, а вместе с ним и почти все планктонные фораминиферы. Вымерло около 50 % семейств радиолярий, 70 % семейств брахиопод. От 25 до 75 % семейств лишились морские двустворчатые моллюски, морские ежи и морские лилии. На 75 % сократилось число таких активных хищников, как акулы. К этому надо добавить исчезновение с лица Земли представителей динозавров, аммонитов и белемнитов, некогда безраздельно господствовавших на суше и на море. Урон, понесенный органическим миром, огромен. Вымерло более 100 семейств животных и примерно столько же представителей растений и микроорганизмов. Для сравнения отметим, что «обычными» считаются периоды, когда вымирало только 5—10 семейств. Это как бы является «нормой» при эволюционном развитии в геологическом прошлом.

Историю биоса ни в коей мере нельзя представлять только как процесс некоего эпизодически повторяющегося процесса вымирания. Несмотря на значительный урон, нанесенный вымиранием органическому миру, вслед за этим в сравнительно короткий срок возникали новые, более совершенные или, как принято говорить, прогрессивные, хорошо приспособленные к экологическим условиям виды, рода и семейства фауны и флоры. Причем, как правило, число возникших таксономических групп всегда превосходило число вымерших.

Кризисные ситуации намечаются не только по числу вымерших организмов, но и по интенсивности формообразования в пределах одних и тех же таксонов. Например, олигоценый кризис характеризовался тем, что в это время существенно уменьшился и, вероятно, даже приостановился процесс возникновения новых семейств, родов и видов.

Великим революционным рубежом в истории биоса явилось время появления первых предков человека. Оно отстоит от настоящего времени на 3—5 млн лет.

Многие исследователи рассчитывали и анализировали изменение видового состава органического мира. Суммируя данные по 2250 семействам животных, Н. Ньюелл приводит диаграмму, которая отражает этапы наибольшего вымирания и расцвета животного мира планеты. Согласно статистическому анализу, около 50 % семейств животного мира вымерло в конце кембрийского и пермского периодов и около 30 % в позднем девоне, позднем триасе и на границе мела и палеогена.

Статистический анализ динамики вымирания в течение фанерозоя, проведенный американскими палеобиологами Д. Раупом и Дж. Сепкоски, показал, что массовые вымирания происходили с интервалом около 26 млн лет в мезозое и кайнозое и около 34 млн лет — в палеозое.

Критические эпохи, когда происходили массовые вымирания или резко замедлялось развитие организмов, хорошо заметны, если рассчитать скорости вымирания (частное от деления числа таксонов, исчезающих в течение определенного промежутка времени, на его продолжительность). Однако более наглядное представление дает уровень развития биоса — разность между числом возникших и вымерших форм (при преобладании вымерших семейств получается отрицательная величина), рассчитанная в процентах от общего числа существовавших семейств за определенный промежуток времени. Уровень развития биоса, вычисленный нами для всего фанерозойского времени, наглядно отражает особенности биологических революций и показывает время внезапного вымирания и расцвета органического мира и, главное, интенсивность каждого события.

О взаимосвязи концентрации углекислого газа и температурном режиме приземного слоя воздуха говорилось неоднократно. Чем больше атмосферной углекислоты, тем сильнее парниковый эффект и тем выше температура земной поверхности. На протяжении фанерозойского эона наблюдается согласованный ход изменений концентрации углекислого газа и температурного режима.

Проблема биологических революционных событий в истории биоса давно волнует палеонтологов и геологов. По поводу массовых вымираний организмов существует множество гипотез, но ни одна из них не может удовлетворительно объяснить природу и причины вымирания. Среди большого количества гипотез наиболее обоснованными все-таки представляются те, которые предполагают воздействие на органический мир климата и атмосферы. Напрямую установить зависимость между биологическими революциями и тектони-

ческими процессами довольно трудно. Но предполагается, что она может быть обусловлена через так или иначе взаимодействующие изменения в атмосфере, гидросфере и ландшафтных обстановках, в конечном счете вызванные действием эндогенных процессов.

Развитие животного мира обусловлено уровнем содержания в атмосфере кислорода и углекислого газа и температурами приземной части воздуха и Мирового океана. Сложные связи намечаются между количеством кислорода в атмосфере и вулканизмом; прямая зависимость существует между вулканическими извержениями и концентрацией углекислого газа и различных аэрозолей в атмосфере, создающих парниковый эффект.

Несомненно, что определенную роль в развитии органического мира играют рельеф земной поверхности, соленость и глубина морских бассейнов, соотношение площадей суши и моря, положение материков в тот или иной отрезок времени и тесно связанная с этим отражательная способность земной поверхности (альбедо). Однако сколь бы обширными ни были бы эти изменения, как бы глубоко они ни затрагивали среди обитания организмов, все-таки привести к вымиранию больших количеств семейств, а тем более к коренной перестройке органического мира на Земле, они бы не смогли.

Мнение о непостоянстве содержания кислорода в атмосфере на протяжении геологической истории высказывалось так же давно, как и предположение о том, что его концентрации всегда были неизменными. Однако термодинамические расчеты, эмпирические геологические данные, а также анализ пузырьков газа, сохранившихся в горных породах, свидетельствуют об изменчивости концентрации свободного кислорода в атмосфере. В обзоре П. Клауда, написанном для последнего издания Британской энциклопедии, указано, что с 3,5—3,6 млрд до 1,9 млрд лет атмосфера была бескислородной. Отсутствие кислорода в атмосфере подтверждается наличием в отложениях с возрастом более 2 млрд лет соединений железа и урана, которые не могли образоваться в среде со значительным количеством кислорода, обедненностью этих отложений соединениями различных химических элементов высокой валентности с кислородом и отсутствием красноцветных толщ.

Максимально высокие концентрации углекислого газа характерны для среднего девона и раннего карбона, ранней перми, среднего триаса, мелового периода, эоцена и миоцена. Интересно, что с этими же эпохами связаны и крупнейшие перестройки органического мира. Средний девон — ранний

карбон — время выхода растительности на сушу и развитие лесных ландшафтов, ранняя пермь — появление хвойных. В течение среднего триаса, юры и мелового периода приходит в упадок споровая и голосеменная растительность и возникают цветковые формы, широко расселяются динозавры, появляются млекопитающие, в эоценовую эпоху распространились влажные широколиственные и вечнозеленые леса, а в миоцене появились степные ассоциации.

В фанерозое намечаются по крайней мере четыре эпохи понижения ресурса кислорода в атмосфере: конец кембрия, от середины ордовика до начала девона, от среднего карбона до середины перми и в конце мелового периода. С эпохами понижения атмосферного кислорода хорошо коррелируют эпохи вымирания организмов. Например, на рубеже перми и триаса количество кислорода в атмосфере составляло всего треть от современного уровня. Низкое содержание кислорода не только вызвало массовую гибель организмов, но и существенно замедлило возникновение новых форм. Вероятно, прав член-корреспондент АН СССР М. И. Будыко, который считает, что снижение количества кислорода на рубеже палеозоя и мезозоя почти на 100 млн лет задержало процесс формирования млекопитающих. Действительно, первые формы млекопитающих возникли еще в начале мезозоя, но они уж очень долгое время ничем не выделялись на фоне гигантов животного мира — динозавров и только в палеогене вдруг заняли господствующее положение. Мы видим, что влияние состава атмосферы на животный и растительный мир существует, но эта связь является, вероятно, более сложной, и, основываясь только на ней, трудно более или менее удовлетворительно объяснить скачкообразные изменения биосферы, особенно сравнительно кратковременные и массовые вымирания и почти одновременное появление на всей Земле и бурный расцвет совершенно новых хорошо экологически приспособленных форм. Действительно, и мы могли в этом убедиться, многие глобальные изменения биоса происходили в довольно короткие интервалы времени, тогда как изменчивость газового состава атмосферы и смены климатической зональности растягивались на миллионы лет. Значит, на развитие биоса могли оказать воздействие какие-то другие кратковременно действующие глобальные события. Вероятно, они повлекли за собой смену физико-географических условий. Ими могли быть исключительно высокая вулканическая активность планеты, падение на Землю сравнительно крупных космических тел или облучение земной поверхности космическими лучами.

В последние годы все чаще и чаще склоняются к мысли о связи критических эпох вымирания с моментами столкновения Земли с кометами, астероидами и крупными метеоритами. Столкновение нашей планеты с крупными космическими телами сопровождается сильнейшими взрывами. Считается, что диаметр космического тела, упавшего на Землю 65 млн лет назад и вызвавшего «иридиевую» аномалию, составлял 10—15 км, а энергия взрыва составляла 10^{30} эрг. Это в миллион раз больше энергии, выделившейся при падении Тунгусского метеорита. Совсем недавно во время исследования керна льда Антарктиды было обнаружено, что лед, образовавшийся зимой 1908/09 г., также обогащен иридием. Тут уместен вопрос, а не связано ли это с падением Тунгусского метеорита?

Как известно, Л. Альварес с соавторами выдвинули очень интересную и остроумную гипотезу, объясняющую «иридиевые» аномалии и одно из сильнейших мезозойских вымираний. При всей своей принципиальной верности эта гипотеза, на наш взгляд, страдает одним недостатком: маловероятным представляется прекращение глобального процесса фотосинтеза из-за большой запыленности атмосферы. Ведь полное прекращение фотосинтеза должно было бы привести к гибели всей биосферы.

Как считает В. Л. Масайтис, не исключено, что астероид при вхождении в атмосферу раскололся на несколько частей. Самое крупное тело упало в Берингово море. Поэтому-то в атмосферу попало значительно меньше пыли, а поступивший водяной пар оказал противоположное влияние на радиационный режим, усилив парниковый эффект. Тем не менее выброс в атмосферу нескольких сотен миллионов кубометров пыли и меньшего количества дыма снизил суммарную солнечную радиацию, а следовательно, привел к снижению приземных температур.

Проведенные палеотермометрические исследования в Западном Закавказье показали, что в позднем маастрихте температура поверхностных вод превышала 20°C , а температура среды обитания устриц — $18\text{—}20^{\circ}\text{C}$. Спустя некоторое время после космической катастрофы, когда в соответствующих слоях сохранились только сильно угнетенные устрицы, температура воды оказалась на 10° ниже. Падения температуры на такую величину вполне достаточно, чтобы вызвать массовые вымирания организмов. К этому надо добавить, что многие из представителей животного и растительного мира были ослаблены прогрессивным снижением ресурса кислорода в атмосфере, которое происходило на протяжении позднемеловой эпохи.

Обнаружение «иридиевых» аномалий на других возрастных уровнях заставляет нас с большим вниманием относиться к высказанной причине вымирания. Одна из таких аномалий обнаружена совсем недавно на уровне 35—38 млн лет назад, другая — около 230 млн лет назад. Первая — это раздел эоцена и олигоцена, т. е. граница, о которой ведутся ожесточенные споры уже много десятилетий; вторая — рубеж палеозоя и мезозоя. Этим не исчерпывается число «иридиевых» аномалий. Имеются сведения, что они обнаружены на рубежах 360 и даже 530 млн лет назад.

Можно предположить, что «иридиевые» аномалии — это следы не одного какого-то, пусть даже крупнейшего, взрыва после падения небесного тела, а растянутые во времени бомбардировки Земли мелкими астероидами и метеоритами. Они оставили после себя различного размера импактные кратеры, но суммарное воздействие их на атмосферу было значительным. Дым от гигантских лесных пожаров в последевонское время и пылеватые частицы, выброшенные в результате взрывов, находились в атмосфере довольно продолжительное время и изменили ее прозрачность настолько, что солнечные лучи не достигали земной поверхности. Температуры резко понизились. Из-за разности температур усилились ветры и образовались высокие волны, которые вместе с понижением температуры вносили существенные коррективы в распределение океанских течений. Длительное нахождение в атмосфере пыли и пепла вулканических извержений, спровоцированных падением небесных тел, приводило к развитию своеобразной «астероидной» зимы. Низких температур не выдерживали многие организмы и исчезали с лица Земли.

Привлекает внимание тот факт, что целый ряд эпох катастрофического вымирания совпадает и с инверсиями магнитного поля Земли. Например, установлено, что вымирание на рубеже мезозоя и кайнозоя происходило во время смешанного магнитного интервала, когда инверсии магнитного поля быстро сменяли одна другую.

Самое примечательное состоит в том, что время образования импактных кратеров, смены магнитной полярности и эпохи вымирания в общих чертах следовали через определенные промежутки времени, равные 30—35 млн лет.

На развитие биосферы могли воздействовать не только факторы, обусловленные падением небесных тел, но и периодическое облучение Земли различными космическими излучениями.

На протяжении всей геологической истории земная поверхность постоянно подвергалась действию космических

лучей. Жесткая радиация, вероятно, была необходима для возникновения жизни на Земле, и, возможно, первые биологические революции прямо могли быть связаны с космическим излучением.

Организмы по-разному реагируют на радиацию. Летальная доза для млекопитающих в десятки раз меньше, чем для пресмыкающихся. Наибольшей устойчивостью против радиации обладают одноклеточные организмы: травы дольше противостоят радиации, чем деревья. Летальная доза для семян одна из самых высоких: даже после длительного и сильного облучения семена прорастают. Менее всего чувствительны к радиации синезеленые водоросли. Некоторые из них могут спокойно существовать и развиваться даже в атомных реакторах.

Необычайно быстрое размножение и расселение синезеленых водорослей и бактерий, которое привело к резкому возрастанию объема биосферы в протерозое, могло быть результатом космического облучения. Действием космических лучей вызвано возникновение озонового экрана, но его рост со временем стал предохранять от жесткой радиации первых животных — мягкотелых организмов. Увеличение доли атмосферного кислорода сопровождалось интенсификацией клеточных процессов. Предполагается, что интенсивные излучения в начале фанерозоя могли уничтожить слабо защищенных вендских мягкотелых животных и одновременно способствовали возникновению скелетной фауны. Однако это — одна из многих гипотез.

Согласно другой гипотезе, в результате космического облучения на рубеже венда и кембрия возникли мутанты. Они быстро эволюционировали, оказались очень жизнеспособными и дали начало различным группам животных. Мутагенез оказал влияние и на дальнейшее развитие органического мира, но действие космического облучения каждый раз сдерживалось различными защитными свойствами биосферы и сильно заглушено другими глобальными факторами.

Массовые вымирания и следовавший вслед за этим внезапный и быстрый расцвет животных и растений хорошо объясняются селективным воздействием жесткого облучения организмов, обладающих различной генетической структурой, уровнем организации и защитными свойствами. С таких позиций можно объяснить резкую смену комплексов брахиопод на рубеже среднего и позднего карбона, на рубеже фанменского и фрапского веков позднего девона, внезапный расцвет цветковых растений около 100 млн лет назад, исчез-

новение многих хвойных и появление злаковых. Некоторые антропологи считают, что даже появление предков человека связано с космическим мутагенезом, вызвавшим резкое ускорение в развитии человекообразных приматов.

На смену широко распространенному убеждению о существовании на Земле автономных крупномасштабных процессов приходят идеи о совместном вмешательстве в развитие биосферы и других оболочек Земли факторов космического происхождения. Исследования последних лет приводят к мысли о существовании значительной изменчивости всех природных факторов и экологических условий, начиная от изменения состава и прозрачности атмосферы и кончая физико-географическими условиями, обусловленными совокупным действием процессов, протекающих в гидросфере и в верхней части литосферы. Одна, пусть даже крупная, причина не в состоянии самостоятельно объяснить развитие и вымирание организмов.

Заканчивая наш рассказ о связи космических явлений с развитием биосферы, мы можем отметить тесную взаимосвязь многих причин, породивших эти изменения. Первоосновой таких изменений на сегодняшний день представляется бомбардировка земной поверхности небесными телами различной величины. Внедрение космических тел в стратосферу и тропосферу приводит к нарушению озонового экрана и, следовательно, к кратковременному, но резкому усилению жесткой ультрафиолетовой радиации. Пыль от массовых и сильнейших взрывов, поднявшись в атмосферу, снижает прозрачность атмосферы, и вслед за кратковременным повышением температур следует их сильнейшее понижение. Продолжительность «астероидной» зимы зависит от количества пыли и времени ее нахождения в атмосфере, а значит, в конечном счете — от энергии взрывов космического тела.

ЗНАЧЕНИЕ ИСТОРИЗМА В СТАНОВЛЕНИИ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ОСНОВ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ

Ю. Я. СОЛОВЬЕВ

Историзм как методологический принцип рассмотрения геологических объектов в их истории получил свое воплощение в палеогеографии при разработке ее теоретических основ. Эта фундаментальная идея не сразу заняла должное

© Ю. Я. Соловьев, 1990

место в реконструкциях геологического прошлого. Вопрос об исследовании прошлого Земли и сейчас остается в центре внимания географов, геологов, биологов и философов. В геолого-географической литературе нет единства в отношении методологических основ палеогеографии, прочно занявшей в конце XIX — начале XX в. место синтезирующего раздела в комплексе наук о Земле. Возникновение и развитие этой отрасли геологических знаний — пример того, как происходило проникновение в геологию принципа историзма, являющегося исходной категорией диалектического метода.

Принцип историзма является важнейшей предпосылкой диалектического подхода. Ф. Энгельсом¹ в последней четверти XIX в. было показано, что принципы — это элементы теоретического знания, такие теоретико-понятийные образования, которые несут в себе диалектику процесса познания, не являясь одновременно ни абсолютно исходными пунктами, ни абсолютно заключительными его результатами.

История развития земной поверхности давно интересовала людей разных континентов. Для самого раннего этапа человеческого мышления характерным в представлениях о развитии Земли был элемент фантастики. В древности, как правило, обращали внимание на природные явления постольку, поскольку они непосредственно воздействовали на человека. Древние греки и римляне по-разному интерпретировали такие события, как извержения вулканов, бурные разливы рек и землетрясения, приводившие к опустошительным наводнениям, разрушениям и т. д. Сочинения мыслителей древности позволяют допускать², что их познания в этом направлении были вовсе не так уж малы, как это может показаться на первый взгляд. Среди невероятных утверждений можно найти близкие к современным суждения о некоторых особенностях геологической истории. Так, по мнению Аристотеля, на Земле, происходят медленные, но постоянные изменения, результаты которых не могут быть подмечены одним человеком в течение его жизни. Интуитивно натуралистами античной древности, средневековья и эпохи Возрождения использовался прием сравнительного исследования природных объектов. Первые попытки представить себе события прошлого Земли сочетались с актуалистическим подходом при изучении разнообразных явлений, процессов и феноменов загадочной жизни нашей планеты. Обыч-

¹ См.: Энгельс Ф. Анти-Дюринг // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20. С. 34.

² См.: Неймайр М. История Земли. Спб., 1902. Т. 1.

но сравнивались горные породы с близкими по составу осадками, образование и накопление которых происходит на глазах человека. При воссоздании образа жизни и условий обитания ископаемых органических остатков отыскивались похожие на них современные формы животных и растений.

К середине XVIII в. было накоплено довольно много наблюдений такого рода. М. В. Ломоносов, как известно, пропагандировал исторический подход к изучаемым явлениям природы, утверждая, что «большие перемены», совершившиеся в мире, могли произойти только в результате громадной длительности времени. В своем труде «О слоях земных» он подчеркивал, что в течение геологической истории лик Земли менялся благодаря процессам, происходящим в земных недрах и на ее поверхности. Внутренние факторы, по его убеждению, значительно сильнее изменяют земную поверхность, хотя разрушительная сила воды и ее транспортирующая деятельность, несомненно, велики. «Есть в сердце земном... неизмеримое могущество,— писал М. В. Ломоносов,— которое по временам заставляет себя чувствовать на поверхности и коего следы повсюду явствуют, где дно морское на горах, на дне морском горы видим»³. Отстаивая исторический подход к изучаемым объектам природы, он утверждал: «Твердо должно помнить, что видимые телесные на земли вещи и весь мир не в таком состоянии были сначала от создания, как ныне находим, но великие происходили в нем перемены, что показывает История и древняя География с нынешнею снесенная, и случающиеся в наши веки перемены земной поверхности»⁴. Настоящее, по его мнению, не может быть отождествлено с прошлым, поскольку состояние Земли в разные эпохи менялось. Будучи сторонником введения принципа историзма в процесс познания и выразителем идеи необратимого развития природы, М. В. Ломоносов обогнал свое время более чем на 100 лет и, минуя, по существу, униформистский принцип однообразия, вплотную приблизился к эволюционной геологии. Сознвая, что изучение совершающихся ныне геологических процессов имеет первостепенное значение для выяснения прошлого Земли, он широко пользовался сравнительным методом. Отпечатки «трав индейских», найденные «в каменных горах», располо-

³ См.: Ломоносов М. В. О слоях земных // Ломоносов М. В. Первые основания металлургии и рудных дел. Прибавление второе. Спб., 1973. § 89.

⁴ Там же. § 98.

женных в районах с холодным климатом, привели М. В. Ломоносова к убеждению, что на протяжении истории Земли имели место значительные изменения климатических условий. Им допускалось возможное изменение климата в прошлые геологические эпохи вследствие перемещения полюсов. Сравнительно-историческое изучение торфа убедило М. В. Ломоносова в том, что «турф» образовался из болотных растений⁵, свидетельством чему является процесс торфообразования, совершающийся ныне.

Стремясь к обобщению возрастающего материала геологических наблюдений, естествоиспытатели XIX в., стараясь удовлетворить постоянную нужду человечества в минеральном сырье, одновременно стремились к расшифровке особенностей прошлой жизни Земли. Формирование палеогеографии в качестве самостоятельной отрасли знаний завершилось к концу XIX в., когда у нее уже не только имелось достаточно убедительное кредо, но и начали разрабатываться специальные исследовательские приемы⁶. В период своего становления эта отрасль геологических знаний испытала влияние со стороны трех учений — катастрофизма, униформизма и эволюционизма, в которых принципу историзма отводилось неравнозначное место.

Работы катастрофистов, способствовавшие возникновению и развитию биостратиграфии, содействовали выяснению хронологической последовательности формирования осадочных толщ, что было очень важно для нарождающейся палеогеографии, ибо без установления возраста бессмысленны и невозможны палеореконструкции. Катастрофисты, оперировавшие малыми масштабами геологического времени, доказывали периодическую смену этапов и неизменяемость видов. Такие представления довольно просто укладывались в человеческом сознании; ибо геологические события рассматривались в пределах времени, охватывающих небольшие интервалы последовательно следовавших друг за другом катаклизмов. Однако все чаще становилось очевидно, что для объяснения множества природных явлений нет надобности привлекать гипотезы катастроф.

В начале второй четверти XIX в. в противовес катастрофистскому учению Ч. Лайель выдвинул и обосновал концепцию «униформитаризма». Повсеместное восприятие геологами учения английского натуралиста объясняется тем,

⁵ Там же. § 48.

⁶ Соловьев Ю. Я. Возникновение и развитие палеогеографии в России // Тр./ГИН АН СССР. 1966. Вып. 147.

что его основу составили три важнейших положения: «1) силы, преобразовавшие земной шар на протяжении геологических эпох, отличались однообразием по своему характеру и интенсивности — принцип однообразия; 2) эти силы производили и продолжают производить в настоящее время работу медленно, но зато непрерывно, без катастроф — принцип непрерывности; 3) благодаря тому, что эта работа продолжается в течение огромного промежутка времени, мало заметные изменения суммируются и приводят к грандиозным преобразованиям на Земле — принцип суммирования мелких отклонений в течение длительного времени»⁷. Униформистские принципы образовали фундамент, на котором основывалось познание геологической истории. Они и явились первоначальной теоретической основой палеогеографии. Стремясь аргументировать существование сходства внешних условий на земной поверхности в течение каждого из геологических периодов, приверженцы этой доктрины подчеркивали, что при палеогеографических реконструкциях можно и нужно исходить из закономерностей, характерных для современных процессов. Раз природные факторы материальны, говорили ортодоксальные униформисты, то возможна познаваемость далекого геологического прошлого. Однако чаще всего в их работах имели место выводы о тождественности результатов деятельности различных агентов во все периоды жизни Земли.

Это не случайно, ибо если в органическом мире изменения фиксируются достаточно четко, то в неорганическом заметить их гораздо труднее. Отдельные факты, касавшиеся событий неживой природы и несопоставимые с современностью, не привлекали внимания или упускались из виду, поскольку геологи-униформисты старались найти то, что искали, т. е. похожее, аналогичное. Внимание обращалось на относительную повторяемость условий осадконакопления в истории развития земной коры. Осадочные образования геологического прошлого и современности, как считалось, должны иметь общие характерные черты, а это, естественно, важно для восстановления различных палеогеографических обстановок. В лайелевском учении принцип историзма реализовался в процессе расшифровки события в неорганической природе. Явление геологического прошлого сравнивалось напрямую с результатами изучения известного явления

⁷ См.: Равикович А. И. Униформистское учение Лайеля и его исторические корни // Очерки по истории геологических знаний. М., 1961. Вып. 9. С. 52.

(наблюдаемого в современности) с целью восстановления природы непознанного древнего явления.

В процессе сравнительного изучения окаменелостей, содержащихся в осадочных породах, сменяющих друг друга вверх по разрезу земной коры, обнаружилось постепенное появление все более высокоорганизованных и неповторяющихся форм животных и растений. В 1859 г. Ч. Дарвин четко обосновал, что исчезнувший (вымерший) однажды вид никогда не возникает снова в тождественной форме, как бы ни повторялись условия жизни⁸. На фоне бесконечно длительного геологического времени видообразование выражалось появлением уникальных органических форм, которые четко фиксировали направленность развития живого мира. Сторонниками эволюционной палеонтологии были собраны и изучены многочисленные факты, доказывающие происхождение всех известных видов растений и животных (в том числе и человека) в результате трансмутации. Существование прогрессивного ряда непрерывно сменявшихся фаун и флор Ч. Дарвин объяснял постоянно действующим в живой природе фактором — естественным отбором, или «переживанием более приспособленных».

Весьма созвучными были мысли выдающегося биолога-эволюциониста К. Ф. Рулье. «Напрасно в наше время, — писал он, — искали бы мы страну, которая в совокупности представила бы относительно растений и животных физиономию, близкую к той, которую мы видели в описываемый первый (палеозойская эра. — Ю. С.) период»⁹. Мысль об отсутствии однообразия изменений в природе была четко сформулирована К. Ф. Рулье в конце жизни. Он утверждал: «О прошедшем мы слишком склонны судить по нынешнему. Часто мы судим: мы видим, животные живут так, следовательно, они и всегда жили так: между прочим, нет ничего ложнее»¹⁰. К. Ф. Рулье считал, что метод сравнения должен применяться в историческом плане, и ввел в литературу термин «сравнительно-исторический метод», впервые применив его в 1854 г.¹¹ Указывая на невозможность путем прямого сравнения объяснить все без исключения явления прошлого, он понимал, что развитие органического и неоргани-

⁸ См.: Дарвин Ч. Происхождение видов. М.; Л., 1937. С. 542.

⁹ Рулье К. Ф. Жизнь животных по отношению ко внешним условиям: Три публичные лекции, читанные в 1851 г. М., 1852. С. 47.

¹⁰ Рулье К. Ф. Предисловие к статье К. Миллера «Первоначальная жизнь животных» // Вестн. естеств. наук. 1857. Т. 4, № 5.

¹¹ См.: Рулье К. Ф. Белемниты // Вестн. естеств. наук. 1854. Т. 1, № 23.

ческого мира — сложный исторический процесс, который имеет необратимую направленность и не исчерпывается факторами современности. Позднее В. О. Ковалевский, воссоздавая условия накопления в кайнозой «лигнитовых серий» Франции, кроме сравнения этих образований с современными сопоставлял их еще и с аналогичными отложениями мелового времени¹². Подчеркивая роль сравнительно-исторического метода, он указывал одновременно, что необратимость развития природы не исключает в качестве частного момента сохранения относительного постоянства, сходства, т. е. повторимость характера основных геологических процессов. Такие рассуждения стали надежными аргументами в пользу давно «носившейся в воздухе» идеи необратимости развития природы.

Под историзмом, ставшим неотъемлемой составной частью учения Ч. Дарвина, понималась необратимость изменений в природе. Убежденность в этом особенно заметно возросла с середины XX в., когда интенсивно накапливался палеогеографический материал. Все чаще встречались уникальные образования, приуроченные к особым физико-географическим условиям, существовавшим только в течение строго определенных интервалов истории Земли. Оказалось, что среди современных осадков нет образований, аналогичных медистым песчаникам верхней перми и докембрия, писчему мелу позднемеловой эпохи, фузулиновым известнякам верхнего карбона и перми, граптолитовым сланцам ордовика и силура и т. д. Возникли и сложности при реконструкции палеогеографических условий в связи с тем, что разные геологические процессы нередко приводили к одинаковым конечным результатам, которые вследствие этого трудно было объяснить с помощью метода прямого сравнения.

Одним из подобных примеров явились флишевые и флишодные толщи, сходные по составу, структуре и текстуре, но формировавшиеся на разных этапах эволюции земной коры в различных физико-географических обстановках. Изучение соленосных толщ геологами Сибири под руководством А. Л. Яншина подтвердило неповторимое своеобразие древнего осадкообразования. Подсчеты массы солей, отложившихся в разные геологические периоды, и сравнение их с массой солей, растворенных сейчас в водах океанов, косвенно установили факт значительного снижения солености

¹² См.: Ковалевский В. О. О пресноводных отложениях мелового периода // Зап. С.-Петербур. минер. о-ва. 1875. Ч. 10.

вод Мирового океана, начиная с кембрия ¹³. Обнаружилось, что мощности древних соленосных отложений достигают нескольких километров, а площади их распространения в тысячу раз превышают современные заливы типа Кара-Богаз-Гол ¹⁴. Эволюция галогенеза свидетельствует, что огромные залежи калийных солей формировались на больших территориях в некомпенсированных осадконакоплением прогибах и садка солей происходила на значительной глубине, а не в мелководных заливах ¹⁵.

В сознании палеогеографов неуклонно утверждалась мысль о том, что современная эпоха не может быть эталоном абсолютного сравнения для большей части геологической истории. Работами геологов во второй половине столетия показано, что необратимость свойственна и неорганическому миру, составляющему единое целое с органическим. Только в конкретных проявлениях у животных и растений она наблюдается гораздо отчетливее по сравнению с неживой природой, где необратимость эволюции выражена процессами осадконакопления, тектогенеза и магматизма, в которых многое затушевывается явлениями периодичности.

В середине 70-х годов XX в. Б. С. Соколовым было подчеркнуто, что историческая последовательность геологических и биологических событий пронизывает все прошлое Земли и представление о необратимости геобиологических процессов — едва ли не самое фундаментальное в науке в развитии природы нашей планеты ¹⁶. Все бывшие биосферы Земли оставили в геологической летописи свой неповторимый след. Это теоретическое положение дополнилось другим важным представлением, заключающимся в признании прин-

¹³ Жарков М. А. Этапы грандиозного накопления эвапоритов и проблема изменения солености вод Мирового океана в фанерозое // Проблемы эволюции геологических процессов. Новосибирск, 1981. С. 110—121.

¹⁴ Гарецкий Р. Г., Яншин А. Л. Тектонический анализ мощностей // Методы изучения тектонических структур. М., 1960. Вып. 1. С. 115—333.

¹⁵ Яншин А. Л. О глубине солеродных бассейнов и некоторых вопросах формирования мощных соленосных толщ // Геология и геофизика 1961. № 1. С. 3—15; Он же. Перспективы и научные проблемы поисков калийного и фосфорного сырья в СССР // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1964. Т. 39, вып. 5. С. 3—30; Благовидов В. В. Неогеновые соленосные формации Средней и Центральной Азии. Новосибирск, 1978; Жарков М. А. История палеозойского соленакпления. Новосибирск, 1978; Мерзляков Г. А. Пермские соленосные бассейны Евразии. Новосибирск, 1979.

¹⁶ Соколов Б. С. Органический мир Земли на пути к фанерозойской дифференциации // Вестн. АН СССР. 1976. № 1. С. 126—143.

ципального единства всех типов геологических образований архея, протерозоя и фанерозоя. Благодаря работам советских литологов-докембристов к началу последней четверти XX в. был сформулирован историко-геологический принцип анализа природных явлений. Предложено¹⁷ рассматривать развитие земной коры на протяжении от архея до кайнозоя как необратимо усложняющийся единый непрерывно-прерывистый процесс. Палеогеографические реконструкции сложны тем, что они являются суммарным результатом комплексного непрерывного и практически неограниченного по времени взаимодействия многочисленных геологических факторов.

В настоящее время среди палеогеографов утвердилось фундаментальная идея о необратимом развитии органического мира и неживой природы. Этот неотъемлемый элемент историзма пронизывает палеогеографические реконструкции. Реальной опорой при расшифровке минувших событий геологического прошлого является сравнительно-исторический метод, используемый с учетом эволюционного учения, с идеей необратимого развития органического мира и с представлениями о постоянном преобразовании геологических процессов.

ПРИНЦИП ИСТОРИЗМА В СОВРЕМЕННЫХ ВЗГЛЯДАХ НА ОРОГЕНЕЗ

И. Г. МАЛАХОВА, канд. геол.-минер. наук

В настоящее время ни у кого не вызывает сомнения ведущее значение принципа историзма в геологии. Он определяет образ мышления и научный язык ученых¹, т. е. «присутствует и при выборе объекта исследования, и при типологизации объектов»². Однако «недостаточно сказать, что геологические явления должны изучаться в их развитии, в их взаимной связи и обусловленности, с учетом конкретных условий времени и места их совершения; необходимо

¹⁷ Сидоренко А. В. О едином историко-геологическом принципе изучения докембрия и постдокембрия // Докл. АН СССР. 1969. Т. 186. № 1. С. 166—169.

¹ Косыгин Ю. А., Соловьев В. А. Принципы историзма и тектоника // Геология и геофизика. 1974. № 5. С. 49.

² Мейен С. В. Специфика историзма и логика познания в геологии // Развитие учения о времени в геологии. Киев, 1982. С. 362.

© И. Г. Малахова, 1990

указать одновременно, как, какими геологическими методами все эти требования, вытекающие из общего принципа историзма, могут быть удовлетворены»³. Этой точки зрения придерживаются многие исследователи.

Определяя суть методологической дискуссии последних лет, С. В. Мейен показал, что мнения «теперь разделяются лишь в вопросе о месте историзма в геологических исследованиях. Одни исследователи склонны считать историзм интерпретативной надстройкой над эмпирическим, наблюдательным базисом геологии. Логика исследования протягивается при этом от установления статических и динамических систем к ретроспективным... Другие же указывают на необходимость обращения к тем или иным аспектам историзма на всех стадиях геологического исследования при изучении всех уровней геологической организации»⁴.

Для тектоники методология ретроспективных систем имеет особое значение, так как решение исторических задач геотектоники важнее, чем установление статических закономерностей⁵. Японский геолог М. Хосино отметил, в частности, что изучение механизма орогенных движений и разработка теории орогенеза являются одним из самых трудных вопросов в науках о Земле. «Однако без знания хода часов, на которые указывает земная кора в виде орогенных движений, невозможно прочитать ни истории Земли, ни эволюции жизни»⁶.

Под орогенезом мы понимаем собственно горообразование, что соответствует общепринятой в нашей стране трактовке. Вопросы терминологии и развития понятия об орогенезе могут быть темой самостоятельного исторического исследования. Не имея возможности подробно останавливаться на этой проблеме, подчеркнем, однако, что в зарубежной литературе под орогеническими движениями, или орогией, понимаются термотектонические события, включающие деформирующие горный рельеф. Такое различие в трактовке одного понятия обусловлено неодинаковым пониманием природы орогенеза.

История взглядов на орогенез нашла отражение в ряде работ советских и зарубежных авторов (К. В. Боголепов, Ю. Г. Леонов, А. Миясиро, А. А. Моссаковский, Ж. Обуэн,

³ Леонов Г. П. Историзм и актуализм в геологии // Вестн. МГУ. Сер. Геология. 1970. № 3. С. 4.

⁴ Мейен С. В. Специфика историзма и логика познания в геологии. С. 361.

⁵ Косыгин Ю. А., Соловьев В. А. Принцип историзма и тектоника.

⁶ Хосино М. Морская геология. М., 1986. С. 171.

И. А. Резанов, В. Е. Хаип, А. Шенгёр и др.), однако исторический анализ развития орогенических представлений отнюдь нельзя считать исчерпанным.

История геологии свидетельствует, что проблемы горообразования постоянно находилась в центре внимания геологов. Исторический подход к изучению орогенических процессов заключался в обосновании идеи разновозрастности горных сооружений, восстановлении хронологической последовательности процессов горообразования и создании первой геотектонической модели на базе гипотезы контракции, придавшей, по словам В. А. Обручева, горам «значение геологических документов в истории Земли»⁷.

Разработка исторического подхода в тектонике была связана с именами Э. Зюсса, М. Бертрана, Э. Ога и других исследователей и основывалась на установлении пространственно-временных соотношений между тектоническими явлениями, позволявшими выявить общие закономерности орогенического процесса. Результатом этих исследований стала формулировка принципов тектонического районирования и создание первых тектонических схем крупных территорий. По мнению В. Е. Хаина, «начиная с труда Э. Ога, расчленение геологической истории на циклы стало такой же основой анализа временной последовательности геологических явлений, как произведенное им же в масштабе всей земной поверхности разделение земной коры на геосинклинали и платформы — основой анализа их пространственного распределения»⁸.

Теория орогенических циклов, явившаяся одним из крупнейших достижений в геотектонике, основывалась на допущении генетической связи между геосинклиналями и орогенными областями. Это обобщение имело большую объяснительную силу. Ж. Обуэн обратил внимание также на другую — предсказательную — функцию, подчеркнув историчность понятия «геосинклиналь», фиксирующего события не только в определенный момент, но восстанавливающего также прошлую последовательность и будущее развитие»⁹.

Таким образом, в классической теории орогенических циклов историзм выразился в интерпретативном обобщении эмпирических данных. «Инструментом» исторических рекон-

⁷ Обручев В. А. Образование гор и рудных месторождений. М.; Л., 1942. С. 49.

⁸ Хаин В. Е. Цикличность и тектоника // Основные теоретические вопросы цикличности седиментогенеза. М., 1977. С. 213.

⁹ Обуэн Ж. Геосинклинали: Проблемы происхождения и развития. М., 1967. С. 7.

струкций стала корреляция тектонических событий, проводившаяся на эмпирическом уровне ¹⁰.

В исследованиях последних лет, связанных с попытками ревизии основных положений геосинклинальной теории, недостаточно оценено методологическое значение учения о геосинклиналиях. «Геологи явно рассматривают формулировку этого обобщения не как окончательную, а как начальную и пытаются свести ее к общим геологическим обобщениям или физическим и химическим законам»¹¹. В. Е. Хаип также подчеркнул, что учение о геосинклиналиях «является чисто эмпирическим обобщением, сводящим воедино наблюдаемые в природе закономерности развития определенного типа подвижных зон земной коры...»¹²

На методологические недостатки теории орогенических циклов указывал Н. П. Херасков, который считал, что циклические представления об истории Земли отражают раннюю стадию развития науки, когда закономерности охватывают лишь ограниченный круг фактов»¹³. При этом он четко представлял дальнейший путь исторических реконструкций в тектонике, связанный с установлением направленности процесса тектогенеза: «Для полного синтеза требуется органическое соединение идей об исторических типах крупных тектонических структур и идей о преобразовывающемся во времени общем структурном плане земной коры»¹⁴. Б. Л. Личков также видел задачу геотектоники в том, чтобы «решать проблемы горообразования на фоне обязательно всего плана Земли в целом и с учетом как этого обобщающего плана, так и его изменений»¹⁵.

Во второй половине XX в. усилился интерес к изучению тектонических структур в рамках концепции необратимости процесса тектогенеза, и представления об орогенезе претерпели значительные изменения. Однако до сих пор не существует единой орогенической теории, удовлетворительно объясняющей наблюдаемые и запечатленные в разрезе земной

¹⁰ Малахова И. Г. Развитие представлений о тектонической корреляции: Автореф... канд. геол.-минер. наук. М., 1985.

¹¹ Kitts D. B. Historical explanation in geology // J. Geol. 1963. V. 71. P. 311.

¹² Хаип В. Е. Учение о геосинклиналиях и тектоника плит // Геотектоника. 1986. № 5. С. 3.

¹³ Херасков Н. П. Некоторые общие закономерности в строении развития структуры земной коры. М., 1963. С. 12.

¹⁴ Там же. С. 106.

¹⁵ Личков Б. Л. К основам современной теории Земли. Л., 1965. С. 49.

коры геологические факты. «Одни ученые отождествляют орогенез с движениями земной коры в определенных тектонических зонах, другие — со складчатостью, третьи — с поднятиями различных участков земной коры независимо от их строения; орогенез рассматривается как один из этапов геосинклинального развития или отождествляется с геосинклинальным процессом в целом»¹⁶. Иными словами, вопросы о том, существует ли связь между другими тектоническими процессами и орогенезом, а также уникально это явление или повторяется периодически, остаются дискуссионными.

Наиболее активно принцип историзма стал «работать» начиная с 60-х годов благодаря повышению теоретической роли корреляционных исследований. В результате в геотектонике получила развитие глобальная концепция тектогенеза. Так, еще в 1964 г. В. Е. Хаин на основании глубокого анализа таких категорий, как цикличность, направленность, необратимость, неравномерность тектонического процесса, пришел к выводу о существовании глобальных фаз и эпох повышенной тектонической активности, связанных с качественной перестройкой земной коры. Причем сдвиг во времени отдельных фаз и эпох, связанный с региональными особенностями развития крупных структур, не затушевывает общую картину выявленных планетарных закономерностей¹⁷.

В рамках международной программы геологической корреляции, созданной под эгидой Международного союза геологических наук и ЮНЕСКО в 1972 г., на основании изучения взаимосвязанных процессов орогенеза и других форм проявления тектономагматической активности удалось выделить орогенные периоды — глобальные этапы повышенной тектонической активности, наиболее яркой составляющей которых является горообразование¹⁸.

Для исторических реконструкций наиболее перспективными являются крупные структурные элементы и общепланетарные явления. «Существование глобальных орогенических событий... свидетельствует о наличии, как мини-

¹⁶ Боголепов К. В. О понятиях «орогенная структура» и «орогенез» // Проблемы общей и региональной геологии. Новосибирск, 1971. С. 61.

¹⁷ Хаин В. Е. Направленность, цикличность и неравномерность развития земной коры // Строение и развитие земной коры. М., 1964. С. 13—18.

¹⁸ Леонов Ю. Г. Орогенные периоды и эпохи тектогенеза как формы проявления глобальной тектонической активности // Геотектоника. Геология альпид «тетисного» происхождения. М., 1980. С. 149—158.

мум, в отдельные интервалы времени, глобальных процессов в Земле, по отношению к которым вся Земля ведет себя как единое целое. Этот вывод подтверждает правильность поисков общих закономерностей тектогенеза в рамках глобальных концепций тектогенеза, учитывающих взаимосвязь тектонических движений и магматизма в масштабе земного шара»¹⁹.

Наибольшую остроту дискуссия по проблеме орогенеза приобрела в свете идей новой глобальной тектоники. Сторонники крайних мобилистских взглядов (А. Миясиро, Л. Н. Зоненшайн и др.) заметили слабое место в классических понятиях — отсутствие четкого генетического определения геосинклиналей и выступили за отказ от этого устаревшего, по их мнению, понятия. Согласно представлениям этих ученых, орогенез определяется не длительным ходом исторического развития региона, а контролируется во времени и в пространстве процессами, происходящими в зоне субдукции, — поглощением плиты, столкновением у континентов, утолщением коры, изостатическим поднятием. В результате следует вывод, что «орогенический пояс представляет собой тектоническую мозаику, формирующуюся путем аккреции (объединения) значительного числа совершенно различных масс, образовавшихся в разное время и в разных районах мира»²⁰, а потому «нельзя предложить единой схемы эволюции складчатых поясов»²¹. Таким образом, мобилисты также высказались в пользу идеи независимости орогенеза от геосинклинального режима.

Однако равенчанье классической геосинклинально-орогенической теории не означало отказа от возможности установления исторической последовательности событий в процессе взаимодействия континентальных и океанических участков земной коры. Так возникло обобщение, известное в теории тектоники плит как «цикл Уилсона» (1968 г.), характеризующее историю развития океанических бассейнов.

Таким образом, история развития представлений об орогенезе подтверждает мысль В. Е. Хаина, что альтернатива — геосинклинальная теория или тектоника плит — неправомерна в методологическом отношении. Противопоставление

¹⁹ Леонов Ю. Г. Корреляция и характерные особенности орогенных периодов и эпох тектогенеза (на примере среднего палеозоя и позднего кайнозоя): Автореф. ... докт. геол.-минер. наук. М., 1979. С. 44.

²⁰ Миясиро А., Аки К., Шенгёр А. Дж. Орогенез. М., 1985. С. 95.

²¹ Зоненшайн Л. Н. Движение литосферных плит и формирование складчатых поясов // Динамика и эволюция литосферы. М., 1986. С. 31.

учения о геосинклиналях, являющегося эмпирическим обобщением, и теории литосферных плит невозможно, так как эти понятия принадлежат к разным геосеологическим категориям²².

Гораздо перспективнее представляется идея разумного сочетания мобилистического подхода с классическими воззрениями. При расширении и углублении таких понятий, как геосинклиналь или орогенез, необходимо учитывать главное положительное влияние мобилизма: «Независимо от того, как относиться к концепции новой глобальной тектоники... сама методология глобального подхода к анализу тектонических явлений внесла мощную живую струю в развитие тектоники, поскольку геологические закономерности по своей сущности глобальны»²³. Именно в процессе сочетания различных концепций решающая роль принадлежала историческим реконструкциям, в частности использованию актуалистического метода, который является структурно-информативной основой исторического исследования²⁴.

Развитие метода актуализма позволило выделить составляющую необратимости в тектоническом процессе. В 1969 г. Пейве был сделан важный вывод об эволюции океанической коры, что, в свою очередь, заставило «пересмотреть некоторые фундаментальные положения учения о геосинклиналях и прежде всего — главный вопрос о геологической сущности геосинклинального (эвгеосинклинального) развития и о его роли в процессе формирования оболочек земной коры»²⁵. В результате сформировалось представление о геосинклинальном процессе как переходной стадии в истории преобразования океанической коры в континентальную.

Такая постановка проблемы потребовала разработки нового подхода в интерпретации орогенических событий, так как «большая часть областей горообразования, притом наиболее мощные из них, прямо или косвенно связана с геосинклинальным процессом, с явлениями, происходящими в зонах конвергенции литосферных плит»²⁶.

²² Хаин В. Е. Учение о геосинклиналях и тектоника плит.

²³ Паталаха Е. И. Проблемы глобальной тектоники // Изв. АН КазССР. Сер. геол. 1982. № 1. С. 33.

²⁴ Оноприенко В. И. Природа геологического исследования. Киев. 1981.

²⁵ Моссаковский А. А. Орогенные структуры и вулканизм палеозойд Евразии и их место в процессе формирования континентальной земной коры. М., 1975. С. 6.

²⁶ Хаин В. Е. Орогенез и тектоника плит // Тектоника. Геология альбид «тетисного» происхождения. М., 1980. С. 10.

Новый подход к пониманию геосинклиналичного процесса имеет большое значение для определения места орогенеза в тектонической эволюции Земли, так как выявление общих закономерностей становления и окончательного формирования континентальной коры позволило сделать важный георетический вывод о том, что «орогенный этап развития складчатых зон и областей является завершающим в этом (геосинклиналичном. — И. М.) процессе, ведущим к формированию и становлению земной коры континентов и, следовательно, не может отрываться от него»²⁷.

Связь орогенеза с геосинклиналичным развитием «узаконивается» в морфогенетическом определении геосинклиналичей: «Зоны дивергенции, затем конвергенции литосферных плит — континентальных (межконтинентальные геосинклинали) или континентальной и океанской (окаинно-континентальные геосинклинали) с коллизией первых и субдукцией последних, приводящих к существенному утолщению континентальной коры благодаря мощному осадконакопленению, вулканизму, деформационному скручиванию, региональному метаморфизму и гранитизации в зонах Заварицкого—Беньюфа, с образованием складчатых горных сооружений»²⁸.

Изучение хронологической последовательности формирования горных областей показало регулярность этого процесса в сравнении с хаотичным перемещением литосферных плит. И тем не менее, по-видимому, должна существовать связь между вертикальными и горизонтальными движениями земной коры, в частности значительным опусканием океанического дна, растяжением дна океанов и орогенезом на континентах²⁹.

Таким образом, в развитии современной теории орогенеза, впитывающей в себя как классические, так и новейшие воззрения, важную роль играет разработка принципа историзма. Причем усматривается переход исторического исследования на более высокий теоретический уровень. Если теория орогенеза согласуется с основными положениями тектоники плит, т. е. подтверждается сравнительными данными геологических и геофизических исследований, то может быть создана историческая модель, реализующая стра-

²⁷ Моссаковский А. А. Природа геологического исследования. С. 25.

²⁸ Хаян В. Е. Учения о геосинклиналичах и тектоника плит. С. 11.

²⁹ Пуцаровский Ю. М. Актуальные проблемы современной геотектоники // Геотектоника. 1986. № 1. С. 5—16.

тегию проверки гипотез³⁰. Такой подход служит также примером исторических реконструкций по методу «множественности рабочих гипотез», предложенному американским геологом Т. Чемберлином (1931 г.). С. В. Мейен недавно обратил внимание на актуальность высказываний этого исследователя для развития исторического направления в современной геологии: «Наименее развитый способ мышления — все подгонять под раз и навсегда принятую (ведущую) теорию. С приобретением опыта появляется сознание риска подобной операции и место ведущей теории занимает рабочая гипотеза. Но уже сама необходимость выдвижения гипотезы, возможность нескольких таких гипотез и невозможность окончательно доказать одну из них приводят к третьему методу. Исследователь развивает параллельно несколько рабочих гипотез и старается относиться к каждой из них беспристрастно, объединяя в «рабочую семью»³¹. Подобный путь характеризует, как и сто лет назад, ту стадию развития науки, которую Т. Кун назвал «нормальной».

*
* *
*

Итак, исторический подход к проблеме орогенеза был свойствен всей истории развития этого основного понятия в геотектонике.

Наиболее значительным вкладом в теоретическую геотектонику конца XIX — первой половины XX в. стала формулировка геосинклиально-орогенической теории, удовлетворявшей требованиям исторической модели (с объяснительной, ретросказательной и предсказательной функциями) на том этапе развития науки. Теория орогенических циклов была создана в результате использования на эмпирическом уровне методов пространственно-временной корреляции, позволившей выявить причинно-следственные связи между тектоническими событиями, т. е. создать генетическую концепцию.

Развитие принципа историзма в современных взглядах на орогенез позволило расширить само понятие об орогенезе, а также установить общепланетарные закономерности этого процесса. Инструментами исторических реконструкций яв-

³⁰ Груза В. В., Романовский С. И. Принцип актуализма и логика познания геологического прошлого // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1974. № 2. С. 125—134.

³¹ Мейен С. В. Специфика историзма и тектоника. С. 374.

ляются такие теоретические методы геотектоники, как корреляция и актуализм.

Несовпадение современных взглядов на природу орогенеза является закономерным итогом различных подходов к историческим реконструкциям. Замыкание в рамках одной гипотезы (пусть и ведущей), а также чрезмерное увлечение структурным анализом без учета хронологических закономерностей снижают теоретическое значение исторических реконструкций.

Наиболее перспективной представляется такая историческая модель орогенеза, в которой будут использованы ценные классические представления о природе орогенеза, дополненные новейшими геологическими данными.

КВАНТОВЫЕ ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ ЗЕМЛИ — НОВАЯ ПАРАДИГМА ГЕОЛОГИИ

А. Н. ПАВЛОВ, д-р геол.-минер. наук

Не углубляясь далеко в историю, можно сказать, что в своем развитии геология пережила две парадигмы — катастрофизм Ж. Кювье и эволюционизм Ч. Лайеля. На эту тему написано огромное количество работ, и здесь трудно сказать что-то такое, о чем в них хотя бы не упоминалось. Однако одно обстоятельство все же следует подчеркнуть: каждая парадигма абсолютизировала саму себя, относясь к противоположной точке зрения, как к ереси. Разумеется, речь идет о людях, выражающих близкий им круг идей и представлений. Однако спираль развития неумолима, рано или поздно она возвращает нас к отвергнутым когда-то взглядам, поднимая их на новый уровень, соответствующий новому этапу развития науки в целом и в первую очередь фундаментальных ее направлений — физики, химии, математики.

Мы снова возвращаемся к Ж. Кювье, но очевидно, что этап эволюционизма, из которого мы еще полностью не вышли, уже не может быть игнорирован: Кювье теперь невозможен без Лайеля. Больше того, начинать «реставрацию» следует не от них, а от физики, от тех проблем, которые она решила, а геология к ним только подошла. Мы имеем в виду проблемы изменчивости и устойчивости, непрерывного и дискретного.

© А. Н. Павлов, 1990

Пожалуй, эти проблемы наиболее рельефно проявились в представлении о развитии двух геосфер, генетически тесно связанных: водной — гидросферы и осадочной — стратисферы. Противоречия здесь оформились в виде двух взаимоисключающих концепций. Одна утверждает постоянство массы воды и осадочных пород на протяжении той части геологической истории Земли, когда эти массы однажды появились. Они участвуют в круговороте веществ, но заметная прибавка или потеря, нарушающие баланс такого круговорота, представителями этой точки зрения отрицается или о возможности таковых просто умалчивается. Очевидно, что данная позиция, какие бы оговорки при этом ни делались, проповедует дискретность процесса возникновения гидросферы и стратисферы и замкнутость происходящих в них процессов, т. е. устойчивость и изолированность этих геосфер по массе. Вторая концепция, наоборот, утверждает, что массы воды и осадочных отложений на протяжении геологической истории Земли (естественно, в доступных для наших наблюдений рамках) увеличиваются непрерывно и, больше того, по линейному закону. Нетрудно понять, что здесь речь идет о непрерывной изменчивости.

Обе концепции опираются на один и тот же материал наблюдений, но в качестве проверки их истинности используется лишь логический аппарат, что не может служить надежным критерием для доказательства. Всякая модель получает доверие лишь тогда, когда она позволяет воспроизвести наблюдаемый факт или дает оправдываемый наблюдениями прогноз. Для гидросферы такую процедуру, наверное, выполнить невозможно в силу сложности датировок различных ее структурных элементов. Для стратисферы эта процедура выполнима. Такая работа была сделана Р. Гаррелсом и Ф. Маккензи¹ для осадочных толщ фанерозоя в масштабе международной стратиграфической шкалы, т. е. на уровне такого расчленения, которое в современной геологии не вызывает разночтений. Были построены математическая модель линейного накопления массы осадочных пород и модель перераспределения постоянной массы, однажды появившейся на ранней стадии развития Земли. Проверка моделей состояла в том, чтобы с их помощью получить распределение масс осадочных пород во времени (по системам фанерозоя), близкое к наблюдаемому. Оказалось, что обе модели дают приемлемый результат только при задании определенного темпа круговорота, а именно при отношении массы отложен-

¹ Гаррелс Р., Маккензи Ф. Эволюция осадочных пород. М., 1974.

ного материала к массе разрушаемых пород, находящейся в движении, как 5:1. Именно при таком условии построенные гистограммы распределения масс по системам фанерозоя хорошо совпадают с натурными измерениями и по двум разным моделям дают практически неразличимые результаты. Таким образом, Р. Гаррелс и Ф. Маккензи, по существу, констатировали парадоксальную ситуацию: тождественность двух концепций, исключаяющих друг друга по своим постулатам. В методологической постановке это равносильно утверждениям изменчивость \equiv устойчивости, непрерывность \equiv дискретности.

Эту существующую в природе несовместимость физика объяснила с помощью квантовых представлений. При квантовом подходе линейная модель накопления массы осадочных толщ (m) из детерминированной становится дискретной, а разрывы линейной функции

$$\sum_{i=\infty}^Q m_i(t), \quad (1)$$

приводимой Р. Гаррелсом и Ф. Маккензи, могут быть связаны с квантовым законом изменения энергосодержания осадочных толщ. Эти разрывы в фанерозое достаточно уверенно связываются с серединами геократических эпох: Q , K/J , P/C , D/S , ∞/PR , со средним временным интервалом между ними $\Delta t = 1,38 \cdot 10^6$ лет, составляющим половину времени оборота нашей Галактики.

Переход от масс осадочных пород к их энергосодержанию E позволяет линейную функцию (1) заменить эквивалентным выражением

$$\sum_{i=\infty}^Q E_i(t) \quad (2)$$

и геократические перерывы в накоплении масс (m) заменить перерывами в получении Землей порций энергий (ΔE). Эта работа была выполнена А. Н. Павловым³, который показал, что на протяжении фанерозоя Земля получила извне 4 кванта энергии, величина которых от начала фанерозоя до геократического периода K/J увеличивалась от $4,4 \cdot 10^{28}$ до

² Павлов А. Н. О возможных генетических размерностях в геологии // ВИНТИ. № 5216—84 (Р. Ж. Геология. 08А. Общая геология. 11А42 деп.).

³ Павлов А. Н. О принципе неопределенности в геологии // Докл. АН СССР. 1985. Т. 281, № 6. С. 1414—1416.

$4,5 \cdot 10^{28}$ Дж (при постоянстве масштаба временной шкалы t , ΔE — разница асимптот функции $t = tq E$).

Получение каждого кванта переводит Землю на новый энергетический уровень, устанавливающий предельные возможности структурных геологических перестроек планеты. Эта порция космогонической энергии должна вызывать активную реконструкцию геофизических полей, приводить к перераспределению вещества как внутри геосфер, так и между ними, обеспечивать те процессы, которые творят геологическую историю Земли. Энергия через процессы материализуется в различные параметрические структуры (геохимические, минералогические, тектонические, формационные и т. п.). Эти структуры гарантируют геологическую устойчивость Земли, как бы фиксируют ее квантовый энергозапас.

Каждый новый квант энергии Земля получает раньше, чем исчерпан предшествующий⁴.

На протяжении фанерозоя величина получаемых квантов возрастает, причем это возрастание уменьшается в направлении к современному периоду ($\delta \Delta E \cdot 10^{28}$ Дж = 0,04; 0,035; 0,025). Последнее обстоятельство говорит о том, что шкала энергосодержаний «плывет», на протяжении фанерозоя постоянно меняется ее масштаб. Это означает, что при постоянстве масштаба временной шкалы (условии, принятом нами при оценках величин ΔE) мы, в принципе, не можем точно (даже на качественном уровне) оценить энергетическую структуру осадочного чехла (пока будем говорить только о нем), а возможно, и земной коры и даже более глубоких зон.

При решении обратной задачи ($\Delta E = \text{const}$, оценивается шкала t) легко убедиться, что начинает «плыть» масштаб времени. Здесь могут быть получены два результата (табл. 1 и 2).

Обе таблицы приводят к одному и тому же выводу: ход времени в геологической истории Земли возрастает. Однако табл. 1 показывает затухание такого ускорения, а табл. 2 — его возрастание. Сегодня этот вопрос, наверное, следует оставить без ответа. Однако полезно заметить, что уменьшение на протяжении фанерозоя величины $\delta \Delta t$ при космогоническом происхождении квантов ΔE приводит к принятию

⁴ Павлов А. Н. Неопределенность геохронологической шкалы и возможности изучения неопределенности на опорных разрезах // Геохимические методы для решения задач практической геологии. Л., 1986. С. 47—54.

Таблица 1

Характеристика масштаба временной шкалы фанерозоя (нижние асимптоты оставались на месте, а верхняя поднималась до создания $\Delta E = 4,6 \cdot 10^{28}$ Дж по интервалу $Q - K/J$ *)

	Даты		
	$t \cdot 10^8$, лет	$\delta \Delta t \cdot 10^8$, лет	$t \cdot 10^8$, лет
K/J	138	?	?
P/C	275	~ 1	276
D/S	412	~ 3	415
\in / PR	550	~ 5	555

* См.: Павлов А. Н. Неопределенность геохронологической шкалы и возможности изучения неопределенности на опорных разрезах. С. 47—54.

Таблица 2

Характеристика масштаба временной шкалы фанерозоя (опускаются верхние асимптоты до создания $\Delta E = 4,4 \cdot 10^{28}$ Дж по интервалу $S - \in$)

	Даты		
	$t \cdot 10^8$, лет	$\delta \Delta t \cdot 10^8$, лет/ на $1,38 \cdot 10^8$, лет, %	$t' \cdot 10^8$, лет*
K/J	138	5/4	133
P/C	275	4/1,5	266
D/S	412	2/0,5	401
\in / PR	550	—	—

* t' — скорректированная дата.

асимптотического характера изменения Вселенной, скажем, ее расширения до некоторого предельного значения межгалактических расстояний или межгалактического вакуума (нами получена величина предельной плотности $\rho_r \approx 4 \cdot 10^{-53}$ г/см³)⁶. Принятие результатов табл. 2 заставляет разделять концепцию потенциальной бесконечности Вселенной и снять ограничения по межгалактическим расстояниям и по плотности.

Квантовые принципы геологического развития Земли приводят нас к пониманию геологической неопределенности —

⁶ См.: Павлов А. Н. О возможных генетических размерностях в геологии.

аналога неопределенности Гейзенберга, что может служить еще одним (очень веским) доказательством правильности развиваемых представлений. Там, где при объяснении природных явлений мы прибегаем к идеям квантовой механики, там, вероятно, обязательно должен в том или ином виде появляться принцип Гейзенберга ⁶.

Принцип геологической неопределенности, по существу, утверждает неделимость геологического пространства (евклидова пространства, занятого горными породами) и геологического времени, существование единого геологического пространства-времени как единой физической субстанции. Суть этого принципа состоит в том, что шкала энергосодержаний пород, с помощью которой характеризуется пространство, и шкала времени связаны между собой таким образом, что устойчивость масштаба одной из шкал определяет изменчивость масштаба другой. Это свойство геологического пространства-времени приводит к тому, что мы, в принципе, не можем сказать, сжимается ли пространство, и это сжатие мы воспринимаем как ускорение процессов, с помощью которых измеряется время или ускоряются сами процессы, компенсируя расширение пространства.

В последнее время некоторую физическую ясность в понятие геологической неопределенности как будто бы вносят работы С. М. Базарова ⁷. Для известного выражения функции состояния частицы (волновой функции) он находит второй виртуальный член, который отражает внутреннее свойство пространства, содержащего частицу, — свойство производить и тут же потреблять время, то, что Де-Бройль назвал согласованностью фаз ⁸. Анализ нового вида волновой фракции привел С. М. Базарова к раскрытию квантовых свойств вакуума. Изменение уровней его состояния должно сопровождаться выделением или поглощением кванта энергии, управляющей ходом времени. Переход вакуума с одного уровня на другой, вероятно, тождествен изменению пространства, что, как следствие, приводит к изменению скорости процессов, являющихся природным «инструментом» отсчета

⁶ Павлов А. Н. О принципе неопределенности в геологии.

⁷ Базаров С. М. Квантовая гравитация и сверхсуперсимметрия как основа суперквантовой механики. М., 1984. (ВИНИТИ № 7528-Деп.); Он же. Великая теория Ферма, Великое объединение, де-бройловное представление уравнения Гильберта — Эйнштейна, склейка изотропного пространства-времени евклидовой метрики в суперквантовой механике. М., 1986. (ВИНИТИ; № 2182-В).

⁸ Де-Бройль Л. Соотношения неопределенностей Гейзенберга и вероятностная интерпретация волновой механики. М., 1986.

времени (естественными часами). Таким образом, изменение состояния вакуума является тем феноменом, который определяет ход всех мировых часов.

Самым замечательным в этих построениях является то обстоятельство, что они поддаются экспериментальной проверке. Суть ее основана на следующих известных достижениях астрономии — выводе о нестационарности Вселенной (А. А. Фридман, 1922—1924 гг.), установлении красного смещения спектра галактик, выводе о их разбегании и изотропности Вселенной (Э. Хаббл, 1929 г.), теории Большого взрыва (Г. Гамов, 40-е годы), открытии реликтового излучения Вселенной (У. Вильсон, А. Пензиас, 1965 г.), подтверждающем ее изотропию и хорошо укладывающемся в теорию Большого взрыва. Таким образом, наиболее разработанная на сегодня космогоническая Концепция говорит о том, что на протяжении последних $17 \cdot 10^9$ лет Вселенная расширяется, а, значит, межгалактический вакуум ее растет, достигнув на сегодня $10^{-31}—10^{-32}$ г/см³.

Рост вакуума в межгалактическом пространстве Вселенной в соответствии с приведенными построениями должен приводить к изменению уровней его состояния с выделением определенных квантов энергии. Каждый акт квантования ускоряет ход мировых процессов, воспринимаемый нами как ускорение хода всех часов или как уменьшение масштаба временной шкалы.

Если же мы принимаем скорость процессов и соответственно ход времени неизменными (в геологии это отражено в идее актуализма), то вынуждены утверждать неустойчивость шкалы энергосодержаний. Таким образом, принцип неопределенности в геологии возникает, вообще говоря, на незнании физической сущности времени. Раскрытие этой сущности позволяет уверенно говорить о том, что шкала энергосодержаний пород имеет постоянный масштаб, определяемый процессом квантования вакуума Вселенной, а ход времени ускоряется. Однако геологическая неопределенность все равно сохраняется и не только потому, что неизвестным остается начало изменения хода времени, т. е. того момента, когда «пустота» Вселенной из невакуума стала вакуумом, но и потому, что величина кванта ΔE продолжает быть известной лишь приблизительно (нам не дано измерить ее непосредственно и независимо от времени).

Принятие квантовой парадигмы в геологии позволяет по-новому взглянуть на многочисленные разрозненные теоретические разработки, существующие в современной геологии, и построить из них логическую цепочку, объединяе-

мую идей квантового механизма, управляющего в геологии состоянием устойчивости и изменчивости: система устойчива при ΔE_i , получение новой порции энергии ΔE_{i+1} старую устойчивость разрушает и создает устойчивость новую и т. д.

Геологические концепции всегда опирались на космогонические представления. В свете квантовой парадигмы наиболее достоверной выглядит модель неоднородной аккреции⁹, по которой ядро, мантия, верхний 20 %-ный по массе слой и легкие оболочки возникали независимо и за очень короткие интервалы времени (10^5 — 10^7 лет), между которыми были длительные перерывы. Дифференциация вещества Земли — это уже наложенный процесс. Неомобилистские схемы геотектоники отражают геократические эпохи получения Землей энергетических квантов (ΔE), фиксистские схемы — этапы эволюции между эпохами квантования вакуума Вселенной. Иными словами, конкурирующие сегодня в геологии геотектонические взгляды в свете новой парадигмы не исключают друг друга, а дополняют. Если допустить, что «освоение» Землей квантов ΔE происходит тоже по квантовому принципу, но по другой иерархической лестнице масштабов явлений и структур, то цепочку существующих и достаточно хорошо разработанных геологических теорий и схем, отражающих предлагаемую квантовую парадигму, можно было бы легко продолжить.

Итак, катастрофы определяют этапы развития мира, но это не катастрофы Кювье, а акты квантования вакуума Вселенной, и они несут в себе не только разрушающую, но и созидательную силу. Именно они энергетически обеспечивают эволюцию на каждом этапе между актами квантования. Таким образом, геологическая история Земли состоит из чередования энергетических катастроф, обусловленных космогоническими причинами, и достаточно длительных эволюционных этапов, энергетически обеспеченных предшествующими катастрофами.

⁹ Кларк С. П., Турекьян К. К., Гроссман Л. Модель ранней истории Земли // Природа твердой Земли. М., 1975. С. 9—23.

ИНФОРМАЦИОННО-ЭНТРОПИЙНЫЙ КРИТЕРИЙ РАЗВИТИЯ В ГЕОЛОГИИ

В. Ф. ЛУЗИН, канд. геол.-минер. наук

Тема развития в геологии является центральной практически во всех ее разделах: общей геологии, палеонтологии, исторической геологии, геотектоники, учении о полезных ископаемых, минералогии, петрографии, литологии, нефтяной геологии и др. Это заложено в историзме геологии, в методологии составляющих ее дисциплин и реализуется, в частности, при использовании генетического метода. Кроме этого, само определение категории «развитие» содержит временные свойства — направленность и необратимость.

Под развитием, как известно, понимается необратимое, направленное, закономерное изменение материальных и идеальных объектов. При этом все три указанные свойства должны присутствовать одновременно, и именно это отличает процесс развития от других изменений¹. Свойства необратимости также связывают развитие со временем и дают возможность применения в качестве количественного критерия развития информационно-энтропийных оценок. Для доказательства этого положения рассмотрим философский, биологический, математический, физический и геологический аспекты.

Одним из наиболее распространенных определений информации, впервые предложенным и обоснованным философами-марксистами, является определение информации на основе категории отражения, как свойства всей материи². В. И. Ленин в работе «Материализм и эмпириокритицизм» следующим образом высказал мысль об отражении в неживой природе: «Материализм в полном согласии с естествознанием берет за первичное данное материю, считая вторичным сознание, мышление, ощущение, ибо в ясно выраженной форме ощущение связано с высшими формами материи (органическая) и в «Фундаменте самого здания материи можно лишь предполагать существование способности, сходной с ощущением»³. И еще более определенно: «... логично

¹ БСЭ. 3-е изд. М., 1970. Т. 21. С. 409.

² Философский энциклопедический словарь. 1983. С. 217.

³ Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм // Полн. собр. соч. Т. 18. С. 181.

предположить, что вся материя обладает свойством, по существу родственным с ощущением, свойством отражения»⁴.

Связь информации с основными философскими категориями — отражением, развитием, причинностью, разнообразием, случайностью и необходимостью, ее отношение к основному вопросу философии в современной литературе освещены подробно⁵.

Через такие свойства, как изменение, движение, различие, становление, разнообразие информации связано с категорией направленности (пространственно-временной аспект), а значит, и с развитием. Существенной характеристикой процессов развития является время. Всякое развитие осуществляется во времени. Посредством времени можно выделить направленность развития. Философ Я. Ф. Аскин, рассматривая связь времени с процессами становления движения, развития, последовательности, изменения, многообразия, делает вывод о возможности использования энтропии как показателя направленности времени⁶.

Понятие энтропии, как известно, впервые введено в термодинамике для определения меры необратимого рассеяния энергии. В статистической физике энтропия понимается как мера вероятности осуществления какого-либо микроскопического состояния. В теории информации информационная энтропия является мерой неопределенности опыта, имеющего разные исходы. Между этими трактовками энтропии существует глубокая физическая связь, вытекающая из второго закона термодинамики. Энтропия всегда положительна и является показателем необратимости процесса, особенно в замкнутых системах.

Таким образом, философская трактовка информационно-энтропийных оценок связывает их с такими категориями, как причина и следствие, отражаемое и отраженное, выражающими направленность процесса и его термодинамическую необратимость. Обе эти характеристики входят в дефиницию развития.

Увеличение энтропии математически выражается квадратичной формой от изменения термодинамических параметров. С изменением энтропии связаны такие понятия, как организованное состояние, упорядоченность, однообразие, характеризующиеся низкой энтропией, и неорганизованное

⁴ Там же. С. 91.

⁵ Урсул А. Д. Природа информации. М., 1966. С. 287.

⁶ Аскин Я. Ф. Проблема времени: Ее философское истолкование. М., 1966. С. 199.

состояние, неупорядоченность, неоднородность, неопределенность, разнообразие — высокоэнтропийные состояния ⁷.

В математической теории информации хорошо разработан метод количественного определения неопределенности состояния объекта или процесса, рассмотрены преимущества и свойства информации и энтропии ⁸.

В плане разбираемой проблемы важно отметить следующие: если события независимы, то энтропия их суммы равна сумме энтропий; энтропия объекта *B* не возрастает от знания о состоянии объекта *A*; она уменьшается, если события *A* и *B* не являются независимыми; если к множеству состояний прибавить одно невозможное состояние, то неопределенность не изменится.

Свойства информации вытекают из свойств вероятностей и энтропии: количество информации неотрицательно; количество информации в объекте *X* о самом себе равно его энтропии; количество информации в одном объекте относительно другого не больше энтропии любого из этих объектов; обратимое преобразование случайно величины не изменяет количество информации в ней относительно другой величины; никакое преобразование случайной величины не может увеличить содержание в ней информации относительно другой, связанной с ней величины; при независимости двух случайных величин или событий информация их суммы равна сумме информации; количество информации соответствует изменению энтропии.

В геологии используются оценки, близкие по своей физической сущности информационно-энтропийной мере — это, с одной стороны, а с другой — начиная с работ американского геолога К. Пелто (1952 г.), энтропия и информация широко применяются в геологических исследованиях. Остановимся на этом подробнее.

При изучении рудообразования для расчета энергозатрат используется зависимость $E = -\sum_{i=1} k_i \cdot \ln k_i$, где *E* — энергия рудообразования, *k* — степень изменения содержания *i*-го элемента в носителе относительно источника, близкая по структуре и физико-математическому содержанию функции энтропии *H*. Более того, А. И. Перельманом выведена зависимость энергии *E*, времени *T* и интенсивности *R* рудообра-

⁷ Хайлов К. М. Биологическая организация и информация // Общая биология. 1966. Т. 27, № 4. С. 436—497.

⁸ Яглом А. М., Яглом И. М. Вероятность и информация. М., 1973. С. 511.

зования $E = k_k \cdot RT$, где k_k — кларк концентрации элемента в руде.

Вслед за К. Пелто энтропия была использована Миллером и Каном при фациальных исследованиях осадочных пород. В 60—70-е годы появилось много работ, в которых при решении конкретных геологических задач применялись элементы теории информации. Прежде всего это работы Н. Г. Заикина (1963), А. Б. Вистелиуса (1964), М. Л. Антокольского и Л. Б. Дворкина (1965), А. Ф. Вольфсона (1965), Э. Э. Фотиади (1966), А. А. Трофимука (1968), С. И. Романовского (1986), В. Д. Карбышева (1968), М. М. Чагина (1969), Г. В. Рудакова (1970), Г. А. Булкина (1972), Л. Ф. Дементьева (1974), Н. П. Юшкина (1977). Список можно продолжить, но дело не только в количестве работ; важно, что эта методика используется буквально во всех разделах геологии: в геохимии, в теории минерало- и порообразовании, в геологии нефти и газа, в геолого-экономических работах и технике разведки, в теории рудообразования, геоморфологии и физической географии, нефтепромысловом деле, угольной геологии, в качестве количественной оценки инженерно-геологических условий. Поэтому с точки зрения дескриптивной методологии можно говорить о формировании нового направления, возникающего на основе теории информации, — информационной геологии как составной части кибернетической геологии.

Так как способность к отражению и характер ее проявления зависят от уровня организации материи, разберем несколько геологических примеров использования информационно-энтропийной меры, последовательно переходя от элементного уровня к сообществу организмов.

Расчет информационной энтропии на элементном уровне проводился для определения содержания элементов примесей и изотопов серы в пиритах из ряда месторождения СССР. При этом получалось, что месторождения различного генезиса, прошедшие различные пути становления, изменения и развития, характеризуются различными уровнями энтропии. Общая закономерность выражается в тенденции снижения энтропии с возрастом.

На уровне химических соединений (оксиды магния, кальция, кремния, серы, фосфора, железа, алюминия, марганца) проанализированы сидериты и известняки Озерного и Еравнинского месторождений Западного Забайкалья и доломиты месторождений Ликинского, Ушаковского, Неграмского, Щелковского, Елено-Новотроицкого, Билимбаевского, Добрушинского, Саткинского, Криворожского, Гуева и Боль-

шая гора. Анализ показывает, что энтропия осадочных сидеритов объединяется в одну обособленную группу, отличную от значения энтропии сидеритов Озерного месторождения, являющихся гидротермальными образованиями.

Для доломитов обнаруживается следующая закономерность: на оксидном уровне доломиты более древнего возраста имеют наименьшие значения энтропии, а более молодые — наибольшие. Эта закономерность нарушается при наложении вторичных процессов. Воздействие экзогенных факторов уменьшает энтропию, а эндогенных — увеличивает. Определение изменения сложности химического состава пород в зависимости от возраста и положения их в генетическом ряду от контрастно-дифференцированной базальт-липаритовой до непрерывно-дифференцированной базальт-андезит-дацит-липаритовой формации сделано на примере колчеданных месторождений Ивдельского и Поляновского районов Урала. Химический состав пород был представлен также оксидами кремния, титана, алюминия, железа, магния, натрия и калия, определенными в 200 пробах. Глубинная базальтовая формация с колчеданным оруденением, являющаяся исходной для остальных вулканогенных формаций этого района, характеризуется значениями энтропии 2,19—2,95. По мере приближения к непрерывно-дифференцированным разностям наблюдается снижение энтропии до 1,15—1,96. Такая же закономерность выявилась и для вулканогенных комплексов Поляновского района Урала.

На более высоком уровне организации неживой материи возможность применения информационно-энтропийных оценок рассмотрим на примере углеродистых соединений: свободных и попутных газов в битумоидных нижнекембрийских отложениях Иркутского нефтегазоносного бассейна (НГБ), водорастворенных газов Прикаспийского НГБ и зоны свободного водогазообмена юго-запада Якутии и плотностей нефтей месторождений мира.

В разрезе нижнекембрийских отложений Иркутского НГБ нефтегазоносные горизонты установлены в карбонатной-верхней и терригенной-нижней частях разреза.

Углеродные газы в реальных условиях залегания правомерно считать неизолированной системой, которая обменивается с внешней средой (породами, водами и газами) энергией и веществом. Все превращения при этом являются зависимыми и характеризуются тенденцией роста энтропии. Расчет для газов терригенных и карбонатных отложений подтверждает это: энтропия составляет 5,90 и 8,59 соответственно. За исключением этана, эта закономерность подтверждает-

ется и для всех составляющих природный газ компонентов — метана, пропана, бутанов, пентанов, гексанов.

Отмеченная тенденция изменения энтропии характерна и для энтропии свободных газов бутообинского и осинского горизонтов нижнего кембрия юго-запада Якутии и наиболее отчетливо устанавливается для водорастворенных газов зоны свободного водогазообмена. В процессе миграции углеводородов происходит их рассеяние и разбавление. Чем ближе к поверхности, тем интенсивнее идет процесс. Газ из менее вероятного состояния переходит в более вероятное. При этом возрастает энтропия, особенно если миграция идет за счет диффузии. Это характерно не только для древних отложений и относительно старых бассейнов, как, например, Иркутский, но и для Северо-Каспийского НГБ с его огромными мощностями, большим литологическим разнообразием осадочного разреза, сложнейшей тектоникой, чередованием водоносных комплексов и водоупоров. Тем не менее рассчитанная энтропия водорастворенных газов для неогеновых отложений выше, чем для палеогеновых, и последовательно снижается для меловых, юрских, триасовых, пермских, каменноугольных.

Из этой закономерности, отмеченной для НГБ различного возраста и строения, следуют важные выводы о механизме формирования газовых (и нефтяных) месторождений и миграции углеводородов.

Для определения изменения энтропии еще более сложных органических соединений были выбраны битумоиды мотской и усольской свит Ярактинского нефтегазоконденсатного месторождения. По большинству скважин, вскрывших мотскую и усольскую свиты и охарактеризованных кернами и люминесцентно-битуминологическими анализами, энтропия битумоидов усольской свиты выше, чем мотской. Это отмечается как для количественного содержания, так и для качественной характеристики битумоидов.

Плотность нефти, зависящая от многих параметров, является обобщающей характеристикой, отражающей все этапы ее онтогенеза. В связи с этим была вычислена энтропия плотности нефтей 971 месторождения различных категорий, нефтяных и газонефтяных, продуктивные горизонты которых находятся на самых различных глубинах; месторождений, связанных с различными типами ловушек и расположенных в 117 НГБ всех континентов. Несмотря на неординаковое количество месторождений, характеризующее периоды и типы бассейнов и разные глубины залегания продуктивных горизонтов, наблюдается тенденция увеличения энтропии

Значения информационной энтропии для плотности нефтей месторождений мира

Относительный возраст, период	Значения энтропии плотности нефти, г/см ³	Относительный возраст, период	Значения энтропии плотности нефти, г/см ³
Четвертичный и неоген	4,33	Пермский	3,61
Палеоген	3,92	Каменноугольный	2,80
Кайнозой в целом	4,33	Девонский	3,33
Меловой	4,14	Силурийский	2,16
Юрский	3,69	Ордовикский	2,48
Триасовый	3,32	Кембрийский	2,43 (2,5)
Мезозой в целом	4,31	Палеозой в целом	3,86

с уменьшением возраста. Вычисленные значения энтропии представлены в таблице.

Полученная закономерность — увеличение энтропии различных углеводородных соединений с уменьшением их геологического возраста и в процессе миграции свободных, попутных и водорастворенных газов, битумоидов и нефти — дает возможность сформулировать следующие выводы: 1) углеводородные соединения осадочной толщи земной коры представляют собой единую геохимическую систему, развивающуюся в сторону увеличения энтропии; 2) в процессе миграции отдельных компонентов этой системы снизу вверх по разрезу также происходит увеличение энтропии. Это дает теоретическую возможность прогноза расстояния до залежи по степени изменения энтропии.

Использование информационно-энтропийных мер для оценки развития на уровне геологических формаций и структурных форм рассмотрим на примере соляного тектогенеза нижнекембрийской соленосной формации и надсолевых складок осадочного чехла юга Сибирской платформы. Основанием для выбора именно этих геологических процессов и созданных ими форм послужили негенетическая связь галотектогенеза и надсолевых складок, многоэтапность развития соляной тектоники и процессов складкообразования в перекрывающих отложениях, усложнение тектонических и структурных форм при увеличении длительности и тектонической активности.

Совместное рассмотрение характеристик морфологии складок с оценками энтропии позволило прийти к выводу, что основная группа складок образовалась одновременно за счет проявления тектонических сил. Устанавливается обратная связь между энтропией морфологии складок и интенсивностью складчатости для данного региона в целом.

Присутствие в осадочном разрезе кембрия соляных масс, способных к пластическим деформациям, затрудняет анализ соотношения структурных планов разновозрастных отложений, изучение конседиментационного этапа формирования тектонических структур и определение условий и времени образования ловушек нефти и газа. Интенсивность деформации соли трех солепосных свит оценивалась с использованием энтропийных оценок по следующим показателям: суммарной мощности пластов соли отдельно для ангарской, бельской и усольской свит и суммарной мощности всех свит вместе в 146 скважинах. В результате оказалось, что изменение мощности солей усольской, бельской и ангарской свит зависимы, перетоки происходили под воздействием различных сил, активизировавшихся неодновременно.

Наконец, с использованием информационно-энтропийных оценок произведен анализ устойчивости (длительности существования) организмов на примере класса трилобитов. Колебание значений энтропии, вычисленной на видовом уровне, происходит согласованно с длительностью существования надсемейств. Особенно это характерно для таких из них, как *Agnostoidea*, *Proetoidea*, *Olenelloidea*, *Ptychoparioidea*, *Solenopleuroidea*.

В заключение можно отметить, что использование предлагаемых оценок в качестве критерия развития в геологии позволит на количественной основе решать следующие задачи:

- 1) определять направленность и необратимость развития геологических процессов;
- 2) определять характеристическое время геологических процессов и событий, в том числе для доорганических этапов развития Земли или других планет;
- 3) построить информационную геохронологическую шкалу истории развития Земли;
- 4) на единой методологической основе разработать пространственно-временной анализ в геологии в виде самостоятельной геологической дисциплины.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ПОЗНАНИИ ЭВОЛЮЦИИ СЕДИМЕНТОГЕНЕЗА

*И. В. НИКОЛАЕВА, д-р геол.-минер. наук,
Р. Т. ЯРОВИКОВА, канд. филос. наук*

Развитие — универсальное свойство материи, ее атрибут. В соответствии с этим при анализе эволюции седиментогенеза создается возможность охарактеризовать этот сложный феномен и в плане онтологической значимости, и в плане гносеологическом. Он приобрел статус одного из основных принципов объяснения природы, общества и мышления. В свою очередь, изучение природы, общества, мышления создает возможность для более глубокого постижения сущности самого развития. Раскрытие конкретных механизмов развития позволяет более полно охарактеризовать внутреннее строение развивающихся объектов, представлять их субстратные и функциональные возможности. Вне подчинения принципу развития не может быть науки — весь интерес к науке, потребность в ней обуславливаются возможностью науки стать надежным ориентиром в развивающемся мире.

Исходя из значимости принципа развития, предполагается найти основание для систематики методов литологического исследования и их взаимодействия с другими методами изучения Земли, что важно для познания эволюции седиментогенеза. Но предварительно целесообразно остановиться на понимании эволюции.

Известно, что понятие эволюции употребляется в широком и в узком смысле слова. Если в широком смысле понятие эволюции выступает синонимом развития, то в узком — одним из основных типов развития. Существует несколько аспектов в понимании эволюции применительно к литологии¹. Один из них представляет эволюцию как процесс превращения осадка в осадочную породу, а затем — преобразование самой породы; при этом предполагается, что характер геологических процессов не изменялся во времени, а типы осадков и обстановки их образования были аналогичными современным. Во втором эволюция предстает как смена напластования пород и формаций в разрезе: терригенных, карбонатных, кремнистых и т. п. Изменение состава отложений и обстановок их образования рассматриваются в качестве признаков эволюции осадочного процесса. Третий аспект понимания эволюции рассматривает ее как

¹ См.: Янин А. Л., Казанский Ю. П., Николаева И. В. Эволюция осадочного процесса на континентах и в океанах. М., 1983. С. 46—61.

процесс изменения главных факторов осадконакопления на протяжении обозримого периода геологической истории Земли, изменения, ведущего к глобальной смене параметров обстановок седиментации, а также типов осадков, осадочных пород и их ассоциаций.

Рассмотренные аспекты понимания эволюции имеют разные методологические основы. Первый аспект абсолютизирует метод актуализма, доводя его до униформизма, и не учитывает особенностей исторического развития. Методика решения проблемы эволюции сводится к стадийному анализу. Второй аспект не учитывает в полной мере принципа историзма и масштабности явлений в пространстве и во времени, а также соотношения частного и общего в них, ограничивается констатацией смены без выявления причин и общих закономерностей. Методологически этот аспект эволюции сводится к изучению последовательности напластования и фациальному анализу. Третий аспект учитывает всю историю осадконакопления и его методология базируется на совокупности и взаимодействии комплекса методов. Представленный материал позволяет сделать вывод о целесообразности закрепления названия эволюции за третьим аспектом, два первых же следует именовать иначе.

При выявлении эволюции седиментогенеза на современном этапе исследований решающее значение придется находкам качественно уникальных объектов — минералов, пород, формаций, связанных с определенным этапом геологической истории, или качественно уникальных объектов. Это обуславливается рядом моментов, и прежде всего тем, что создается возможность для выделения эпох образования пород и руд. Кроме того, открытие многих из них связано с поисками полезных ископаемых. Появление таких уникальных объектов объясняется необратимостью осадочного процесса или совокупности геологических процессов. Однако исследователи не располагают объективными критериями оценки того количества какого-либо вещества, которое можно рассматривать в качестве уникального качественного признака. Рассматривая качественно уникальные объекты, исследователи не имеют также критериев оценки возможности конвергентности условий образования объектов, качественно различающихся.

На примере карбонатакопления можно рассмотреть возможную конвергентность факторов осадконакопления. А. Б. Ронов выявил прямую корреляцию интенсивности карбонатакопления от объема вулканогенных пород, а также площади внутриматериковых морей и сделал вывод о прямой

взаимосвязи поступления вулканогенного CO_2 в атмосферу с одновременным с геологической точки зрения извлечением его в карбонатакопление и накоплением при этом органического углерода в осадке². Он определил эту закономерность как закон, однако это представляется слишком смелым, если учесть неполноту использования материала — только фанерозой и только на континентах, а также эмпирический уровень исследований. Остается непонятным, как связать в один закон разные соотношения углерода карбонатного с органическим: положительные — в фанерозе, отрицательные — в рифее. Различные соотношения этих форм углерода представляются неслучайными, они контролируются разными формами карбонатакопления: бактериальной, включая цианобактериальную в докембрии, водорослевой — в палеозое и скелетной — в мезозое.

Очевидно, состав атмосферы мог служить своего рода регулятором процесса карбонатакопления. Повышенное содержание CO_2 и аммиака и пониженное — кислорода в атмосфере докембрия благоприятствовали бактериальному процессу карбонатакопления. Снижение содержания углекислого газа и увеличение кислорода способствовали развитию водорослей, а затем и скелетных организмов, способных к более сложному обмену веществ. Изменялся состав бактерий, а также состав продуктов их жизнедеятельности. Таким образом, можно заметить большую вероятность проявления конвергентности воздействия разных факторов среды на интенсивность и специфику процесса карбонатакопления: первичного состава атмосферы, состава морских организмов, проявлений вулканизма. Неучтенными остаются скорость выведения углерода в осадок и другие факторы.

Не менее сложной остается проблема выяснения факторов образования других типов осадков. Совершенно очевидно, что выявление эволюции седиментогенеза невозможно без учета не только результатов всех специализированных наук геологии (тектоники, палеогеографии, палеонтологии и др.), но и других конкретных наук: химии и физики атмосферы, гидросферы и др.

Для раскрытия эволюции осадочного процесса необходимо многое, и прежде всего развитый методологический инструментарий литологического, а также в целом геологического исследования. Это позволит в последующем выяснить не-

² См.: **Ронов А. Б.** Вулканизм, карбонатакопление, жизнь // *Геохимия*. 1976. № 8. С. 920—932; **Он же.** Глобальный баланс углерода в неогее // *Геохимия*. 1982. № 7. С. 920—932.

обходимые взаимодействия между методами указанных наук при решении той или иной проблемы. Имеются недостатки и у тех методов, которые сегодня активно используются в литологическом исследовании.

Инструментарий, которым сегодня оперирует литология, можно охарактеризовать, исходя из знания, уже утвердившегося в системе науки, а также того, которое лишь оформляется, составляет арсенал методов научных лабораторий. Не все эти методы будут «передачей» в методологию науки; некоторые из них окажутся необходимыми лишь для решения какой-то отдельной группы задач. Но в целом методы, находящие использование при решении тех или иных задач, а также не имеющие аналогов в методологии наук, будут представлены в качестве новых методов этой сферы знания. Поэтому, решая задачу, направленную на создание систематики методов литологического исследования, важно использовать методологическое знание, уже оформленное в предмет науки, а также то, которое находится в процессе становления. Его целесообразно отнести в подсистему подготовки предмета науки; оно должно быть включено в предмет исследования науки. Эта же подсистема включает в свою структуру личностный фактор. Целесообразность этого определяется многими моментами, в том числе становятся более понятными стратегия исследования, подходы к изучению проблемы, условия познания, сделанные допущения и т. д.

В общем виде предмет исследования отражает динамику науки, в то время как предмет науки — ее статику. О необходимости выделения указанных подсистем говорилось и ранее, но эта точка зрения не утвердилась. В то же время исследовательская практика во многих науках, в том числе и в литологии, подтверждает такую необходимость. Выделение указанных подсистем позволяет более глубоко понять механизм развития науки, что создаёт возможность более эффективно управлять ее развитием. Развитие же частнонаучного знания содействует совершенствованию и философского знания.

Прежде чем переходить к представлению методов литологического исследования, важно представить природу предмета литологии. Известно, что составными частями литологии являются геохимия, минералогия, петрография, учение о полезных ископаемых, фациях, формациях осадочных отложений. Сам предмет литологии трактуется по-разному³.

³ См.: Попов В. И., Троицкий В. И. Литология: содержание, объем, задачи // Методология литологических исследований. Новосибирск,

Литологию рассматривают как науку только об осадочных породах и условиях их образования, или об осадочных полезных ископаемых, или о формациях, формационных рядах и комплексах. Но в то же время необходимо подчеркнуть: как бы ни определялся предмет литологии, уровень осадочных пород включается всегда. Это указывает на фундаментальную роль отмеченного объекта.

Неопределенность в понятиях предмета литологии объясняется молодостью науки, пока еще слабым развитием отдельных ее направлений, преобладанием эмпирических исследований. Вместе с тем тесная связь геохимии, минералогии, петрографии осадочных отложений обусловлена тем, что в практике исследований они начинаются с одного уровня организации вещества — породного тела (слоя), наиболее визуализированного геологического тела в осадочной толще. Однако фундаментальная проблема слоя остается неразработанной, и это, естественно, тормозит развитие всех направлений осадочной геологии, а таких, как стратиграфия, формационный и палеогеографический анализ, — особенно остро.

Для исправления создавшегося положения с методологией литологического исследования одним из реальных подходов надо считать систематику принципов и методов литологического исследования. Ее создание позволит получить общее представление о методах, используемых в системе исследований этой науки; в достаточной степени обнаружатся и «недостающие звенья» методологии. Их можно будет заметить как по аналогии с другими частными науками, так и по развитию самой логики исследования. В качестве рабочего инструмента для построения систематики методов литологического исследования может служить общая классификация методов, построенная по уровням методологического анализа⁴. Классификация строится с учетом принципа взаимосвязи общего и специфического, создает определенную перспективу для логики выделения методов, наконец, является общепризнаваемой, практически доказанной.

1985. С. 10—17; **Вылцан И. А., Беженцев А. Ф.** Методологические проблемы комплексного подхода в литологических исследованиях // Там же. С. 174—183.

⁴ См.: **Кедров Б. М.** Предмет и взаимосвязь естественных наук. М., 1967; **Назаров И. В.** Методология геологического исследования. Новосибирск, 1982; **Философский материализм и современность.** Красноярск, 1986. С. 25—26; **Ладенко И. С.** О логической систематизации методов научного познания // Методологические проблемы научного исследования. Новосибирск, 1984. С. 54—56.

Она строится как бы сверху, следуя от всеобщего, философского уровня, основным методом которого является материалистическая диалектика. Ниже этого уровня находится уровень общих форм и методов познания. Его методами являются анализ, синтез, дедукция, индукция, системный и комплексный подход, метод моделирования. Следующим за ним идет методологический уровень частнонаучного познания. Здесь компонентами являются уровни общественных, естественных и технических наук. Затем каждый из названных уровней конкретизируется методологическим аппаратом конкретных наук (например, для естествознания — геологии, физики, химии и т. д.). Следующие уровни методологического знания конкретизируют уже отмеченные. Так, именно на этом уровне должны быть обозначены методологии литологии, палеонтологии и т. д. За этим уровнем предполагается уровень методики и техники исследования.

Заметим, что само выделение оснований классификации имеет большое значение и в мировоззренческом, и в методологическом планах ⁵.

Рассмотрим место методологии литологии в общей классификации методов изучения Земли, составленной в бинарной системе ⁶ признаков, где одна система признаков соответствует традиционному иерархическому принципу выявления общего и специфичного, другая направлена на то, чтобы выявить общее и специфичное для методов одного уровня методологического анализа. Такая классификация позволяет расширить характеристику объектов, а главное, более четко определить взаимозависимость общих и специфических признаков объектов разного ранга, что повышает эвристические возможности классификации в целом ⁷.

В классификации предлагается единая для всех уровней познания схема деления методов одного уровня на теоретические (общие) и фактологические (специфические). В такой схеме эксперимент, наблюдение, гипотезу, моделирование необходимо рассматривать в качестве фактологических методов, поэтому помещаются они на самый низкий уровень методологии (специализированной области конкретной науки), с которым связано получение основного фактического мате-

⁵ См.: Розова С. С. Классификационная проблема в современной науке. Новосибирск, 1986.

⁶ См. статью И. В. Николаевой «Развитие методологии и методики изотопно-геохронологических исследований» в настоящем сборнике.

⁷ См.: Николаева И. В. Фациальная зональность химического состава минералов группы глаукопита и определяющие ее факторы // Минералогия и геохимия глаукопита. Новосибирск, 1981. С. 4—41.

риала. Теоретическими методами для общенаучного уровня познания Земли можно рассматривать еще не разработанные планетологические методы, которые будут формироваться на основе взаимодействия методов конкретных наук. Общий теоретический метод — диалектический материализм — будет получать фактологическую поддержку по мере развития общей теории планеты Земля, оказывая при этом конструктивное влияние на всех этапах развития этой теории, а также теорий конкретных и специализированных наук. Подчеркивается несводимость теоретических методов к фактологическим, что важно для понимания задачи превращения эмпирических наук в теоретические. Только на теоретическом уровне возможно решение проблемы эволюции геологических процессов в целом и седиментогенеза в частности.

Таким образом, предполагается, что оба принципа классификации: иерархический и бинарный — взаимосвязаны друг с другом, дополняют и конкретизируют друг друга. Подобных классификаций может быть построено столько, сколько существует частных и специализированных наук. Каждая такая классификация, взятая во взаимосвязи с другими, будет приближать исследователей к более адекватному постижению сущности исследуемых объектов, более полно представлять механизм развития наук. Это обусловливается ролью методов в становлении наук, а также в постижении сущности исследуемых объектов.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СТИЛЯ НАУЧНОГО МЫШЛЕНИЯ В ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

И. В. НАЗАРОВ, д-р филос. наук

Геология — сравнительно молодая наука, ее история насчитывает несколько больше двух веков. Со времени ее создания исследователи используют определенный способ видения и изучения мира, выделения и описания объектов науки, ряд методов их познания. Под стилем научного мышления понимается исторически сложившаяся система познавательных принципов и методологических нормативов, которыми руководствуются исследователи. Стиль мышления определяет основные методы и категориальный аппарат науки, а также принципы его логического построения. Этот стиль задается уровнем развития общественной практики и определяет стратегию научного поиска, а также критерии научности новых положений науки. Но в явном виде стиль науч-

пого мышления учеными, как правило, не осмысливается, не осознается и определяется путем более общей, философской рефлексии.

В течение определенного времени принятый стиль научного мышления удовлетворяет познавательным потребностям эпохи и способствует успешному осуществлению научных исследований. Отдельные элементы стиля научного мышления могут изменяться, например появляться новые методы, но сущность его сохраняется в течение длительного периода развития науки. Однако рано или поздно наступает время, когда изменения, модификации существующего стиля мышления не могут устранить его ограниченность, непригодность для решения новых задач науки. Тогда встает проблема формирования нового стиля мышления, создания новых форматов научной деятельности.

Существующие работы по анализу стиля научного мышления основаны на исследовании истории развития преимущественно одной отрасли естествознания, хотя и лидирующей — физики. Так, И. Б. Новик определяет стиль мышления через устойчивые черты, особенности научного познания на определенном этапе его развития. По его мнению, стиль мышления в современном естествознании характеризуется такими пятью методологическими чертами, как расширение сферы применимости категорий дискретности, системы и вероятности, формализация описания объектов науки и интеграция различных, подчас кажущихся весьма отдаленными, областей научного знания¹. Применение выделенных черт к естественным наукам не физико-математического цикла, в частности к геологическим, затруднительно. В этих науках нет расширения сферы применения категории дискретности, использование системного подхода только начинается, почти нет формализованных понятий, преобладает дифференциация научного знания. Отсюда можно сделать вывод, что геологические науки еще отстают от стиля мышления ведущих отраслей естествознания, но для позитивного определения стиля мышления в этих науках необходим анализ иных методологических компонентов.

Стиль мышления в той или иной науке определяется, по нашему мнению, характером основных теоретических положений, применяемыми принципами и методами познания, состоянием понятийной базы и языка². С этих позиций по-

¹ См.: Новик И. Б. Вопросы стиля мышления в естествознании. М., 1975. С. 3.

² См.: Назаров И. В. Проблемы диалектико-материалистической методологии в науках о Земле. Красноярск, 1985. С. 97.

пытаемся проследить изменение стиля научного мышления на протяжении истории геологических исследований.

В период формирования геологии как науки — во второй половине XVIII в. — в ней господствовали два учения — нештунизм и плутоизм. Сторонники первого полагали, что все горные породы являются водными осадками, сторонники второго пытались объяснить все геологические изменения внутренними причинами, действием «подземного огня». По степени достоверности знания эти учения являются гипотезами, обоснованными в некоторой степени фактами. Из принципов познания в геологии использовался принцип причинности, детерминации процессов естественными причинами. Основным методом исследования было наблюдение, результаты которого фиксировались на естественном языке с введением новых понятий в процессе исследования. Понятия эти вводились в науку стихийно, разные исследователи придерживались различных систем понятий, связи между которыми не всегда устанавливались. Этот стиль научного мышления можно определить как гипотетико-описательный.

В XIX в. в геологии получают развитие эволюционные идеи. Большое значение в утверждении эволюционизма в геологии сыграли работы К. Гоффа и Ч. Лайеля. Учение об единообразии процессов и законов природы, полной качественной однородности геологических процессов выступало определяющим началом исследования, хотя и было гипотетическим. В качестве основного метода геологии был признан актуализм — метод реконструкции процессов прошлого на основании сравнения их с современными. Существенных изменений языка геологии не произошло, хотя количество понятий увеличилось. Стиль мышления этого периода можно определить как гипотетико-актуалистический.

В дальнейшем, в XIX и в начале XX в., происходило утверждение и развитие этого стиля мышления. Появлялись новые теоретические построения, учения, по-прежнему оставшиеся гипотезами. Таковы представления о геосинклиналях, платформах, движении континентов, о магме и многие другие. Они опираются на большое количество фактов, эмпирических обобщений, но достоверное знание о механизме действия многих магматических, тектонических, метаморфических процессов отсутствует, и поэтому наука вынуждена обходиться знанием только внешних их сторон и связей.

Слабое развитие теоретических разделов геологического знания объясняется рядом причин. Во-первых, объект исследования довольно сложен, геологические процессы весьма разнообразны. Они обусловлены действием различных форм

движения материи — физической, химической и биологической, причем это действие совместное и взаимосвязанное. Многие геологические процессы обуславливаются рядом причин и условий, и поэтому геологические науки, изучающие, как правило, лишь следствия, результаты действия природных сил, не всегда позволяют восстановить общую картину и установить закономерности этих процессов.

Во-вторых, причину и движущие силы многих геологических процессов исследователи видят в явлениях, происходящих в подкоровых зонах Земли. Геологически же изучается только верхняя часть земной коры, что, естественно, затрудняет решение многих общих проблем геологических наук.

В-третьих, отсутствовала острая необходимость создания логически строгих теоретических построений, недооценивалось практическое значение теории для познания геологических объектов. Было бы, вероятно, ошибочным преувеличивать сложность геологических объектов, видеть в ней главную причину отсутствия строгих теорий в геологических науках, ибо проблемы молекулярной биологии, генетики, микромира, освоения космоса, где установлены многие закономерности, отнюдь не доступнее и не проще, чем геологические. Здесь сыграло роль относительное изобилие в земной коре доступных месторождений полезных ископаемых, открытие которых не требовало развитой теоретически науки.

Постепенно в геологии получает распространение принцип историзма. Отдельные положения об эволюции природы высказывались Ж. Кювье, Ч. Лайелом, но в целом их учения были односторонними. Большую роль в утверждении концепции развития природы имели работы Ч. Дарвина. Трудно назвать время полного утверждения принципа историзма в геологии, вероятнее всего это произошло в начале нынешнего столетия, хотя осознано было позднее и дискуссии об актуализме и его соотношении с историческим методом продолжались до 60-х годов. Актуализм в настоящее время большинством исследователей трактуется как часть исторического метода (исследования). Идеалом служит такое теоретическое построение, которое обосновывает генезис объекта. Этот идеал не требует строгого доказательства, достаточно вероятностного положения, в определенной мере подтверждающегося практикой. Как правило, геологическая теория сегодня — это генетическая гипотеза, объясняющая происхождение объекта естественными причинами на основе сравнения и аналогии. Большое значение генезиса связано с тем обстоятельством, что определение генезиса даст ряд

важных для практики данных о размерах, форме и других свойствах геологических объектов.

В последнее время в геологических науках начинает применяться принцип системности (системный подход). Так, с его помощью решается проблема качественной специфики, целостности геологических объектов и редукции их к физико-химическим основам. Борьба мнений в этом вопросе проходит между сторонниками выделения особой геологической формы движения материи, подчеркивающими специфику ее объектов, и сторонниками сведения последних к физико-химическим взаимодействиям, отрицания геологических закономерностей. Если сторонники первой точки зрения абсолютизируют качественную специфику, «несводимость» геологических объектов к более простым формам движения материи, противопоставляя их физико-химическим процессам, то сторонники второй точки зрения видят в геологических объектах только физические или химические взаимодействия. По моему мнению, сложные геологические объекты невозможно полностью свести к физико-химическим связям, но без методов и законов физики и химии невозможно выяснить многие стороны и сущность этих объектов. В геологическом исследовании физические и химические методы органически вплетены в его ткань и направлены на выяснение состава, структуры геологических объектов или условий их генезиса. С помощью этих методов вскрывается сущность геологического процесса на определенном элементарном уровне, которая является физической, химической или биологической. На более сложном уровне возникают новые связи, иные, геологические закономерности. Именно редукция позволяет выявить единообразие, преемственность и единство различных систем путем сведения сложных процессов к более простым, целого к частям. Редукция как особый прием познания, как общенаучная процедура исследования, не сводимая к механицизму, доказала свою эффективность во многих отраслях научного знания. Системный подход позволяет выделить ряд уровней в познании геологических объектов, выяснить роль, возможности и функции физических и химических методов на каждом уровне познания.

Основные методы геологии весьма разнообразны, но в совокупности они образуют единую систему. Она включает в себя методы познания разной степени общности — это и материалистическая диалектика, и общенаучные, и конкретные, специальные методы данной науки³. Если рассматри-

³ См.: Назаров И. В. Методология геологического исследования. Новосибирск, 1982. С. 16.

вать подсистему общенаучных методов, то ее своеобразие определяется особенностями объекта познания, задачами и уровнем развития науки. Из эмпирических методов исследования основную роль в геологии играет наблюдение, из теоретических — исторический, из логических — аналогия, индукция и гипотеза.

Характер языка мало изменился, он перегружен терминами, число их продолжает быстро возрастать. В то же время строгих определений основных понятий нет, а нестрогих — насчитывается несколько десятков. По степени достоверности знания, ведущему методу и цели исследования стиль мышления современной геологии можно определить как гипотетико-генетический, а общий уровень развития — как эмпирический.

Эффективность подобного стиля мышления невелика, и со временем все больше проявляется его ограниченность. «За последние годы только 40—45 % площадей, введенных в глубокое бурение, — пишет А. А. Геодекян, — оказались нефтегазоносными и лишь 30—35 % поисковых скважин — продуктивными. Одной из главнейших причин низкой эффективности служит малая достоверность научных прогнозов, происходящая из-за недостаточного знания закономерностей формирования и пространственного размещения месторождений. Все эти направления теоретически и методически недостаточно разработаны, из-за чего сегодня на поиски затрачиваются огромные материальные и технические средства»⁴.

Внутренняя логика развития науки, усложняющиеся практические задачи делают необходимым переход к иному стилю мышления. Этот переход не может происходить только эволюционно, а должен составить научную революцию. Последняя перестраивает все здание науки, изменяет характер ее основных положений, систему понятий, а также теоретико-познавательных принципов. Поэтому простое накопление знания, открытие новых фактов и закономерностей, выдвижение новых гипотез еще не является научной революцией.

Вряд ли можно согласиться с В. Е. Хаиным, который высказал предположение, что в геологии уже началась научная революция, выражающаяся в переходе от гипотезы фиксизма к гипотезе мобилизма и внедрении новых физических методов исследования⁵. Научная революция должна, помимо

⁴ Геодекян А. А. О фундаментальных проблемах геологии и разработки месторождений нефти и газа // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1983. № 11. С. 3—4.

⁵ См.: Хаин В. Е. Происходит ли научная революция в геологии? // Природа. 1979. № 1. С. 15.

коренного изменения идей и представлений, вести к перестройке методологических основ науки, к использованию новых способов выделения и описания объектов, в результате чего достигается новое видение мира.

По этим же причинам нам представляется малообоснованной идея о многих прошедших революциях в истории геологии. Так, Д. И. Гордеев выделяет в истории геологии несколько эволюционных и революционных периодов, разделяемых кризисами. Научные революции в геологии происходили, по его мнению, в середине XVIII в., во второй четверти XIX в., на рубеже XIX—XX столетий и в 50-е годы XX в.⁶ Соглашаясь с идеей неравномерного развития науки, наличием скачков, выдвижением новых гипотез, открытием новых закономерностей, мы считаем, что вряд ли правомерно говорить о принципиальном изменении стиля мышления в эти периоды. Так, уровень теоретических построений в геологии не изменялся, сохранялся язык при значительном увеличении понятий, лишь частично изменялась структура системы методов, относительная роль отдельных методов в ней.

Изменение теоретических положений и роли отдельных методов в истории геологии прослежено В. В. Тихомировым. Им выделено пять периодов, каждый из которых «характеризуется теоретической идеей, исследовательским методом или научным открытием, которые были важнейшими факторами, обусловившими прогресс науки на данном отрезке времени»⁷. В период становления геологии такими факторами были теория развития и метод мелкомасштабного картирования, на следующем — униформистское учение и палеонтологический метод, на третьем этапе — эволюционное учение Ч. Дарвина и микроскопический метод, на четвертом ведущую роль играло учение о геосинклиналях, на пятом — стремление увязать действие эндогенных и космических факторов с процессами, идущими в земной коре, и широкое внедрение физико-химических и математических методов во все области геологии. Следует отметить, что выделяемые периоды не разделяются научными революциями, ведущие концепции или гипотезы того или иного периода не отбрасываются полностью на следующем этапе, их рациональные моменты сохраняются.

⁶ См.: Гордеев Д. И. История геологических наук. М., 1972. Ч. 2. С. 278.

⁷ Тихомиров В. В. О важнейших факторах развития геологии на разных этапах ее истории // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1966. № 10. С. 142—143.

Что касается выделенных методов, то здесь картина более сложная. Так, В. В. Тихомиров не указывает ведущие методы на четвертом и пятом этапах и, выделяя в качестве ведущего тот или иной метод, скорее подчеркивает время его создания и широкого применения, чем основополагающую роль во всех отраслях геологического знания. Действительно, палеонтологический метод возник и получил широкое применение в стратиграфии после работ Ж. Кювье в начале XIX в. Но поскольку в этот период господствовали идеи униформизма то ведущим стал метод актуализма, а не палеонтологический. Это положение справедливо и по отношению к микроскопическому методу, возникшему во второй половине XIX в. Микроскопический метод способствовал созданию новой отрасли геологических знаний — петрографии (науке о горных породах). Он остается ведущим методом в ней и в современный период. Что касается четвертого и пятого периодов, то в это время геология стала настолько дифференцированной, что ведущий метод в одной из геологических отраслей уже не являлся таковым для других отраслей. Поэтому в этом случае следует выделять в качестве ведущего уже не конкретный, специальный, а общенаучный метод. В целом идея периодизации науки на основании внутренних факторов ее развития — на основе руководящей концепции и ведущего специального метода — представляется правильной. Она хорошо работает при анализе отдельных отраслей геологического знания, в частности тектоники и геологии четвертичных отложений⁸, но для истории фундаментальной, общей науки необходимы иные критерии, в частности учет роли общенаучных методов в истории науки.

Проблема перехода к новому стилю мышления требует решения ряда философских и методологических проблем. Для этого необходимо не только содержательное, но формальное и методологическое совершенствование геологического знания.

Глубокий содержательный анализ представлений геологии позволит выявить существенные связи в ее объектах, установить новые общие закономерности, перейти от вероятностного знания к достоверному, теоретическому. Основные принципы теоретического знания не являются индуктивным обобщением опытных данных, суммарным выражением опыта, а представляют собой абстрактное, умозрительное обоб-

⁸ См.: Тихомиров В. В., Гербова В. Г. К вопросу о периодизации геологических наук // История развития философско-методологических идей в науках о Земле. Баку, 1984.

щение эмпирического материала и в то же время основополагающие конструкции, позволяющие создавать его предметы и развивать систему понятий. Причем создание теории зависит не только от получения новых фактов, ибо связь их с теорией неоднозначна, но и от появления новых общих идей, часто по-иному объясняющих те же фактические данные. Большую роль в построении теории играет создание системы абстрактных теоретических конструкций — идеализированных объектов. Поскольку геологические науки весьма отличаются по своим предметам, задачам и методам, то найти единые принципы для них очень сложно. В этом случае возможный рациональный путь состоит в интеграции самых общих положений, принципов отдельных отраслей геологического знания и в установлении логических связей между ними.

В геологии необходимость построения строгих научных теорий не всегда осознается, практическое значение их недооценивается. Многие исследователи полагают, что открытие месторождения полезного ископаемого, пусть небольшого по размерам и бедного по содержанию полезного компонента, гораздо важнее, чем занятие абстрактными теоретическими исследованиями, формальными построениями. Так, А. В. Бухникашвили, отрицая значение работ по формализации геологических положений, прямо заявляет, что «при помощи этой отвлеченной формалистики не только невозможно открыть месторождение полезного ископаемого, но и вообще сделать что-либо полезного в геологии»⁹.

Формальный анализ геологических представлений с использованием математического и логического аппаратов будет способствовать созданию общей системы понятий, единого научного языка. Уточнение содержания существующих, создание новых строгих понятий, а затем их формализация позволяют устранить многозначность понятий геологического языка, сформулировать исходные положения в краткой, ясной и точной форме и по точно сформулированным правилам выводить следствия, что позволит совершенствовать теоретические представления. Помимо того, что формализация унифицирует и обобщает полученное знание, она имеет и эвристические возможности — способствует обнаружению ранее неизвестных связей объектов. В настоящее время основным критерием оценки теоретических построений геологии служит подтверждение данными наблюдений. Этот

⁹ Бухникашвили А. В. Некоторые критические замечания по поводу математизации геологии // Сов. геология. 1972. № 11. С. 150.

критерий применим в основном к эмпирическому знанию, а для теоретического знания он составляет необходимое, но недостаточное условие истинности. При проверке теоретического знания немаловажную роль играет глубина разработки и логическая строгость. Используя выражения А. Эйнштейна, можно сказать, что «внешнее оправдание» теории следует дополнить требованием «внутреннего совершенства». Эмпирическое подтверждение неразвитых в теоретическом отношении построений хотя первоначально и может удовлетворять требованиям практической пользы, не всегда приводит к тем глубоким истинам, в приращении которых заинтересована наука, а в конечном счете и сама практика.

Содержательный и формальный анализ геологического знания выдвигают ряд вопросов, для решения которых необходим выход за пределы конкретной науки и обращение к более широкой сфере знания — философии, являющейся методологической основой науки. Методологические исследования становятся необходимым фактором развития науки, приобретающим особую актуальность в период революционных изменений в ней. К такому же выводу пришли и создатели программы работ по построению теоретической геологии, подчеркнувшие необходимость специальной разработки «методологической надстройки», с помощью которой должны вскрываться внутренние закономерности геологического знания путем анализа содержания понятий, соотношения методов, оценки законов и теорий с целью выбора некоторых из них в качестве синтезирующих... единых методологических и теоретических принципов, единого языка, единых представлений о целях и задачах, иного разбиения на специальные дисциплины»¹⁰.

Что касается изменения системы методов геологического исследования, то среди эмпирических методов возрастает роль эксперимента, среди логических — дедукции, аксиоматического метода, среди теоретических — моделирования, математических методов.

В отношении времени перехода к новому стилю мышления отметим следующее. Учитывая, что в настоящее время разработаны только некоторые вопросы создания теоретического знания, не решены многие стратегические и тактические проблемы этого процесса, а также принимая во внимание скептическое отношение большинства исследователей к ним,

¹⁰ Боровиков А. М. и др. На пути к теоретической геологии // Вопр. философии. 1976. № 3. С. 166.

целесообразнее разделить время формирования нового стиля мышления и время признания его большинством специалистов. Вероятно, основы нового стиля мышления в геологии будут созданы в начале будущего века, а восприняты к его середине.

Создав новый стиль мышления, основанный на системе теорий, строгом научном языке и новой системе методов, геология сможет выйти на теоретический уровень познания, значительно повысить эффективность прогнозов, войти в ряд ведущих отраслей естествознания.

Таким образом, изучение истории развития стиля научного мышления в геологических исследованиях позволяет выделить основные его этапы, объяснить современное положение и наметить пути дальнейшего прогресса, повышения действительности науки.

ПРОБЛЕМА РЕАЛИЗАЦИИ ПРИНЦИПА РАЗВИТИЯ В ЦЕННОСТНО-НОРМАТИВНОМ СОДЕРЖАНИИ ГЕОЛОГИИ

Б. А. МЕЗЕНЦЕВ

Положение, что современная геология органически включает в свое содержание принцип развития, требует методологического обоснования, а также раскрытия механизма включения данного философского принципа в контекст конкретно-научного знания. Нельзя претендовать в рамках статьи на полное освещение этого вопроса, поэтому ограничимся лишь анализом проблемы реализации принципа развития в ценностно-нормативных регулятивах геологической науки, являющихся неотъемлемой частью всякого подлинно научного метода, с помощью которого строятся фрагменты научной картины мира и достигается объективное познание действительности. В статье делается попытка синтезировать некоторые рациональные моменты интерналистского и экстерналистского подхода в философии науки с тем, чтобы показать, что социальные ценности и нормы, будучи важнейшими и неотъемлемыми составляющими всякого естественно-научного знания, соотношенного с целями и задачами активной преобразовательной деятельности общественного субъекта, отражают в основных своих чертах понимание сущности процессов развития в природе и в обществе в их соотношенности друг с другом. Именно поэтому наука предстает в сознании людей не просто как совокуп-

ность разрозненных знаний о мире, находящихся в исключительном ведении отдельных групп людей, а как «всеобщий духовный продукт общественного развития»¹.

Философско-методологический анализ проблемы позволит лучше понять закономерности трансформации научных знаний, существующих в виде сугубо рационализированных информационных структур, в ценностно-окрашенные, гуманизированные и мировоззренчески-ориентированные знания. В статье также делается попытка раскрыть новые узлы того механизма, благодаря которому ориентация на общечеловеческие ценности и опора на определенную философскую методологию задают общеметодологическую направленность и социально-культурный контекст исследований, оптимизируя их, соотнося с общечеловеческими ценностями и нормами. Многие важные вопросы, касающиеся данной проблематики, сознательно обходятся автором в связи с тем, что они получили основательное рассмотрение в работах В. С. Степина, А. П. Огурцова, А. М. Коршунова, Н. В. Мотрошиловой, Д. И. Дубровского, А. И. Зеленкова, Б. Г. Юдина и других философов и методологов науки².

Геологическая наука выбрана объектом исследования не случайно. В современном состоянии она представляет собой целостный социокультурный феномен, сконцентрировавший в себе многочисленные достижения в области духовного освоения человеком природной среды. Специфичность же современного состояния как самой геологии, так и философско-методологической рефлексии ее конкретно-научной проблематики определяется тем фактом, что силы человека встали вровень по своей мощи с геологическими, а это значит, что становится вновь актуальным переосмысление роли и места человека в мире. Роль же науки в познании и преобразовании мира в связи с этим, на наш взгляд, также подлежит пересмотру, как и требуют пересмотра взгляды, согласно которым знание информативное и знание оценочное в методологии науки рассматривались изолированно, вне их внутренней взаимосвязи. К тому же геологической наукой собран колоссальный по объему эмпирический материал, который может быть адекватно осмыслен лишь при правильном выборе методологических средств исследования как на дисциплинарном уровне, так и на уровне формирования научной картины мира.

¹ Маркс К. Капитал // Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 49. С. 109.

² Идеалы и нормы научного исследования. Минск, 1981.

Очевидно, не только веянием моды можно объяснить тот факт, что при анализе естественно-научного материала специалистов-геологов стали интересоваться и такие «частности», казалось бы и не относящиеся к геологии, как анализ времени, социальной обстановки, даже социального происхождения конкретных ученых, их нравственных принципов и экономического положения³. Это, по существу, выглядит уже как применение рациональных элементов философской герменевтики к естественно-научным текстам. Ведь, согласно Гадамеру, «...герменевтика занимает соответствующее ей место и в теории науки, если она открывает внутри науки — с помощью герменевтической рефлексии — условия истины, которые не лежат в логике исследования, а предшествуют ей»⁴. Герменевтика, как указывает Гадамер, включает в себя философское движение, преодолевшее одностороннюю ориентировку на факт науки и обращающее свое внимание на то, что предмет всякой науки как гуманитарного, так и не гуманитарного цикла включает в себя и нечто такое, к чему принадлежит и сам познающий.

Конечно же, точка зрения герменевтиков, согласно которой философской опыт не входит в логику науки, лишь предшествуя ей, не выдерживает критики с позиций диалектического материализма, однако нельзя отрицать плодотворности некоторых теоретико-познавательных подходов герменевтики к решению проблем науки. Такие подходы помогают увидеть и оценить развитие конкретно-научных идей в контексте всего богатства духовной жизни общества, показав одновременно их историческое значение и историческую ограниченность.

Приведенные выше положения позволяют утверждать, что в современном обществе регулятивная сфера науки весьма существенно дополняет ее когнитивную сферу. Соотношение этих сфер между собой таково, что регулятивная сфера науки представляет собой результат ее когнитивной сферы, является своего рода функцией последней⁵. Уровень развития регулятивной сферы науки в современных условиях служит основным показателем прогрессивности науки, рассматриваемой как в качестве специфического вида деятельности, так и с точки зрения получаемых наукой результатов.

³ См.: Фролов В. Т. Предисловие // Катастрофы и история Земли: Новый униформизм. М., 1986. С. 6.

⁴ Гадамер Х.-Г. Истина и метод: Основы философской герменевтики. М., 1988. С. 616—617.

⁵ Бона Э. Человеческие параметры науки нашей эпохи // Диалектика. Познание. Наука. М., 1988. С. 277.

Ф. Энгельс писал о том, что природа является «пробным камнем диалектики», что ее законы — это и есть законы диалектики, которым, в свою очередь, подчинены и законы мышления⁶. Действительно существенной характеристикой природных процессов, взятых самих по себе, является их противоречивость, научное познание которой связано с выявлением движущих сил их развертывания и становления, с познанием соотношения качественно различных типов изменений в природе, законов развития природных объектов. Но движут познание и практику и собственные, лишь им присущие противоречия, возникающие в процессе реализации заранее сформулированных целей, ценностей и норм преобразовательной деятельности, постоянно обновляющихся в содержательном плане, все более приближающихся к тому, что мы называем знанием, воплощенным в целесообразное общественно полезное действие, аккумулирующим объективно истинное знание о развивающемся материальном объекте — предмете познания и практического действия.

Можно выделить две группы противоречий, определяющих в значительной степени прогресс всякой науки и геологии в том числе. Первая группа включает противоречия между наукой как динамично развивающейся системой знаний и наукой как социальным институтом, развивающимся в относительно застывших социальных структурах, противоречия между содержанием и формой реализации наукой определенного социального заказа. Другая группа противоречий выглядит как аксиологическая интерпретация противоречий между общественным субъектом и природной средой. Другими словами, это противоречия между неограниченностью способов, путей познания и преобразования мира (в данном случае — геологической среды) и ограниченностью на каждом этапе развития общества материальных и духовных средств контроля над этим процессом с точки зрения эффективности регулятивов, вырабатываемых обществом в каждый конкретный период его истории. Успешный поиск путей разрешения указанных противоречий возможен лишь на основе диалектико-материалистической интерпретации значения принципов развития и историзма в построении взаимоотношений общества и природной среды, такой интерпретации, которая включает в себя в органическом единстве историю природы и историю общества, анализ узловых пунктов, взаимосвязи и взаимозависимости процессов их развития.

⁶ Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20. С. 14.

Современная геология занимает особое место в ряду естественных наук. Основная ее проблематика очень тесно связана с решением важнейших мировоззренческих проблем человечества, глобальных проблем бытия. Поэтому совершенно правомерно утверждение о том, что идеи развития и историзма входят органически в ее предмет и методы, гипотезологические предпосылки и установки. В то же время уровень реализации этих идей, очевидно, тесно связан с уровнем социально-экономического развития общества, с его общественными целями, идеалами, ценностями и нормами.

В наши дни история общества и история природы обретают в науке единый источник развития их взаимоотношений. «Субъект впервые получает возможность полностью адекватно отобразить тот спектр возможных направлений деятельности, который дан ему предшествующим развитием и, следовательно, сделать выбор, адекватный его объективным интересам. В результате происходит как бы спрямление линии общественного развития, исчезают зигзаги, связанные с применением обыденного «метода проб», т. е. разработки программ на основе практического опыта. Это влечет также минимизацию негативных побочных результатов»⁷.

К настоящему времени геология дифференцировалась уже на несколько десятков дисциплинарных направлений, что обусловило значительный прирост эмпирического материала, поставив науку перед необходимостью его теоретического осмысления. Вряд ли правомерно в этом случае говорить о кризисе в геологии; наоборот, налицо довольно ощутимый прогресс этой науки. В то же время данная ситуация породила ряд издержек. Так, при расширении «геологической деятельности» человека в процессе удовлетворения практических нужд промышленности недостаточно разрабатывались некоторые, и в частности — ценностно-нормативные, направления в фундаментальных и прикладных геологических исследованиях. Не всегда давался ответ на ставший теперь очень актуальным вопрос: насколько возможна оптимизация процесса социально-биологической эксплуатации земных недр в соответствии с непомерно возросшими общественными потребностями? Причины всего этого лежат за пределами компетенции самой геологии: к сожалению, современный человек полностью еще не осознал своего места в мире и живет еще в противоречии

⁷ Фотанов В. П. Социальная деятельность и теоретическое отражение. Новосибирск, 1986. С. 187.

с природой. Но геологи не в меньшей мере, чем философы, обеспокоены данным положением дел в науке.

Заслуживает внимания точка зрения на этот счет американского ученого Гретенера⁸. Он считает, что непонимание человеком своей роли во взаимодействии с природной средой связано с тем, что некоторые люди еще могут себе позволить думать, что человек, в сущности, явление сверхъестественное и что он, как таковой, может бросать вызов законам природы не только изредка, но и до бесконечности. К тому же в качестве предпосылки еще фигурирует мысль о том, что человек просуществовал так долго, что его будущее обеспечено, что бы он ни делал. А уверенность эта базируется на негодной мерке непосредственного человеческого опыта. И нельзя не принять во внимание предупреждение Гретенера о том, что нет никакого закона природы, который гарантировал бы выживание человека, а верить в существование такого закона — значит отказаться от личной ответственности за результаты своей деятельности.

Гретенер вполне справедливо считает, что человеческая жизнь и человеческий опыт не могут быть мерилom и критерием оценки изменений, которые происходили в истории Земли. История общества — это малозначительное точечное изменение на фоне истории геологических структур. Его нельзя растянуть во времени. Такое положение дел не дает оснований для веры в униформизм. Вера в униформизм даже опасна, утверждает автор, поскольку дает современному человеку ложное ощущение безопасности и поощряет его преуменьшать выпавшую на его долю ответственность. Следовательно, из человеческого опыта, повседневной практики рождаются предпосылки иррационального отношения к природным явлениям. И то, что такое отношение пока превалирует в обществе, оснащённом могущественнейшим научно-техническим потенциалом, свидетельствует о том, что человеческая деятельность — не менее загадочное и таинственное явление, чем самое загадочное явление природы.

Преобразуя окружающую действительность, общественный субъект как бы рационализирует собственное бытие. Как пишет по этому поводу П. В. Копнин, «...человек вносит в мир свой разум, однако только в форме целесообразного, направленного отражения природы и практического действия, воплощающего разумное, идеи в жизнь, от-

⁸ См.: Гретенер П. И. Размышления о «редком событии» и связанных с ним представлениях в геологии // Катастрофы и история Земли: Новый униформизм. М., 1986. С. 89—100.

сюда следует, что именно из человеческой практики, а не из природы могут быть выведены понятия рационального или иррационального отношения к ней»⁹.

Разумеется, когда речь идет о знании рациональном, составляющем основу формирования ценностей и норм конкретно-научного знания, то имеется в виду развитое фундаментальное знание высокой степени общности, являющееся не только основой практической деятельности, но и переходящее в практическое действие непосредственно. Философский же анализ проблемы рациональности в познании и практике, как пишут И. Т. Касавин и З. А. Сокулер, способствует овладению высокой интеллектуальной и практической культурой для деятельности без готовых рецептов¹⁰. Указанные авторы выделяют три формы рациональности в структуре деятельности: во-первых, это рациональность как целеполагание, состоящее в способности деятельности быть ориентированной определенной целью; во-вторых, выделяется форма рациональности, связанная в структуре деятельности с эффективностью использования ее средств, и, в-третьих, рациональность предмета деятельности, выражающаяся в степени его отработанности применительно к наличным средствам и цели.

В связи с тем, что наука позволяет осуществлять рациональное понимание действительности, сама она и задает определенным образом способ получения ценностно-ориентированного знания, дополняя целостное видение мира новыми аспектами, конкретизируя цели познавательной и просоциальной деятельности. Но роль внешних целей как ориентиров теоретического развития состоит, видимо, не в том, чтобы замешать объективную значимость социальной желательности, а в том, чтобы сопоставить, соизмерить критерии внутренние и внешние в условиях, когда все более ощущается взаимообусловленность социально-экономических и теоретических целей в конкретных областях естественнонаучного знания. Представители Штарнбергской группы «Альтернативы в науке» Г. Беме и В. ван ден Даеле предлагают использовать так называемую трехстадийную модель эволюции научного знания для обозначения знания, последовательно сменяющего «предпарадигматическое», «парадигматическое» и «финализируемое» знание¹¹. На основе же

⁹ Копнин П. В. О рациональном и иррациональном // *Вопр. философии*. 1968. № 5. С. 119.

¹⁰ Касавин И. Т., Сокулер З. А. Рациональность в познании и практике: Критический очерк. М., 1989. С. 6—23.

¹¹ Finalization in science. The social orientation of scientific progress. Dordrecht etc.: Reidel. 1983.

такого «финализированного» знания и может быть построена современная научная картина мира, неотъемлемым элементом которой является геологическое знание.

Существует мнение, что современная геология и ее методы развиваются еще во многом на базе устаревшей картины мира, без слома которой невозможно построить и новую теорию развития Земли, включающую развитие производительных сил общества, коренным образом преобразующих геологическую среду. И если такое утверждение спорно, то несомненно, что геологию еще предстоит наполнить ценностно-нормативным содержанием. Интересно, что вначале термин «геология» имел сугубо нормативный смысл. Р. де Бюри в труде под названием «Любовь к книгам», вышедшем в Кёльне в 1473 г., под геологией подразумевал весь комплекс закономерностей и правил «земного» бытия, в противоположность «теологии» — науке о духовной жизни. Но в таком понимании назначения «геологии» есть свое рациональное зерно: именно наукой о закономерностях и правилах земного бытия и призвана, видимо, стать современная геологическая наука.

НАУЧНЫЕ ОТКРЫТИЯ И ПЕРИОДИЗАЦИЯ ИСТОРИИ ГЕОЛОГИИ

Г. Ф. ТРИФОНОВ, канд. геол.-минер. наук

Геологическое познание, как и сам объект познания (Земля и составляющие ее элементы), постоянно развивается, представляя собой дискретную последовательность определенных качественно различных состояний. Происходит постоянное углубление познания, последовательное пополнение его понятийной системы новыми элементами, а также обогащение содержания этих понятий. Важным аспектом развития познания является и его расширение, т. е. вовлечение в процесс познания все новых и новых объектов. Последнее дает основание говорить об универсализации в ходе познания принципа развития, распространения его на все уровни геологической реальности.

Всесторонний анализ этого сложного закономерного процесса геологического познания и является важнейшей задачей историко-геологических исследований. История геологического познания трудами историков науки в целом разра-

© Г. Ф. Трифонов, 1990

ботана, однако в ней есть нерешенные и малоразработанные проблемы. Одна из них — место и значение научных открытий в истории науки.

Значение научных открытий для истории науки очевидно и обусловлено той ролью, которую они играют в развитии науки. Нагляднее всего эта роль видна при рассмотрении истории науки с точки зрения приращения нового знания, которое возможно только благодаря научным открытиям. Значение открытий вытекает также из того, что они отражают закономерный характер развития науки. Это отчетливо видно уже из определения научного открытия: «установление неизвестных ранее объективно существующих закономерностей, свойств и явлений материального мира, вносящих коренные изменения в уровень познания»¹.

Прежде всего научные открытия отражают такую особенность развития науки, как ее преемственность. Действительно, ни одно открытие не возникает на голом месте, ему всегда предшествует научный задел, накопление фактов, обобщение идей. Поэтому открытия являются, с одной стороны, итогом развития познания, а с другой — средством его дальнейшего развития. Последнее хорошо видно на примере научных революций, следующих, как правило, за крупными научными открытиями.

Отражение открытиями закономерного характера развития науки отчетливо проявляется и в наличии одновременных и повторных открытий, свидетельствующих о том, что предпосылки для них созрели, что само развитие науки и материального производства подготовило открытие. В качестве примера можно указать на разработку палеонтологического метода в геологии, к открытию и применению которого одновременно подошли ученые Англии, Франции и Германии.

Большой интерес представляет одновременность открытий в самых различных науках, составляющая в совокупности важнейший «узел» развития всего естествознания.

Из вышеизложенного вытекает, что научные открытия в исследованиях по истории науки заслуживают большего, чем до сих пор, внимания, ибо без учета открытий в развитии познания невозможна подлинная история науки.

Рассмотрим, какую роль могут играть научные открытия в периодизации истории геологии. В тех немногочисленных работах, в которых упоминаются открытия в связи с пе-

¹ Положение об открытиях, изобретениях и рационализаторских предложениях. М., 1973. С. 10.

риодизацией истории науки, их роль как одного из факторов периодизации оценивается неоднозначно. Так, Д. И. Гордеев считает неправомерной периодизацию истории науки по отдельным выдающимся открытиям. Недостатком такого подхода, по его мнению, является то, что в основу периодизации кладутся случайные критерии. В связи с этим необходимо заметить, что даже в тех случаях, когда открытия делаются случайно, они являются формой проявления необходимости. А в целом же научные открытия, как было показано выше, отражают закономерный характер развития науки. Поэтому об открытиях как о случайных критериях говорить не приходится. Д. И. Гордеев пишет, что «наиболее правильным принципом периодизации истории естественных наук является принцип, при котором в основу кладутся собственные особенности развития той или иной науки»². Нам представляется, что «эти собственные особенности развития науки» и отражаются в научных открытиях.

Академик Б. М. Кедров «периодизацию, основанную на выделении эпох в науке по крупным открытиям», называет «поверхностной»³. В то же время, анализируя факторы, которые пробивают брешь в метафизическом воззрении на природу, он называет лайелёвскую теорию медленного развития Земли, а также исследования и открытия, сделанные в области физической географии и биологии. Как видим, и в данном случае речь идет об открытиях, считая открытием и лайелёвскую теорию.

Нельзя не вспомнить и о трех великих открытиях в естествознании, сделанных в интервале с 1838 по 1859 г., а именно клеточную теорию, закон сохранения и превращения энергии и эволюционное учение Ч. Дарвина. Эти открытия, как известно, явились естественно-научными предпосылками формирования диалектического материализма, но и в самих конкретных областях науки они также являются важными «узлами», отделяющими один этап познания от другого.

Приведенные примеры отчетливо показывают, что роль научных открытий в периодизации истории науки весьма значительна. Другое дело, что они являются не единственным фактором периодизации. Эта точка зрения еще в 1966 г. была высказана В. В. Тихомировым, который писал: «Каждый период в истории развития науки характеризуется теоретической идеей, исследовательским методом или научным

² Гордеев Д. И. История геологических наук. М., 1967. Ч. 1. С. 21.

³ Кедров Б. М., Огурцов А. П. Марксистская концепция истории естествознания. XIX век. М., 1978. С. 366.

открытием, которые были важнейшими факторами, обусловившими прогресс науки на данном отрезке времени»⁴. Та же мысль высказывалась В. В. Тихомировым и в более поздних работах⁵.

Существующие периодизации истории геологии имеют одну общую особенность: в них, как правило, рассматривается отличие одного этапа от другого, но в то же время нет анализа того, что является причиной скачка, перехода от одного этапа к другому. Нам представляется, что такой причиной является научное открытие. Действительно, появление в науке новых теорий, гипотез, взглядов, а также методов связано прежде всего с научными открытиями. Так, новая теория всегда является результатом научного открытия. Но, явившись результатом открытия, созданная теория используется для получения новых знаний. А это означает, что теория выступает в качестве научного метода, ибо никакого другого пути для совершения научного открытия в данном случае, кроме как использования уже имеющихся знаний для получения новых, нет. В истории науки методы и возникали как результаты открытий, создания новых теорий.

Таким образом, открытия, являясь важнейшим показателем качественного изменения в характере научного познания, четко отделяют один этап познания от другого и поэтому не могут не быть одним из важных критериев при периодизации истории науки. Но любое ли открытие является таким «репером», свидетельствует о переходе познания на новый уровень? Здесь надо иметь в виду, что научные открытия бывают разные. Есть открытия, которые делаются в рамках существующих представлений и не меняют их. Они только конкретизируют уже сложившиеся основные представления. Так, в астрономии на этапе господства геоцентрических представлений совершались различные открытия, однако они не противоречили установившимся теоретическим представлениям — геоцентрической системе мира. Такие открытия академик Б. М. Кедров назвал эмпирическими: под ними он понимал установление нового факта, нахождение в природе какой-то новой вещи, обнаружение нового явления. По А. С. Майданову, это парадигмальные открытия.

⁴ Тихомиров В. В. О важнейших факторах развития геологии на разных этапах ее истории // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1966. № 10. С. 142—143.

⁵ Тихомиров В. В. Опыт анализа развития отдельной отрасли знания (тектоника) // Тезисы 27-го Междунар. геол. конгр. М., 1984. Т. 8. С. 471.

Но есть и открытия, которые вызывают скачок в развитии познания, обуславливают переход науки к новым этапам, к принципиально новым системам теоретических взглядов. Это, по Б. М. Кедрову, теоретические открытия, а по А. С. Майданову — экстраординарные⁶. «Разница между открытиями обоего рода состоит в том, что эмпирическое не содержит в себе какого-либо объяснения наблюдаемого факта и ограничивается лишь его описанием и констатацией, а теоретическое представляет собой обобщение фактов, установление и раскрытие между ними внутренней связи с целью их объяснения, раскрытия их сущности. Следовательно, теоретическое открытие — это обнаружение нового закона природы или общества, или же мышления, создание новой теории, выдвижение новой гипотезы, выработка нового знания»⁷. Для астрономии подобным открытием было, например, открытие обращения Земли вокруг Солнца.

Это положение хорошо иллюстрируется и открытиями в области геологии. Речь идет об открытиях, «которые коренным образом изменяют существующие представления, порождают совершенно новые направления в науке, заставляют взглянуть по-новому на привычные, устоявшиеся вещи»⁸.

Подлинное открытие происходит тогда, когда оно включается в новую систему представлений или когда ясно осознается его противоречие с существующей концепцией со всеми вытекающими отсюда последствиями — с необходимостью коренной реформы или смены этой концепции.

Отсюда понятно, почему иногда открытие, сделанное в рамках того или иного периода, не сразу вызывает скачок. Это связано с особенностями восприятия открытия другими учеными и соответственно его ассимиляции наукой. Чем радикальнее открытие, чем в большей степени оно отличается от традиционного знания, в лоне которого возникает, тем труднее ассимилируется наукой. Особенности восприятия научного открытия в немалой степени объясняют феномен так называемого «преждевременного» открытия, характеризующегося новизной содержания, но не получающего признания.

Как пишет Н. И. Родный, «судьба преждевременных открытий различна. Некоторые из них забываются и много

⁶ Майданов А. С. Экстраординарные открытия и их типология // *Вопр. философии*. 1986. № 12.

⁷ Кедров Б. М. О теории научного открытия // *Научное творчество*. М., 1969. С. 27.

⁸ Хаин В. Е. Теоретическая геология в перспективе ближайшего десятилетия // *Природа*. 1984. № 1. С. 28.

лет спустя вновь открываются. Другие же известное время остаются в тени, не получают законного отклика и развития в науке, а затем «вступают в строй», становятся событием в науке, оказывающим влияние на ее дальнейшее развитие»⁹.

Среди открытий, имеющих большое значение для периодизации истории геологии, немало открытий и даже изобретений, сделанных в смежных науках. Так, открытие явления радиоактивности, сделанное физиками, коренным образом перевернуло представления геологов — заставило их отказаться от контракционной гипотезы, открыло путь к определению абсолютного возраста горных пород, положило начало новой науке — радиogeологии. Не меньшее значение имело и изобретение в середине XIX в. микроскопа, применение которого при изучении вещественного состава горных пород способствовало быстрому прогрессу петрографии. Открытие спектрометрического и рентгеноструктурных методов обеспечило бурный процесс минералогии. Такое распространение открытий и методов смежных наук в областях, казалось бы, весьма далеких от сферы их первоначального применения, является важнейшим фактором интеграции, синтеза научного знания, все более возрастающим с ходом развития науки.

Для обоснования развиваемого нами положения обратимся к тем рубежам в истории геологии, которые во всех имеющихся периодизациях (В. В. Тихомиров, Д. И. Гордеев, Б. П. Высоцкий) практически совпадают, и поэтому о них можно говорить как об общеприятых. Различие есть только в том, что у некоторых авторов схемы более детальны (так, у Б. В. Высоцкого в каждом периоде выделяются еще подпериоды), а также есть незначительные различия в значении границ и в содержании, вкладываемом авторами в хронологические единицы. Такое совпадение границ между различными этапами истории науки, независимо от того, что принималось за основу для периодизации, свидетельствует о том, что «периодизация истории науки представляет собой объективно существующую реальность. Она не является плодом искусственного приема, использованного тем или иным ученым, а присуща самому процессу развития науки и исследователь лишь выявляет ее»¹⁰.

Итак, первым общепринятым рубежом в истории геологии является середина XVIII в. В развитии знаний о Земле

⁹ Родный Н. И. Некоторые аспекты проблемы научных открытий // Научное творчество. М., 1969. С. 160.

¹⁰ Тихомиров В. В. Опыт анализа процесса развития геологии как науки // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1970. № 4. С. 30—31.

середина XVIII в. ознаменована такими достижениями, как признание исторического развития природы и продолжительности геологического времени. Об этих знаниях как об открытиях не пишут, но совершенно ясно, что это выдающиеся открытия своего времени, с которыми связано возникновение самой геологии как самостоятельной науки в её современном понимании. Особенно большое значение, в частности, для признания исторического развития природы имело установление длительности геологического времени, ибо «независимо от богословских возражений, самым большим препятствием к принятию эволюционных идей всегда была необходимость признания огромной продолжительности геологической истории»¹¹.

Начало XIX в. связано с внедрением в геологическую практику палеонтологического метода, в основе которого лежит открытие В. Смита, установившего, что в пластах одного и того же возраста заключены одинаковые окаменелости. Это открытие в познании природы позволило определить относительный возраст горных пород, поднять на новый уровень геологические исследования, способствовало быстрому прогрессу стратиграфии и геологического картирования.

Середина XIX в. Этот рубеж, как отмечает академик Б. М. Кедров, является вообще весьма важным для всего естествознания. Он ознаменован такими важными открытиями, как разграничение понятия атома и молекулы, создание спектрального анализа. В геологии он связан с началом применения идей эволюционного учения Ч. Дарвина и внедрения микроскопа.

Эволюционное учение оказало огромное влияние на весь комплекс геологических наук. В связи с проникновением идей Дарвина в науки о неживой природе постепенно утверждается вывод о необратимости геологических процессов. Возникает целый ряд геологических дисциплин, таких как эволюционная палеонтология, историческая геология, палеогеография, и поднимаются на новый уровень старые.

Применение микроскопа в геологических исследованиях вызвало расцвет наук о вещественном составе горных пород — генетической минералогии, петрографии, петрологии, геохимии, учения о метаморфизме.

Конец XIX — начало XX в. Этот рубеж характеризуется целым рядом выдающихся открытий, поднявших на

¹¹ Джек Дж. Возникновение и развитие идей эволюции. М., 1924. С. 102.

новый уровень геологическое познание. Так, на последующем развитии геологии очень сильно отразилось открытие явления радиоактивности, на базе которого впоследствии были разработаны методы определения абсолютного возраста геологических образований и Земли в целом. Это же открытие подорвало гипотезу контракции, занимавшую во второй половине XIX в. господствующее положение в геологии. К этому же времени относится основанный на данных сейсмологии вывод о наличии в Земле концентрических оболочек — земной коры, мантии и ядра.

Но рубеж столетий ознаменован был прежде всего всеобщим признанием и распространением учения о геосинклиналях. Выделение геосинклиналей было воспринято геологами как едва ли не самое крупное открытие геологии за всю ее историю. Геосинклинали стали рассматриваться как главные «возмутители» спокойствия планеты, и познание их развития воспринималось геологами как познание основных динамических процессов, протекающих в недрах Земли. И действительно, учение о геосинклиналях надолго определило развитие геологических наук, занимало главенствующее положение в геологии.

На примере этого учения хорошо видно, как научные открытия подготавливаются и делаются на предшествующей стадии научного познания и, получив признание, выступают как основа для скачка. Возникновение теории геосинклиналей связано с именами американских геологов Д. Холла (1859) и Д. Дэна (1873). Но в своем первоначальном виде американская теория геосинклиналей не приобрела широкого признания. Она введена в широкий геологический обиход французским геологом Э. Огом на рубеже XIX—XX вв. Именно труды Э. Ога (1900, 1907), впервые четко сформулировавшего основные положения учения о геосинклиналях, совершили революцию в геологии.

С середины XX в. начинается современный этап развития геологии, который носит переломный, а как считают многие, и революционный характер. Это связано с возрождением идей мобилизма и созданием новой глобальной, тектоники или тектоники плит.

Создание этой концепции, которую некоторые авторы (О. Г. Сорохтин и др.) считают первой в истории геологии современной научной теорией, связано с открытием явления остаточного магнетизма и коренным изменением представлений о рельефе дна Мирового океана в связи с открытием глобальной системы срединно-океанических хребтов и связанных с ними рифтов. Хотя эти идеи поддерживаются не

всеми (в СССР активно отрицают и критикуют неомобилизм В. В. Белоусов, Ю. А. Косыгин и др.), несомненно, что именно эти идеи и борьба, которая развернулась вокруг них, определяют современный этап геологического познания.

Таким образом, вышеприведенные данные, на наш взгляд, отчетливо показывают, что именно научные открытия являются одной из основных причин скачков в развитии познания, перехода его от одного этапа к другому.

О СПЕЦИФИКЕ НАУЧНЫХ РЕВОЛЮЦИЙ В ГЕОЛОГИИ

В. А. КИРКИНСКИЙ, д-р геол.-минер. наук

Цель данной статьи — с точки зрения методологии науки рассмотреть особенности развития геологии и проанализировать возможность ускорения научно-технической революции в науках о Земле.

Одним из важных достижений методологии является развенчание индуктивного метода, ведущего начало еще от Ф. Бэкона¹. В течение столетий принималось, а многими геологами считается и доньше, что научное познание начинается с непредвзятой и бесстрастной регистрации эмпирического материала. Лишь после того как накоплен достаточно большой фактический материал, включается теоретическое мышление, цель которого — обобщить и систематизировать эмпирические данные. Гносеологи показали, что понимание восприятия как простой регистрации чувственных данных очень далеко от действительности. Теоретические представления в значительной степени предопределяют то, на какие грани наблюдаемых явлений мы обращаем внимание. Как отмечал А. Эйнштейн, в принципе, абсолютно неправильно обосновывать теорию с помощью одних только наблюдаемых величин², поскольку именно теория решает, что мы можем наблюдать, и определяет смысл используемых нами понятий.

Другим крупным событием в области методологии явилось появление книги Т. Куна «Структура научных революций»³. На основе изучения истории физики Т. Кун пришел к заключению, что главные импульсы в развитие науки

¹ Popper K. R. The logic of scientific discovery. L., 1959. P. 173.

² Эйнштейн А. Физика и реальность. М., 1965.

³ Кун Т. Структура научных революций. М., 1977.

вносят революционные смены парадигм; за такой сменой следуют долгие периоды нормального состояния науки, активность которых сравнима с однообразием разгадывания головоломок.

На примере развития геологии в XX в. покажем, с одной стороны, возможность использования, а с другой — необходимость существенного исправления и развития этих идей. Автор считает, что радикальное изменение взглядов в теоретической геологии, связанное с появлением новой глобальной тектоники, является прекрасным примером научной революции. Понимание закономерностей такой революции чрезвычайно важно, если мы заинтересованы в ускорении решения фундаментальных проблем геологии и считаем их важными для практики.

История зарождения, становления и развития новой глобальной тектоники исключительно интересна и поучительна. Этой теме посвящен целый ряд научных и популярных книг⁴.

Основные особенности революции в геологии связаны прежде всего с исключительной сложностью геологических объектов. В связи с этим процитируем высказывание известного советского физика Я. Френкеля: «Чем сложнее рассматриваемая система, тем по необходимости упрощеннее должно быть ее теоретическое описание... Физик-теоретик в этом отношении подобен художнику-карикатуристу, который должен воспроизвести оригинал не во всех деталях, подобно фотоаппарату, но упростить и схематизировать его таким образом, чтобы выявить и подчеркнуть наиболее характерные черты»⁵. Если такая проблема есть в физике, то тем более остро она стоит у геологов, которые поневоле должны значительно дальше отходить от реальности и в значительной степени использовать гипотезы.

Другое следствие сложности геологических объектов — отсутствие единой парадигмы. По существу, в каждой крупной области геологии (например, в палеонтологии, минералогии) есть свои парадигмы, и изменение их в одном разделе сравнительно мало влияет на состояние других.

⁴ Проблемы глобальной тектоники. М., 1973; Новая глобальная тектоника (тектоника плит). М., 1974; Сорохтин О. Г. Глобальная эволюция Земли. М., 1974; Пишон Ле К., Франшо Ж., Боннин Ж. Тектоника плит. М., 1977; Зоненшайн Л. П., Савостин Л. А. Введение в геодинамику. М., 1979; Уеда С. Новый взгляд на Землю. М., 1980.

⁵ Френкель В. Я. Изучение дискуссий по физике — основа их планирования и проведения // Вопр. философии. 1978. С. 94.

Сказанное определяет две характерные черты развития геологической науки.

1. В сравнении с точными науками: физикой, химией и другими — в геологии сглажено различие между революционными и эволюционными этапами развития. Здесь можно провести аналогию с фазовыми переходами первого рода, характеризующими скачкообразное изменение термодинамического потенциала и физических свойств вещества (плавление льда, кипение воды), и переходами второго рода — например, упорядочением атомов в сплаве, протекающем в значительном интервале температур.

Первой причиной длительности революционных этапов в геологии является то, что становление тектоники плит связано с работами коллективов самых разных специальностей — палеонтологов, сейсмологов, магнитологов, геохимиков и т. д. Таким образом, скачок в развитии на самом деле состоит из ряда ступенек. Другая причина «размытия» революционного скачка в геологии связана с тем, что сама тектоника плит с момента своего зарождения постоянно видоизменяется, нередко даже в своих существенных положениях. Идея о больших горизонтальных перемещениях континентов, зародившаяся еще до работ А. Вегенера⁶, претерпела с течением времени кардинальные изменения. Работы А. Холмса⁷, а также упоминавшиеся ранее работы Г. Хесса, Р. Дитца, Ф. Вайна, Д. Мэтьюза, В. Моргана, Дж. Уилсона и многих других находятся, с одной стороны, в рамках идей мобилизма, а с другой — значительно модифицировали эту концепцию.

2. Сложность геологических объектов, невозможность прямых экспериментов определяют другую важнейшую особенность — одновременное существование нескольких ведущих гипотез и их продолжительную борьбу. В истории геологии известно длительное противостояние школ — непутистов и плутолистов, катастрофистов и униформистов, фиксистов и мобилистов.

Новые гипотезы в момент своего зарождения охватывают обычно весьма ограниченный круг эмпирического материала, а делаемые на их основе предсказания не особенно точны. Сторонники старой теории бывают обычно в состоянии либо улучшить ее, либо ввести добавочные допущения. Геологи обычно не спешат с окончательным приговором. Решающий

⁶ Вегенер А. Возникновение материков и океанов. М.; Л., 1925.

⁷ Holmes A. Radioactivity and Earth movements // Trans. Geol. Soc. Glasgow, 1934. V. 18, N 5/6. P. 559—606.

эксперимент или наблюдения в геологии крайне редки. Кроме того, на основе одного экспериментального материала могут быть построены разные теории.

На отмеченные объективные особенности развития науки накладываются закономерности, связанные отношениями людей и коллективов, ибо науку делают живые люди. Субъективные отношения являются одной из важных причин сосуществования нескольких взаимоисключающих теорий.

В чем причина очень длительного периода устойчивости старых воззрений? Прежде всего, консерватизм — в общем нормальное явление в жизни и науке. Так, К. Поппер пишет: «...ученый-догматик играет важную роль в науке. Если мы легко капитулируем перед критицизмом, то мы никогда не найдем, в чем заключается истинная сила наших теорий»⁸. Консерватизм характеризует устойчивость теоретического знания и находится в диалектическом единстве с его изменчивостью.

Можно привести аналогию между развитием научного знания и форм жизни. С одной стороны, передача генов по наследству позволяет сохранить то ценное, что достигнуто в процессе эволюции, с другой — появление небольшого количества мутаций дает новые формы жизни, которые могут оказаться более совершенными и приспособленными к условиям среды. Накопленная совокупность знаний, передаваемая от поколения к поколению, подобна генофонду, роль мутаций играют новые гипотезы. В жизни складывается определенное разумное соотношение между количеством мутантных и неизменных форм.

Любая социальная группа не может существовать так, чтобы заново решать уже решенные задачи и заново убеждать своих членов в обязательности тех или иных действий. Накопленные и оправдавшие себя действия становятся само собой разумеющимися.

Факторы стабилизации теоретических систем рассмотрены в работе В. П. Ворожцова⁹. Процесс смены знаний обычно наталкивается на противодействие влиятельных личностей, привыкших к определенному стереотипу. Монопольное положение некоторых ученых с определенными чертами ха-

⁸ Popper K. Normal science and its danger. Criticism and the growth of knowledge. Cambridge, 1970. P. 55.

⁹ Ворожцов В. П. Диалектика устойчивости и изменчивости теоретического знания и методологические установки ученого // Методологические проблемы конкретных наук. Новосибирск, 1984. С. 31—46.

рактера, пусть даже талантливых и выдающихся, по мнению акад. Н. Н. Семенова¹⁰, может приводить к застою мысли в этой области. Школа такого ученого становится эпитонской.

Можно привести множество примеров консерватизма даже великих ученых в физике и химии: А. Эйнштейн по отношению к квантовой механике; М. Планк — к идее дискретности, несмотря на свой решающий вклад в эту проблему; В. Освальд по отношению к молекулярно-кинетической теории газов; Д. И. Менделеев по отношению к Бутлеровой теории строения в органической химии и т. д. Тем более это происходит в геологии, где из-за сложности явлений практически любые факты могут получить разное объяснение. Так, «Кельвин и Джели умерли, не признав публично, что открытие радиоактивности полностью дискредитирует их оценки геологического возраста. Геофизик Джеффрис отказывался видеть геофизические доказательства горизонтального движения континентов с не меньшим упорством, чем раньше игнорировал геологические и биологические»¹¹. Невольно вспоминается известное пессимистическое высказывание Макса Планка: «Обычно новые научные истины побеждают не так, что их противников убеждают и они признают свою неправоту, редко случается, что Саул становится Павлом. На самом деле ее противники постепенно вымирают, а подрастающее поколение усваивает истину сразу»¹².

Если так сложна борьба гипотез в науке, встает вопрос: а каковы же критерии истины? Согласно тезису К. Поппера, мы вольны выдвигать сколь угодно много спекулятивных гипотез, но, чтобы считаться научными теориями, они должны быть в принципе проверяемы с помощью эксперимента или наблюдений. Если некий эксперимент или наблюдение существенно укрепляют одну точку зрения, то они, безусловно, вносят большой вклад в развитие науки. Например, предсказанное тектоникой плит изменение возраста дна Атлантического океана в зависимости от удаления от срединно-океанического хребта полностью подтвердилось при непосредственном бурении и значительно укрепило эту концепцию. Но оказалось, что это убедило только часть оппонентов,

¹⁰ Семенов Н. Н. Наука и общество: Статьи и речи. М., 1973. С. 207.

¹¹ Хеллем Э. Великие геологические споры. М., 1983. С. 189.

¹² Plank M. Scientific autobiography and other papers. N. Y., 1949. P. 33.

а остальные стали предлагать другие объяснения этого факта.

К. Поппер подчеркивает неравноценность (асимметрию) верификации и фальсификации научных теорий¹³. Никакое количество подтверждающих экспериментов или наблюдений не может привести к окончательной верификации данной теории, в то время как фальсифицирована она может быть одним единственным критическим экспериментом или серией наблюдений. Фальсификация, по Дж. Циману, стратегически выглядит здраво, но теоретически беспомощна¹⁴. На практике почти любая теория в определенной мере «фальсифицируется» с помощью соответствующих наблюдений. Вопрос в том, как отнестись к отрицательному результату: считать ли его действительно полным опровержением теории или же им можно временно пренебречь, вводя необходимые поправки в наблюдения или расчеты.

Казалось бы, универсальный критерий истины — практика. В. И. Ленин подчеркивал важность этого критерия, но в то же время писал: «...критерий практики никогда не может по самой сути подтвердить или опровергнуть полностью какого бы то ни было человеческого представления, этот критерий настолько неопределен, чтобы не позволять знанию человека превращаться в абсолют»¹⁵.

Сложность с установлением истины привела Т. Куна и его последователей к релятивизму. По Куну, истина — это результат соглашения сообщества ученых. Через некоторое время это соглашение может быть нарушено, следовательно, истина условна. Релятивисты отказываются сравнивать научные теории по степени их эмпирической подтверждаемости.

Действительно, эмпирический материал никогда не бывает дан в чистом виде без того, что привносится сложившимися понятиями и теоретическим установкам. И тем не менее, этот материал задает опорные точки познавательной деятельности, он контролируется логикой и здравым смыслом. Поэтому можно опираться на здравый смысл научного сообщества, хотя каждая научная теория — это не истина в последней инстанции, а попытка приблизиться к ней исходя из современного развития науки и техники.

¹³ Popper K. R. The logic of scientific discovery. P. 173.

¹⁴ Ziman J. Reliable knowledge. Cambridge University Press, 1978, P. 87.

¹⁵ Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм. М., 1969. С. 138.

Может ли все научное сообщество ошибаться? В принципе это возможно. Однако ввиду реально существующего консерватизма научного сообщества, о котором говорилось выше, гораздо чаще встречаются ошибки недооценки новых гипотез, чем их переоценки. Что же можно сделать, чтобы ускорить процесс рождения и становления новых теорий? Можно ли использовать этот огромный резерв времени, крайне нужный для ускорения научно-технического прогресса?

Сформулируем несколько практических рекомендаций:

1) прежде всего, необходимо глубокое понимание закономерностей революционных преобразований в науке, объективных и субъективных трудностей становления нового;

2) весьма желательно всемерно поощрять высказывание и обсуждение новых идей в виде устных и журнальных дискуссий. К сожалению, сейчас дискуссионные статьи практически изгнаны из журналов, очень редки проблемные дискуссии на конференциях;

3) необходимо четкое осознание главных теоретических проблем геологии, формулировка существующих альтернативных решений, выработка программы для выбора между ними;

4) необходимо осознать тот факт, что консерватизм в науке имеет не только объективные, но и субъективные корни.

Выжидать, когда все ученые встанут на новые позиции, равносильно задержке использования более прогрессивных идей на десятки лет, что приводит к миллиардным убыткам, так как практическая геология основывает поисково-разведочные работы на базе концепций, ложность которых признает подавляющая часть научного сообщества.

В заключение приведем цитату из Программы КПСС, принятой на ее XXVII съезде: «Партия поддерживает смелый поиск, соревнование идей и направлений в науке, плодотворные дискуссии. Науке противопоставлены как схоластические рассуждения, так и пассивная регистрация фактов, чужающаяся смелых теоретических обобщений, конъюнктурщина, отрыв от реальности»¹⁶.

¹⁶ Программа Коммунистической партии Советского Союза. М., 1986. С. 58.

К МЕТОДОЛОГИИ ПАЛЕОГЕОГРАФИИ

В. А. ЧИЛИКИН

В современной геологии сложилась ситуация, когда решение практических задач стало полностью зависимым от развития теоретической базы, обеспечивающей обоснование и разработку методов их достижения на основе установленных закономерностей или достаточно обоснованных теорий и гипотез. Недооценка изменившегося положения привела к тому, что некоторые геологические науки, методология которых не получила должного развития (стратиграфия, литология, палеогеография), оказались неспособными решать современные проблемы народного хозяйства, связанные с геологией. Наглядный пример — «судьба» палеогеографии, принципы и методы которой оставались неизменными с прошлого века¹, в результате чего пропал интерес к ее построениям, будь то литологофациальные и палеогеографические карты или характеристики древних обстановок по отдельным параметрам (климат, рельеф и др.). В таком положении становится необходимой разработка новой методологии, основанной на современных идеях теоретической геологии и философии, способной обеспечить палеогеографию — «науке о географических ландшафтах прошлого и их развитии»², науке, результаты которой самым непосредственным образом могли бы свидетельствовать об эволюции процессов на Земле, — достоверность палеореконокструкций, глубину и детальность исследований. Обновление основополагающих принципов палеогеографии решающим образом скажется на науках, тесно с ней связанных — литологии и исторической геологии.

В определении палеогеографии как науки и ее методов существенных разногласий как у советских, так и у иностранных исследователей нет³. Это связано с общим убежде-

¹ См.: Соловьев Ю. Я. Возникновение и развитие палеогеографии в России. М., 1966.

² Геологический словарь. М., 1973. Т. 2. С. 65.

³ См., например: Верзилин Н. Н. Методы палеогеографических исследований. М., 1979; Жижченко Б. П. Методы палеогеографических исследований в нефтегазоносных областях. М., 1974; Марковский Н. И. Палеогеографические основы поисков нефти и газа. М., 1973; Рухин Л. В. Основы общей палеогеографии. Л., 1962; Историческая геология: Учебник для вузов. М., 1986; Петгиджон Ф. Дж. Осадочные породы. М., 1981; Хеллем Э. Интерпретация фаций и стратиграфическая последовательность. М., 1983; и др.

нием, что единственным источником информации о прошлом планеты являются породы, обязанные своим происхождением определенным физико-географическим условиям. Основным методом в палеогеографии является фациальный анализ — выделение фаций и их генетическая интерпретация на основе принципа актуализма⁴, который, несмотря на полемику вокруг возможности его применения⁵, в том числе и в палеогеографии⁶, остается основополагающим принципом исторических реконструкций в геологии.

В настоящее время дано более 100 определений термина «фация»⁷, но по сущности их можно разбить на три группы⁸: 1) фация — обстановка осадконакопления; 2) фация — особенности осадков или пород, указывающие на способ их образования; 3) фация — сами осадки или породы с их характерными, отличительными признаками, показывающими, в каких условиях они возникли. В определениях термина «фация» не указаны ни признаки выделения фации, если это осадок или порода, ни способы образования⁹, если это относится к обстановке осадконакопления, т. е. не сформулировано значение данного термина, в результате «выбор фаций всегда чисто субъективный процесс»¹⁰ — признание, указывающее не только на бессмысленность всяких дискуссий о фациях¹¹, но и на причину скептического отношения к палеогеографическим построениям.

Для получения достоверных палеогеографических моделей, соответствующих в значительной степени реальной обстановке, необходима прежде всего объективность на всех этапах исследования и в первую очередь при изучении геологических тел, выделение которых субъективно в силу неопределенности понятия «горная порода», которая характе-

⁴ Жижченко Б. П. Методы палеогеографических исследований в нефтегазоносных областях; Марковский Н. И. Палеогеографические основы поисков нефти и газа; Рухин Л. В. Основы палеогеографии; Верзилин Н. П. Методы палеогеографических исследований; Корж М. В. Палеогеографические критерии нефтегазоносности юры Западной Сибири. М., 1978; Лидер М. В. Седиментология. Процессы и продукты. М., 1986 и др.

⁵ См.: Французова Н. П. Исторический метод в научном познании. М., 1972.

⁶ Верзилин Н. Н., Калмыкова Н. А. Методологические проблемы использования принципа актуализма в палеогеографии // Методология литологических исследований. Новосибирск, 1985. С. 91—102.

⁷ Геологический словарь. Т. 2. С. 352.

⁸ Логвиненко Н. В. Петрография осадочных пород. М., 1974. С. 207.

⁹ Философский словарь. М., 1986. С. 342.

¹⁰ Лидер М. Р. Седиментология. М., 1986. С. 157.

¹¹ См.: Крашенинников. Ученые о фациях. М., 1971 и др.

ризуется в большинстве случаев как «минеральный агрегат» или «естественная ассоциация минералов»¹². Анализ определения горной породы позволил рассматривать ее как вещество, форму существования которого определяет стратиграфия, структурная геология и системные исследования¹³. Этот вывод полностью исключает использование существующих определений горной породы на практике: вещество, как вид материи, не может существовать вне конкретных форм¹⁴, представляющих собой не только способ существования, но и способ выражения содержания¹⁵, в данном случае — породы, которая, являясь продуктом геологического процесса, отражает в своем строении его закономерности через определенным образом упорядоченную систему элементов и соответствующую данной системе форму. Только признание объективного существования у породы формы, как способа выражения ее содержания, ведет к признанию существующих закономерностей, а через них делает возможным суждения об условиях формирования породного тела.

Исследования различных пород осадочного происхождения показывают, что это не просто ассоциации минералов, образующих всякое породное вещество, а совокупность своеобразных образований различного типа, представленных остатками раковин и следами деятельности животных, частями растений, пеллетами, обломками пород, слоями смешанного состава, слоями глинистого вещества и другими формами, образующими «элементарные ячейки»¹⁶ породного вещества. На основе таких представлений мной было дано новое определение породы: *«порода (породный вид) есть упорядоченная совокупность элементарных ячеек породного вещества, образующего закономерные и сравнительно устойчивые сочетания»*¹⁷. Форма существования породного вида — пласт, в пределах которого находит свое выражение приращение породе вещество, каким является ассоциация минералов.

Данное определение общее, его можно конкретизировать и детализировать, но в целом оно раскрывает специфический

¹² См.: Геологические тела. М., 1986. С. 220—225.

¹³ См.: Кириллова Л. Г. Горная порода: вещество или тело? // Системные исследования в геологии. Владивосток, 1979. С. 125—129.

¹⁴ Философский словарь. С. 272.

¹⁵ Там же. С. 434.

¹⁶ Забродин В. Ю., Кулындышева В. А., Соловьев В. А. Естественные тела и проблема объекта в геологии // Методологические и философские проблемы геологии. Новосибирск, 1979. С. 85.

¹⁷ Чиликин В. А. Логико-структурный анализ стратиграфической классификации // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1986. Вып. 4. С. 156.

характер породы, что, собственно, и важно для построения моделей физикогеологических обстановок. Сформулированное определение раскрывает породу как природную систему с присущей ей элементами и структурой, что определено системностью самой природы¹⁸. Системность породы делает возможным сопоставление одной системы с другой — ландшафтной¹⁹, обусловившей формирование породы, и выявление на основе причинно-следственных закономерностей ипформационного дрифтинга, существующего в условиях взаимодействия двух систем.

Как видно из определения породы, она сформирована элементарными образованиями, каждое из которых характеризуется своим содержанием и внутренней структурой, но указанные свойства не являются независимыми, чтобы рассматривать их как элементы второго порядка, а связаны со свойствами этого порядка других элементов породы. Такая взаимосвязь характерна и для системы ландшафта, пределах которого отсутствует жесткая непосредственная связь, а ее функцию выполняет общая среда через свои свойства, значения которых изменяются в каких-то пределах. К примеру, температура воды на поверхности бассейна и на дне не одна и та же, и обитающая в нагретой поверхностной воде планктонная форма, и обитающая в холодной воде прикрепленная форма будут находиться после отмирания вместе, но значения температур, определенные по находкам раковин этих форм, будут разными. То же можно сказать и о других параметрах среды: они не зафиксированы одним значением, а изменяются в каких-то пределах, определить их можно только на основании интерпретации характеристик каждого вида элементарных ячеек вещества.

Количество элементов разного вида необходимо учитывать при получении среднестатистических показателей, которые необходимы для построения обобщенной модели палеообстановки, и построения объемных палеомоделей. Для определения значений одного из параметров палеообстановки по разным элементарным образованиям породы разрабатывается обоснование метода и сам метод. Для всех существенных свойств, образующих состояние ландшафтной системы и выраженных параметрами (площадь, глубина, рельеф дна, гидродинамика, температурный режим, физико-химический ре-

¹⁸ Аверьянов А. Н. Системное познание мира: Методологические проблемы. М., 1985.

¹⁹ Демек Я. Теория систем и изучение ландшафтов. М., 1977. С. 44—51.

жим, фауна и флора), необходимо создание целой методологической системы, которая строится из элементарных методологических ячеек — блоков, в каждый из которых входят критерии определения параметра по характеристикам отдельных элементов.

Как видим, характер информационного взаимодействия в надсистеме порода — ландшафт взаимозависимый: элементарные ячейки породного вещества являются непосредственными источниками информации по статистическим параметрам (глубина, температура и др.), а через них — по динамическим параметрам (течения, волновые и биогенные воздействия и др.), но непосредственным источником информации по динамическим параметрам является структура породного тела — связь и отношения составляющих породу элементарных образований, которые характеризуются через переслаивание, взаимоотношения слоев и слоёв, их направленность, наличие контактов между ними и другими текстурными признаками. Интерпретация динамических параметров возможна на основе элементарных методологических ячеек, входящих в общую систему методологии палеогеографии.

Элементарное породное тело — пласт — характеризует ландшафт, в котором, несмотря на изменения условий, сохраняется целостность системы. На определенной стадии изменения достигают такого уровня значений, когда ландшафтная система приобретает новое качество, которому будет отвечать новое породное тело. Смена породных тел — объективное отражение развития физико-географических условий и процессов на Земле. Смена геологических тел есть само развитие земной осадочной оболочки, есть геологическое развитие.

При решении возможностей восстановления физико-геофизических условий рассматривался только породный уровень развития вещества, отвечающий, по моим представлениям, геологической форме движения материи. Другие уровни развития вещества на Земле, такие как минералы, элементы, отвечают формам движения, имеющим свои закономерности развития, вследствие чего данные, полученные по элементам, минералам, нельзя с определенной уверенностью сопоставлять с данными, полученными на породном уровне. Характер сопоставления данных, полученных на разных уровнях развития вещества, должен определяться через зависимости между системами более простыми и элементарными ячейками следующих за ними в ряду развития более сложных систем.

В основе получения всей информации о прошлом должна лежать методологическая система, опирающаяся на причинность существующей и восстанавливаемой систем, какими в данном случае являются породное тело и палеоландшафт. Обилие многообразных данных и сложность их связей делают необходимым компьютерную обработку материала, что позволит строить модели, имеющие «природный» характер и приближенные к палеоландшафтам настолько, насколько позволяют это современные методы, развитие которых определяется состоянием теоретической базы науки. Такой подход дает возможность в дальнейшем, с расширением и углублением наших знаний, совершенствовать, не перечеркивая, имеющуюся модель, приближая ее к реально существующему ландшафту. Представляется, что построение такого рода моделей даст новый импульс развитию палеогеографии и использованию ее результатов для нужд практической геологии.

Раздел 1.

РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ И ГЕОЛОГИЯ

ЧАРЛЗ ЛАЙЕЛЬ КАК ЭВОЛЮЦИОНИСТ И ЭКОЛОГ

И. В. КРУТЬ, д-р геол.-минер. наук

В развитии классической геологии Чарлз Лайель (1797—1875) сыграл роль подобную роли Исаака Ньютона (1642—1727) в физике и Чарлза Дарвина (1809—1882) в биологии. Используя принцип сохранения (униформизма) и исторический метод (актуализм), Лайель создал адекватную теорию геологического процесса и приложил ее к расшифровке истории Земли¹. С 1830 г. он, с благодарностью следуя Джеймсу Геттону (1726—1797), многократно писал о «природной экономии», которой, в частности, подчинена и «животная экономия»². Лайелю импонирует индуистская божественная триада — Брами, Вишну, Шива, которые олицетворяют соответственно творящую, сохраняющую и разрушающую силы природы. Ему не нравятся геозитические представления античных стоиков об очищении мира катастрофами. Не приемлет он и провиденциалистский катастрофизм Ж. Кювье (1769—1832).

Лайель формулирует положение, которое можно считать одним из общих геоэкологических принципов: «Пригодность нашей планеты к поддержанию как наземных, так и водных видов животных и растений обеспечивается поднимающей и понижающей силой тех причин, которые действуют внутри

¹ Понимание концепции Лайеля дано в кн.: Круть И. В. Исследование оснований теоретической геологии. М., 1973. С. 27—39, другие ее аспекты см. также: Катастрофы и история Земли: Новый униформизм. М., 1986; и др.

² Лайель Ч. Основные начала геологии или новейшие изменения Земли и ее обитателей. М., 1866. Т. 1. С. 9; и др.

Земли. Эти причины, хотя часто и служат источниками смерти и ужаса для обитателей земного шара, последовательно посещая каждый пояс и переполняя Землю памятниками разрушения и беспорядка, тем не менее составляют деяния охраняющего свойства, которые преимущественно пред всеми прочими существенно необходимы для прочности системы»³. Иными словами, биогосфера, или экосфера, сохраняется взаимодействием эндогенных и экзогенных процессов, которое является механизмом саморегуляции системы Земли.

В начале Лайель гипертрофировал принцип *единообразия* и даже отрицал поступательное возрастание сложности и многообразия в организации развивающейся природы. Но уже в 1837 г. он писал, что «однообразные причины должны вызывать бесконечное разнообразие действий как в живом, так и в неодушевленном мире», что «появление людей стало новым геологическим фактором, отличающимся по роду и энергии от всех ранее действовавших», что этот фактор служит «неопровержимым возражением против любого, кто выступил бы с защитой абсолютного единообразия»⁴. Лайель не только становится *геоэволюционистом*, но позднее принимает и дарвиновский *трансформизм*.

Униформистский принцип Геттона — Лайеля стал формулировкой первого в геологии принципа сохранения, который выявил своего рода инвариант геологического процесса, поставил граничные условия геологического познания. Но поскольку жесткость и вероятность причинно-следственных связей меняются от одного к другому *уровню организации*, то соответственно поуровненным оказывается и эффективное использование униформизма как принципа сохранения при историческом геологическом исследовании. Так, в отношении константности физико-химических законов геологи с достаточным основанием могут оставаться сравнительно спокойными. Иное дело со специфически геологическими явлениями, которые оказываются часто неповторимыми и явно эволюционируют. Но и здесь геологи не могут игнорировать униформизм. Как писал в 1842 г. Джон Гершель (1792—1871), «они стараются более ограничиваться тщательным исследованием причин, очевидно действующих и в настоящее время, с целью узнать, насколько эти причины пригодны для объяснения наблюдаемых фактов; затем, как остаточные явления, ими выставляются на вид те ре-

³ Там же. Т. 2. С. 256—257.

⁴ Цит. по: Высоцкий Б. П. Проблемы истории и методологии геологических наук. М., 1977. С. 105.

зультаты, которые не могут быть объяснены таким образом»⁵. Как видим и в лайелевские времена путь к историзму (или актуализму, в современном широком понимании) лежал через униформизм — сначала вычленился и прослеживался инвариант, а затем уже изучался изменяющийся «остаток» (неповторимое).

Исключительно интересен вопрос об отношении Лайеля к *эволюции органического мира*. Иногда считают, что к этой проблеме он относился непоследовательно, даже чуть ли не с подозрением; но, может быть, в лайелевских взглядах больше глубины, чем принято думать. В письме к В. Уэвеллу он писал: «Я считаю невозможным, чтобы кто-нибудь прочел мою работу и не понял, что в моем представлении об однообразии причин, вызывающих перемены, всегда подразумевается, что эти однообразные причины должны вызывать бесконечное разнообразие действий как в живом, так и в неодушевленном мире»⁶. Лайель мыслил, как можно теперь сказать, *экосистемно*; справедливо отмечается, что его понятие «станция» соответствует современному «биогеоценоз»⁷. Для Лайеля было естественным признание совместной эволюции геоса и биоса; причем он делал вывод о большой скорости геологических процессов по сравнению с изменением биологических видов, реальность и таксономическая дискретность которых для него была очевидна. Этому, надо полагать, не противоречил униформизм как принцип сохранения и геологических, и биологических, и, добавим, экологических явлений. За четверть века до «Происхождения видов» Ч. Дарвина в 1836 г. в письме к Д. Гершелю Лайель писал: «Я очень рад узнать, что Вы считаете вероятной возможность возникновения новых видов путем вмешательства побочных причин. Я предоставил сделать соответственные выводы об этом другим»⁸. И далее в этом же письме: «Когда я впервые пришел к представлению о последовательности вымирания видов и о создании новых, а также о том, что этот процесс продолжается непрерывно и теперь, и также происходил в течение бесконечного прошлого, и должен продолжаться и в будущем, и все это — для приспособления к переменам, которые должны вечно продолжаться на неодушевленной, но обитаемой Земле, эта идея поразила меня как

⁵ Гершель Д. Философия естествознания. Спб., 1868. С. 282—283.

⁶ Цит. по: Джэд Дж. Возникновение и развитие идеи эволюции. М., 1924. С. 53—54.

⁷ Равикович А. И. Чарлз Лайель. М., 1976. С. 143.

⁸ Цит. по: Джэд Дж. Возникновение и развитие идеи эволюции. С. 55.

самое великое, что я когда-либо возымел в мыслях, насколько это относится к атрибутам высшего разума»⁹.

Итак, Лайель видел эволюцию на экосистемном уровне. Вместе с тем, вскрывая «механизм» геологической эволюции (*геологический трансформизм*), он не обнаруживал «механизма» признаваемой им биологической эволюции, что отличало его от Ламарка и Дарвина как *биологических трансформистов*¹⁰. Это не значит, что Лайель отвергал биологический трансформизм вообще. Признавая биоэволюцию, он отвергал трансформизм ламаркистского толка, несмотря на его во многом экологический характер. В письме к Э. Геккелю он писал: «Я защищал закон непрерывности даже в органическом мире, насколько это возможно без принятия теории трансмутации видов Ламарка. Мне кажется, что мне принадлежит первая работа (опубликованная в 1832 г.), в которой делалась попытка показать, что так как причины, ныне действующие, продолжались непрерывно, варьируя в климате и физической географии земного шара и, наконец, в миграции видов, то должно быть бесконечное вымирание животных и растений, но не внезапное для целых групп, а следующее одно за другим. Я принимал, что эта последовательность развития видов, происходившая в прошлом, также продолжается и в настоящее время, что происходила постоянная борьба за существование, как это еще указывал Декандоль... Дарвину оставалось собрать доказательства, что нет перерыва между образующимися и исчезающими видами, что они появились в результате эволюции, а не специального творения»¹¹.

Вместе с тем Лайель с осторожностью относился ко всем предлагаемым механизмам биоэволюции, в том числе и к дарвиновскому трансформизму (к теории естественного отбора). Как справедливо отмечает А. И. Равикович, «они расходились с Дарвином в понимании „всемогущества“ естественного отбора. По Дарвину, естественный отбор — единственная сила, способная вызвать появление новых видов путем их постепенного превращения. Лайель сомневался во „всемогуществе“ отбора и считал его одной из многих причин эволюции органического мира»¹². Мирясь с собственным от-

⁹ Цит. по: Равикович А. И. Чарлз Лайель. С. 143.

¹⁰ О различии между трансформизмом и эволюционизмом см.: Радлов Э. Л. Трансформизм и эволюция // Теория развития. Спб., 1904. С. 213—237.

¹¹ Цит. по: Равикович А. И. Чарлз Лайель. С. 143—144.

¹² Там же. С. 158.

носителем механистическим, отчасти редуционистским, геологическим трансформизмом, с его вероятностным суммированием малых изменений в длительном геологическом развитии, Лайель не хотел безоговорочно признавать дарвиновский биологический трансформизм, поскольку он казался ему слишком вероятностным, механистичным и редуционистским. Дарвин же не причислял Лайеля к эволюционистам из-за того, что тот полностью не признавал дарвиновской формы трансформизма. В последующих дискуссиях на эту тему, к сожалению, эволюционизм и трансформизм либо не различались, либо отождествлялись, либо смешивались. Заметим, к примеру, что если Лайель был геологическим трансформистом, а также геологическим и биологическим эволюционистом, то Карла Гоффа (1771—1837) можно считать лишь геологическим трансформистом. Конечно, в подобных оценках много схематизма и условности.

В определенных отношениях Лайель был большим эволюционистом, чем Дарвин, хотя и критически относился к трансформизму последнего (не отрицая его, однако, полностью). В 1863 г. в «Геологических доказательствах древности человека» он писал: «Можно считать почти парадоксальным, что сильнейшие приверженцы перерождения (например, Ч. Дарвин и Д. Гукер) принадлежат тем не менее к числу самых нерешительных, по своему способу изложения учения постепенного развития; тогда как, с другой стороны, наиболее ревностные защитники постепенного развития чаще всего принадлежат к весьма резким противникам перерождения»¹³. В 1875 г. Лайель в 12-м издании «Принципов геологии» утверждал: «...при рассмотрении изменения в системе Земли как в отношении органических, так и неорганических образований... невозможно отрицать, по крайней мере для органического мира, существования закона эволюции и прогресса»¹⁴. Таким образом, к проблеме развития Лайель подходил системно; поступательное изменение экосистем (в определенном смысле прогресс) оказывалось главным природным фактором биоэволюции. Сосуществование низших и высших форм организмов объяснялось эволюционным развитием и геоса, и биоса, и экоса, при котором выявлялась не только взаимозависимость живого и

¹³ Лайель Ч. Геологические доказательства древности человека с некоторыми замечаниями о теориях происхождения видов. Спб., 1864. С. 389—390.

¹⁴ Цит. по: Равикович А. И. Развитие основных теоретических направлений в геологии XIX века. М., 1969. С. 145.

неживого мира, но и их в определенной мере автономное развитие (в частности, различные темпы). Если выводы о «механизме» геоэволюции Лайелю представлялись достаточно обоснованными, то от понимания «механизма» биоэволюции он воздерживался, чувствуя, однако, что последний зависит от общей *эволюции экосистем*.

В представлении Лайеля, законы биоэволюции не могут быть объяснены только редукцией к вероятностным причинам: «При наших попытках объяснить происхождение видов мы еще быстрее встречаемся лицом к лицу с действием столь высокого закона развития, что он находится почти в том же отношении к уму человека, как само божество, закона, который может приложить новые и сильные влияния, как то нравственные и умственные способности человека, к природному порядку, продолжающемуся в продолжение целых миллионов лет без подобного вмешательства. Поэтому, смешивая „изменчивость“ или „естественный подбор“ с подобными творящими законами, мы боготворим вторичные причины или безмерно преувеличиваем их значение. Однако мы никак не должны уменьшать значение того важного шага, который будет сделан, когда наука примет (что я надеюсь сбудется на самом деле), что все прошлые изменения органического мира были произведены влиянием таких причин, как „изменчивость и естественный подбор“»¹⁵.

Итак, Лайель допускал возможность дарвиновского трансформизма, но считал его недостаточным для объяснения эволюции или достаточным лишь в качестве редукции к субуровню вероятностного представления. Предполагаемые им более «высокие законы» не обязательно следует трактовать как непосредственно божественные повеления. С современной точки зрения, речь может идти о *законах системной организации*, которыми только и можно, если не полностью объяснить, то, во всяком случае, интуитивно постулировать прогрессивное развитие, эволюцию геоса, экоса, биоса. Лайель был отчасти предшественником номогенетической концепции эволюции в духе Л. С. Берга¹⁶, понимаемой, однако, не в качестве альтернативы эволюционизму, но в значительной мере как антиредукционистский, перспективистский подход к эволюционной теории (А. А. Любицев, С. В. Мейен и др.)¹⁷.

¹⁵ Лайель Ч. Геологические доказательства древности человека... С. 451.

¹⁶ Берг Л. С. Труды по теории эволюции. Л., 1977; и др.

¹⁷ Любицев А. А. Проблемы формы, систематики и эволюции организмов. М., 1982; Мейен С. В., Соколов Б. С., Шрейдер Ю. А. Клас-

нялась сама. Иное дело ныне, например «когда могущественная европейская колония» вносит в Австралию «множество крупных растений и животных с противоположной оконечности Земли и быстро начинает искоренять многие туземные виды, тогда в кратчайший период совершается гораздо сильнейший переворот, чем при первом появлении на Земле дикой орды людей»²¹. Лишь в отношении океана Лайель наивно полагал, что это «такая часть земной системы, которую человек никогда не брал и не может взять под свою власть». Столетием позже его ошибка стала очевидной. Лайель считал, что человеческая деятельность в целом выравнивает рельеф земной поверхности. Им подчеркивалось, что антропогенные изменения связаны не только с материальными, но и нравственными обстоятельствами жизни людей. Снятие антропогенного воздействия будто быстро привело бы к естественному порядку вещей. Но, спросим мы, как может восстановиться истребленный вид организма?

Лайель приводил многочисленные примеры негативного воздействия человека на природу, которое происходит обычно бессознательно. Он описывал последствия сведения лесов в Европе, Северной Америке, на океанических островах, в результате чего происходит катастрофическая эрозия, усиливаются наводнения, уменьшается количество атмосферных осадков, увеличивается контрастность климата, развивается заболоченность. Напротив, болото, превращенное в пашню, хотя и дает сельскохозяйственную продукцию, но земля при этом уменьшает свою производительную силу. Лайель описывал вредные последствия загрязнения воздушной среды при сжигании угля. Говорил он и о влиянии природы на людей. В сейсмических областях, например, прогресс цивилизации замедлен и люди склоны «безнаказанно учинять самые дерзкие и неистовые поступки». Такой вывод как будто бы справедлив для Италии, но вряд ли для Японии.

Лайель считал, что человек истребил всего два-три вида животных, включая додо и быка-тура. Он отрицал существенную роль человека в исчезновении мамонтов и других крупных млекопитающих ледникового периода. Другое дело, что антропогенная деятельность привела к уменьшению количества и вытеснению бобров, медведей, бизонов, оленей, волков и др. Вообще же мы преувеличиваем свою силу относительно искоренения некоторых из низших животных.

²¹ Там же. С. 170.

Множество враждебных нам организмов размножаются, и мы не можем воспрепятствовать им, как не можем остановить землетрясение. Каждое поколение людей вносит в отношении к природе новую, беспрецедентную деятельность, о последствиях которой «сказать что-либо положительное» невозможно. Это уже, заметим, теоретическое обоснование *экологической тревоги, алармизма!*

Обсуждая тезис Декандоля о грядущем антропогенном перемешивании всех видов, Лайель предупреждает: «В попытке составить себе понятие о таком предмете, мы должны остерегаться, чтобы не оценить слишком низко или вовсе не просмотреть, как это некоторые делали, влияние человека»²². Особенно опасны разрушение человеком станций и изменение биогеографических областей. Так, возделанные земли, разделяющие западные и восточные окраины Европы, оказываются препятствием естественным миграциям видов. Более того, «вследствие дренажа и культивирования уменьшается естественное разнообразие станций». И далее: «В сущности человек постоянно стремится уменьшить естественное разнообразие станций различных животных и растений в каждой стране и ограничить их небольшим числом видов, ему полезных в экономическом отношении»²³. Так Лайель сформулировал фундаментальный тезис современной нам экологии: *стратегия природы — достижение оптимального экосистемного многообразия, а стратегия человека — разубоживание и разрушение экосистемной организации природы!*

Лайель вводит понятие о «человеческом периоде». Размножение человеческого рода явилось огромным переворотом в природе даже с точки зрения баланса органической материи. Говорят, что потребляя много пищи, люди зато оплодотворяют землю, но Лайель в этом сомневается: «Люди слишком привыкли смотреть на бесплодие или на производительность земли по отношению ее к нуждам человека, а не по отношению к органическому миру вообще»²⁴. И хотя Земля способна прокормить многие миллиарды людей, уничтожение дикой природы будет идти «с гораздо большей быстротой». Мы еще слишком мало знаем об экономии природы и, в частности, об «отправлениях, которые некогда выполняли» в ней истребленные организмы, функции которых должен взять на себя человек. Лайель утверждает, что развитие человека все же показывает «картину постоянно

²² Там же. Т. 2. С. 334.

²³ Там же. С. 40.

²⁴ С. 400.

возрастающего влияния разума над материей»²⁵. В этих лайелевских словах можно видеть провозвестие современной нам концепции о ноосфере (Вернадский и др.).

Человеческий разум, таким образом, является гарантией и основой экологического оптимизма. И все же власть разума не безгранична, что должно осознаваться самим этим разумом. Лайель писал: «Один великий философ заметил, что мы можем повелевать природой только тогда, когда повинемся ее законам»²⁶. Трудно вспомнить, на кого из философов ссылается Лайель, но в том же духе высказался и его великий старший современник Георг Гегель (1770—1831), который в 1816 г. писал: «Посредством своих орудий человек властвует над внешней природой, хотя по своим целям он скорее подчинен ей»²⁷. Хорошо известно, как это положение было развернуто Фридрихом Энгельсом в «Диалектике природы» и используется ныне в качестве идейного обоснования нашей экологической деятельности.

О РОЛИ АБИОТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В РАЗВИТИИ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

Ю. П. КАЗАНСКИЙ, д-р геол.-минер. наук

Развитие абиотической среды и биосферы происходит параллельно, но по разным законам. Формирование литосферы, поступление газов, растворов на поверхность Земли связаны с внутренним развитием планеты. Земная биосфера, возникшая на ранних стадиях геологической истории, с одной стороны, приспособлялась к абиотическим условиям среды, а с другой,— используя компоненты неорганического мира, активно влияла на развитие составов атмосферы и гидросферы.

Изучение органических остатков из различных стратиграфических уровней выявило многочисленные факты качественного и количественного изменения составов флоры и фауны. Различные авторы предлагали варианты построений, в которых делаются попытки выяснения связей разви-

²⁵ Ляйзль Ч. Геологические доказательства древности человека... С. 486.

²⁶ Ляйзль Ч. Основные начала геологии... Т. 1. С. 172.

²⁷ Гегель Г. Наука логики. М., 1972. Т. 3. С. 200.

тия биосферы с другими внешними сферами Земли¹. Их выводы сводятся к выделению этапов или «революций» в развитии неорганического мира и биосферы. Наиболее часто границы этапов намечаются: 1) в начале геологической истории (появление первых организмов), 2) в конце раннего протерозоя (развитие органогенного карбонатакопления в морских бассейнах), 3) границах докембрия и кембрия (развитие скелетной фауны в морях), 4) в силуре — начале девона (заселение суши растениями), 5) в конце юры—меле (широкое распространение выделяющих известь пелагических организмов).

Если сопоставить события в развитии биосферы с особенностями изменения параметров атмосферы и гидросферы, то выявляется ряд совпадений (табл. 1 и 2). Для морской биосферы важным рубежом служит момент появления живой материи. Геологические документы, видимо, для этого времени пока не найдены, однако ближайший уровень — архейский — характеризуется практически бескислородной атмосферой, обогащенной углекислым газом, возможно метаном, аммиаком, сероводородом и кислыми газами. Температура в приповерхностных условиях была достаточно высокой, среднегодовая 60—80 °С, а при наличии климатической зональности и в областях вулканизма могла достигать 100 °С и более. Таким образом, первые живые существа (бактерии и др.) развивались в условиях, близких к низкотемпературным гидротермальным.

Второй важный рубеж характеризуется перестройкой атмосферы аммиачно-азотно-углекислого типа в кислородно-углекисло-азотный, что произошло на временном уровне 2200—1900 млн лет. Видимо, основную роль в такого рода перестройке сыграли организмы (бактерии, цианобактерии), которые активно перерабатывали углекислый газ, обогащая атмосферу и морскую воду кислородом. Появление в газовой фазе кислорода могло вызвать разложение аммиака на азот и воду. Переработка основной массы аммиака знаменовала начало накопления в атмосфере свободного кислорода. Таким образом, первый вариант кислородной атмосферы на

¹ См.: Гаррелс Р., Маккензи Ф. Эволюция осадочных пород. М., 1974; Мейен С. В. Основы палеоботаники. М., 1987; Страхов Н. М. Типы литогенеза и их эволюция в истории Земли. М., 1963; Фэйербридж Р. В. Значение известняков и их Ca/Mg отношений для палеоклиматологии // Проблемы палеоклиматологии. М., 1968. С. 258—309; Termier H., Termier G. La double evolution de la lithosphere et de la biosphere // Geol. Runds. 1986. Bd 75, N. 3. P. 863—887.

Схема изменения параметров морской среды и биосферы в геологической истории Земли Таблица 1

Время	Состав катионов (числитель) и анионов (знаменатель)		Состав растворенных газов	Температура и давление	Время появления в морях отдельных групп организмов
	преобладающих	второстепенных			
Кайнозой	$\frac{\text{Na}^+, \text{Mg}^{2+}}{\text{Cl}^-, \text{SO}_4^{2-}}$	$\frac{\text{Ca}^{2+}, \text{K}^+}{\text{HCO}_3^-}$	$\text{N}_2, \text{O}_2, \text{CO}_2$	7—25 °C, 1—2 атм	Диатомеи
Мезозой	$\frac{\text{Na}^+, \text{Mg}^{2+}}{\text{Cl}^-}$	$\frac{\text{Ca}^{2+}, \text{K}^+}{\text{SO}_4^{2-}, \text{HCO}_3^-}$			
Поздний палеозой	$\frac{\text{Na}^+, \text{Mg}^{2+}}{\text{Cl}^-, \text{SO}_4^{2-}}$	$\frac{\text{Ca}^{2+}, \text{K}^+}{\text{HCO}_3^-}$			
	$\frac{\text{Na}^+, \text{Mg}^{2+}}{\text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-}$	$\frac{\text{Ca}^{2+}, \text{K}^+}{\text{SO}_4^{2-}, \text{CO}_3^{2-}}$			
Ранний палеозой	$\frac{\text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}}{\text{Cl}^-, \text{HCO}_3^-}$	$\frac{\text{K}^+}{\text{SO}_4^{2-}, \text{CO}_3^{2-}}$			
Венд	$\frac{\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{Na}^+}{\text{HCO}_3^-, \text{Cl}^-}$	$\frac{\text{K}^+, \text{NH}_4^+}{\text{SO}_4^{2-}, \text{CO}_3^{2-}}$			
Рифей	$\frac{\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}, \text{NH}_4^+}{\text{HCO}_3^-, \text{CO}_3^{2-}, \text{Cl}^-}$	$\frac{\text{Na}^+, \text{K}^+}{\text{SO}_4^{2-}}$	$\text{CO}_2, \text{N}_2, \text{NH}_3, \text{H}_2\text{S}$, кислые газы (мало), O_2 (мало), метан?	30—50 °C, 3—8 атм	Медузоидные Цианобактерии, гифо-подобные микрофоссилии
Протерозой					
Архей				50—80 °C, 8—15 атм	Бактерии

Схема развития атмосферы, наземной гидросферы и биосферы

Время	Газовый состав атмосферы	Термобарический режим в приповерхностной области	Состав поверхностных вод на суше	Время появления различных групп организмов	
Кайнозой	N_2, O_2, CO_2	7—25 °C 1—2 атм	$Ca^{2+}, Na^+, Mg^{2+}, K^+, HCO_3^-, Cl^-, SO_4^{2-}$, аминокислоты, белки, глюкоза, амины, гуминовые кислоты и др.	Покрытосеменные Млекопитающие Папоротники, плауновые, голосеменные, амфибии, рептилии, насекомые Грибы, лепидофиты, папоротниковидные, членистостебельные, рыбы Протоптерозиты, членистоногие	
Мезозой					
Поздний палеозой		N_2, CO_2, O_2, NH_3 и H_2S (мало), кислые газы (мало), метан (мало)	25—30 °C 2—3 атм	Гуминовые кислоты (мало)	Находки первых спор, в том числе цист водорослей
Средний палеозой					
Ранний палеозой					
Венд					
Рифей	30—50 °C 3—8 атм		Цианобактерии в почвах и бассейновых осадках, гиетроподобные микрофоссилии		
Протерозой	CO_2, N_2, NH_3, H_2S , кислые газы, метан, O_2 (мало)	50—80 °C 8—15 атм	$Ca^{2+}, Mg^{2+}, NH_4^+, Na^+, K^+, HCO_3^-, CO_3^{2-}, Cl^-$	Бактерии?	
Архей					

Земле сформировался во второй половине раннего протерозоя.

Разнообразные суждения высказывались о причине появления в конце докембрия многоклеточной морской фауны. До последнего времени отдавалось предпочтение взглядам Л. Беркнера и Л. Маршалла², которые связывали появление беспозвоночных с карбонатным скелетом в морях со становлением кислородной атмосферы. Вероятно, этот вывод, основанный на логическом заключении, не отражает действительное положение. Появление многоклеточных организмов следует рассматривать как следствие перестройки газового состава атмосферы, происшедшего ранее. Сдерживающей причиной при наличии кислорода, судя по имеющимся данным, мог быть температурный режим, при котором появление и развитие многоклеточных организмов было невозможным. Снижение среднегодовой температуры до уровня 25—30 °С обусловило широкое развитие практически всех групп беспозвоночных, которые быстро заселили морские бассейны различных климатических поясов.

Развитие организмов с карбонатным, известковым скелетом оказало заметное влияние на состав морской воды и растворенных в ней газов. Захоронение известковых скелетных элементов нарушило баланс щелочно-земельных элементов. В кембрии возросло количество магния относительно кальция. Формирование органогенных карбонатных осадков сократило количество бикарбонат-иона в морской среде и, соответственно, углекислого газа как в растворе, так и в атмосфере, что привело к дальнейшему понижению среднегодовой температуры в приповерхностных частях земной коры. Можно предполагать, что при активном извлечении карбонатной составляющей из морской воды организмами значительное количество углекислого газа, поступающего из глубинных зон Земли, не достигает атмосферы, что также приводит к сокращению CO₂ как в растворенной форме, так и в атмосфере.

Заселение организмами суши, видимо, относится к докембрию. Известны находки палеофитологических остатков в каличе протерозойского возраста³. Появление многокле-

² См.: Berkner L. V., Marshall L. C. History of major atmosphere components // Proceedings of National Academy of Sciences. N. Y. 1965. V. 53, N 6, P. 1215—1226.

³ См.: Савельев А. А., Тимофеев Б. В. Образования типа каличе на доятулийских корях выветривания и их палеофитологическая характеристика // Литология и осадочная геология докембрия/Комиссия по осадочным породам. М., 1973. С. 296.

точных растений в прибрежной зоне тропических морей отмечается в силуре. В раннем девоне формируются первые угли. Для этого периода характерна вторая перестройка газового состава атмосферы, которая приобрела современный тип (см. табл. 2). Абиотические причины, побудившие биосферу распространиться на сушу, достоверно не выявлены. По крайней мере, значительные изменения температурного режима в то время неизвестны. Не исключено, что тогда закончилось формирование озонового слоя достаточной мощности.

Приведенные сопоставления показывают, что кроме составов лито-, атмо- и гидросферы, регулирующим абиотическим параметром в развитии биосферы явился температурный режим, роль которого особенно значительной была в докембрии, на первых стадиях развития органического мира. В фанерозое роль абиотических факторов в эволюции биосферы существенно снижается, правда, в последние годы все большее значение придается явлениям катастрофического порядка, влияющим главным образом на прерывистость в развитии биосферы ⁴.

«КАТАСТРОФЫ» В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ И ЭВОЛЮЦИЯ КОРАЛЛОВ

А. Б. ИВАНОВСКИЙ, д-р геол.-минер. наук

В истории Земли мы знаем немало явлений, которые часто называют катастрофами. Эти события отражались на эволюции органического мира, с ними связывают неоднократно происходившие, порой массовые, действительно катастрофические вымирания. Естественно, что все это нашло отражение и в истории кораллов.

История кораллов ставит много загадок. Когда возникли первые представители и кто был их предком? Что произошло с ними на границе девона и карбона, когда так сильно обновились комплексы ругоз и табулят? Как смогла восстановиться рифовая экосистема после катастрофического кризиса конца перми, в результате которого исчезли все группы палеозойских кораллов? Как вело себя коралловое сообщество в мелу? Каково их будущее? И как вообще такая сложная экосистема, как кораллово-рифовая, смогла просущество-

⁴ См.: Катастрофы и история Земли: Новый униформизм. М., 1986.

вать с начала своего возникновения до наших дней, почти не изменившись? Попытаемся во всем этом разобраться, для чего необходимо хотя бы кратко уяснить, что же такое кораллы и что собой представляет определяемая ими экосистема.

Биоценоз кораллового рифа исключительно разнообразен и представлен сотнями видов растений и животных, продуцентами и консументами. Это единая, самая древняя и устойчивая, самая активная и сложнейшая на Земле экосистема. Она строго приспособлена к окружающей среде — к зоне тропиков, где не происходит существенных сезонных изменений. Разница между среднемесячными летней и зимней температурами не превышает здесь 3 °С, вода должна быть прозрачная, что обуславливает необходимое для фотосинтеза количество света, нормально-соленая, сильно подвижная, богатая кислородом. Наиболее благоприятные области для существования кораллов, да и вообще для рифообразования, ограничены глубинами примерно до 50 м, но зона их процветания — не глубже 20—25 м.

Около 650 млн лет назад, в начале вендского периода, на Земле произошло одно из самых грандиозных в ее истории оледенений — лапландское. Сразу же после его прекращения возникло множество теплых мелководных морских бассейнов, в которых обитали разнообразнейшие еще бескелетные, самые первые многоклеточные организмы. Этот период развития жизни называется периодом господства вендо-эдиакарской биоты. Находки отпечатков такой фауны давно известны во многих странах мира, но интерес к ним значительно возрос после того, как был доказан их докембрийский, а не палеозойский возраст.

Некоторых представителей вендо-эдиакарской фауны, прежде всего петалонам, многие палеонтологи принимали за предков кораллов — «морских перьев». Отпечатки петалонам, и правда, несколько напоминают перо; это были донные организмы, тело которых состояло из двух или трех листоподобных лопастей. Прикрепившись к субстрату, такое животное легко могло путем фильтрации извлекать из воды микропланктон. Однако каждая такая лопасть ограничена единым контуром — это были либо пластины, либо что-то напоминающее надувные игрушки.

Современные «морские перья» — пеннатулиды. Основу их колоний составляет оозоид, который нижним концом погружен в субстрат, а на его верхнем конце — рахисе — растут вторичные полипы. Внешне пеннатулиды не похожи ни на лист, ни на петалоид, а напоминают лабораторную щетку для мытья пробирок. Да и появились они чуть ли не

через триста миллионов лет после исчезновения последних петалонам.

Вендо-эдиакарское сообщество, в котором, как оказывается, кораллов не было, просуществовало весьма недолго, исчезнув даже раньше начала кембрия, которое именовалось появлением морских животных, образующих скелет. Почему такая возможность возникла именно в это время, мы пока не знаем. Вероятно, это было связано с увеличением концентрации в атмосфере свободного кислорода, но нельзя исключать и другие причины. Во всяком случае, именно с кембрия известны первые представители существующих и ныне типов животных — брахиопод, моллюсков, иглокожих, членистоногих, возможно, позвоночных, но среди них пока что еще никто не нашел ни одного коралла. Может быть, в кембрии существовали какие-то их предки?

Из интервала кембрий — нижний ордовик установлено довольно много остатков организмов, внешне напоминающих кораллы. Но часто эти находки либо происходят из слоев неопределенного возраста, либо окаменелости имеют какие-то уж очень неподходящие для кораллов особенности строения скелета (например, пористые стенки) и т. д. Короче говоря, пока что мы имеем только двух более или менее подходящих претендентов на роль коралловых предков — это установленные в нижнем кембрии Тувы одиночный *Gastroconus* и Канады — *Tabulaconus*, который образовывал уже небольшие полипники.

И только через сто миллионов лет, в конце раннего ордовика, появились первые «настоящие кораллы». Сперва — примитивные табуляты — лихенарииды и редкие ругозы, чуть позже, в середине ордовика, — гелиолитоидеи, все остальные группы табулят и ругоз. Это значит, что около 480 млн лет назад впервые в истории Земли возникло сложное экологическое сообщество, способное формировать органические постройки типа современных нам рифов. Помимо кораллов в него вошли водоросли-соленопоры, губки-строматопороидеи, а также мшанки; другие организмы занимали подчиненное положение.

В истории Земли очень большое влияние на географию и климат оказывало движение континентальных плит. Оно влекло за собой перемещение теплых мелководных морей — наиболее подходящих областей для коралловых рифов. Такие явления вызывали изменения в сообществах, а порой бывали для них просто катастрофическими. Изучение кораллов дает очень много для палеогеографии, палеоклиматологии, палеотектоники — анализ распространения древних

кораллов служит аргументом в поддержку теории дрейфа континентов.

Первое кораллово-рифовое сообщество просуществовало от середины ордовика до конца девона, но процветало главным образом в середине силура и в раннем девоне. Табуляты и ругозы играли видную роль в образовании знаменитых силурийских рифов на о. Готланд, в области Великих Озер, герцинских рифов силуро-девонского возраста, протянувшихся вдоль почти всего Урала. Девонские рифы, по своей структуре аналогичные современным, установлены в Европе, Африке, Северной Америке, Австралии. И вот в конце девона произошел первый кризис в истории кораллово-рифовой экосистемы — массовое вымирание кораллов и других групп беспозвоночных моря. К счастью, эта катастрофа захватила только прибрежные зоны бассейнов, и коралловое сообщество смогло сохраниться, как бы отступив в более глубокие участки. Почти всегда это были мелкие одиночные ругозы, реже полипнячки табулят, остатки которых мы находим в глубоководных отложениях — черных тонкозернистых сланцах. Они не строили рифов, но, так только снова попадали в благоприятные условия, вновь вступали в сообщество рифообразователей. (Если бы аналогичная катастрофа произошла в наши дни, такими убежищами для кораллов могли бы оказаться глубоководные зоны Атлантического и Тихого океанов, где обнаружены большие популяции склерактий.)

Примерно через 12 млн лет кораллово-рифовая экосистема восстановилась, но уже в несколько ином виде — в ней стали преобладать зеленые водоросли, фораминиферы, брахиоподы, губки, криноидеи, уменьшилась роль табулят. Зато ругозы уже в начале карбона очень часто становились доминирующими рифостроителями, иногда даже породообразующими. Позднепалеозойские коралловые постройки известны во многих странах мира. Это сообщество просуществовало от начала карбона до конца палеозоя, когда наступил следующий кризис, эпоха обновления всех фаунистических комплексов.

Цикличность массовых вымираний на Земле составляет 26—30 млн лет. Эти явления иногда славят в зависимость от прохождения Солнцем каких-то участков Вселенной, может быть через «плечи Млечного пути». Во всяком случае, большинство исследователей связывает катастрофические события в развитии органического мира с астрофизическими процессами. Какова бы ни была первопричина, но вымирания бывают вызваны резким изменением среды обитания, к чему

ни растения, ни животные не в состоянии были быстро приспособиться. На жизнь морских организмов в первую очередь воздействуют изменения климата и геохимия водной среды. В поздней перми произошло еще одно очень сильное оледенение, следствием чего явилось резкое понижение уровня океана, прибрежные моря превратились в сушу. Кроме того, существенно снизилась соленость вод. В итоге позднепалеозойское рифовое сообщество было поставлено на грань уничтожения и почти все кораллы погибли. Мы до сих пор не знаем последних страниц истории ругоз и табулят — из нижнего триаса (интервал около 10 млн лет) пока не установлено ни одного коралла, ни одного рифа. В это же время, т. е. около 250 млн. лет назад, все континентальные плиты собрались вместе, образовав единый материк — Пангею.

В общих чертах, первый, палеозойский этап истории кораллов выглядит следующим образом.

На границе нижнего и среднего ордовика геохронологически «мгновенно» (1—3 млн лет) одновременно возникли все группы древнейших кораллов. В конце ордовика вымерло несколько групп табулят (лихенарииды, сарцинулиды, тетрадииды). В силуре и раннем девоне, когда теплые мелководные моря покрывали значительную часть современной нам суши, условия для жизни кораллов были исключительно благоприятными. Тогда же появились и первые восьмилучевые кораллы.

В конце среднего девона полностью вымерли гелиолитоидеи, подотряд ругоз — цистифиллиды, а среди табулят — почти все наиболее типичные из них — фавозитиды. Кризис явился как бы предвестником почти полного обновления коралловых комплексов на границе девона и карбона, причем особенно это отразилось на ругозах: из почти 50 семейств ругоз в карбон перешли представители менее чем пяти. Чем это было вызвано, мы пока не знаем, но полного вымирания здесь не произошло и в середине раннего карбона, в визейском веке, кораллово-рифовая экосистема возродилась и наступил последний расцвет ругоз, среди которых появилось несколько новых семейств и даже надсемейств.

Выше упоминалось, что в начале мезозоя, в раннем триасе условия для рифообразования были крайне неблагоприятными. Но уже в среднем триасе — сперва это произошло в современном Средиземноморье — появились первые склерактинии, несомненные предки существующих и в наши дни. На юге Центральной Европы, в Альпах, на островах Корсика и Сицилия начали расти рифы. Новый расцвет кораллового сообщества наступил около 200 млн лет назад и был

приурочен к юрскому периоду. По сравнению с палеозоем состав мезозойского рифового сообщества существенно изменился: кроме кораллов в формировании рифов принимали участие бурые литотамниевые водоросли, фораминиферы, губки-сферактинии, морские ежи. Однако подлинный «вызов» кораллам как рифостроителям бросили моллюски-рудисты.

В начале мела, на протяжении около 20 млн лет, рифообразование почти прекратилось, но кораллы продолжали развиваться. Затем наступил новый расцвет рифовой экосистемы, прежде всего это произошло в Новом Свете и в Средиземноморье, в области Тетиса, разделившего материковые области Ангариды и Гондваны. К началу позднего мела приурочено образование гайотов; когда-то это были обычные коралловые рифы, затем море затопило все прибрежные области суши и кораллы, процветавшие до тех пор на тропическом мелководье, ушли глубоко под воду.

Тогда же произошло дальнейшее раздвижение континентальных плит, образовался Атлантический океан и его глубины стали барьером для расселения кораллов. Это привело к разобщению сообществ, к их изоляции, провинциализму. В обеих обособившихся биогеографических провинциях начали развиваться новые виды. Так, в современной Карибской провинции сейчас известно всего 50 видов кораллов, тогда как в Индийском и Тихом океанах их более 700.

В конце мезозоя на Земле произошло еще одно катастрофическое вымирание. В морях вымерли аммониты, белемниты, многие кораллы, исчезли рифообразователи-рудисты. Климат в кайнозой стал холоднее, уровень моря понизился, исчезли многие мелководные бассейны.

Существует несколько гипотез о причинах позднемезозойского кризиса биосферы. Согласно первой из них, вследствие каких-то обстоятельств в конце мезозоя в морях вымер известковый планктон, часть растворенного углекислого газа перешла в атмосферу, из-за чего произошло резкое повышение температуры («парниковый эффект») и этого не смогли перенести наземные организмы. Сторонники второй гипотезы видят причину катастрофы во встрече Земли с огромным космическим телом. На вероятность этого указывает повышенное содержание иридия во многих районах в пограничных отложениях между мелом и палеогеном (справедливости ради, заметим, что динозавры вымерли раньше этого времени). Третья группа исследователей полагает, что беда произошла из-за взрыва сверхзвезды, следствием чего явилось резкое усиление ультрафиолетовой радиации, значительно

превысившее допустимую норму. Существуют и другие точки зрения, но пока что ни одна из них не в состоянии дать удовлетворительное объяснение причин массовых вымираний.

Наиболее пышно кораллово-рифовое сообщество было представлено в юре, когда на Земле существовало широкое тропическое однообразие. Судя по географическому распространению рифов, климатическая зональность, аналогичная современной (по не такая же!), установилась в конце мела.

После кризиса на границе мезозоя и кайнозоя кораллово-рифовая экосистема восстановилась лишь к концу палеоцена, т. е. также примерно через 10 млн лет. В позднем эоцене и олигоцене климатическая сезонность стала более резкой, температура воды снизилась, что вызвало уменьшение систематического разнообразия кораллов. В конце миоцена снова похолодало: 15—20 млн лет назад возник ледник Антарктиды. Существующая в наши дни зональность окончательно сложилась после прекращения последнего оледенения. Тогда же образовался Панамский перешеек, окончательно разобшивший коралловые провинции Нового (Карибскую) и Старого Света.

Итак, в середине триаса появились склерактинии, занявшие экологические ниши ругоз и табулят, причем геохронологически одновременно возникли представители всех их основных групп. От кого же они произошли, кто был предком склерактиний? Можно отметить две главные точки зрения.

Сторонники первой гипотезы, которая была разработана крупнейшим палеонтологом О. Шиндевольфом, считают, что предками склерактиний были последние пермские ругозы. Действительно, главнейшие особенности строения скелета этих кораллов очень сходны, а условия, в которых они жили, аналогичны. Вторая гипотеза была высказана еще в начале нашего века, но недавно приобрела многих сторонников. Суть ее сводится к следующему. Поскольку между ругозами и склерактиниями существует отвечающий началу триаса геохронологический перерыв в 10 млн лет, склерактинии могли произойти и от каких-то нам неизвестных бесскелетных кишечнополостных — анемон. Аналогично и в начале ордовика могли возникнуть и ругозы с табулятами. Однако бесскелетные анемоны не встречаются в ископаемом состоянии, и мы не можем утверждать, оставались ли они мягкотелыми на протяжении всей своей истории, дали ли начало скелетным организмам или сами утратили скелет в процессе эволюции.

Еще в конце прошлого века из триаса Средиземноморья были установлены кораллы, очень похожие на ругоз. Недавно их детально изучила Э. Монтанаро-Галлителли и припала как бы «переходной группой» между ругозами и склерактиниями. То, что такие кораллы (их называли сардинофиллидами) действительно очень близки ругозам всеми основными чертами строения скелета, общепризнано.

Так что же могло произойти с кораллами на границе палеозоя и мезозоя? Конечно, мы не в праве игнорировать возможность неоднократного происхождения среди кишечно-полостных скелетных форм от бесскелетных. Однако не менее, а скорее более вероятно, что последние ругозы в период катастрофы на границе перми и триаса все же смогли сохраниться в каких-то убежищах, на глубоких участках шельфа, пережили понижение уровня моря и изменение его геохимического режима в явно неблагоприятную сторону. В середине триаса произошло потепление, уровень моря повысился, возникли новые экологические ниши и кораллы не только снова широко распространились по всей тропической зоне, но и начали строить рифы. Новые условия вызвали необходимость приспособиться к ним, следствием чего и явились, хотя и весьма несущественные, морфологические различия между последними ругозами и первыми склерактиниями.

Единственное по сути дела возражение в данном случае — минеральный состав скелета. Почему у ругоз он кальцитовый, а у склерактиний — арагонитовый? Кальцит и арагонит — минералы одного химического состава (CaCO_3), причем арагонит неустойчив и может переходить в кальцит. Высказывались предположения, что на изменение состава скелета кораллов повлияло произошедшее в конце палеозоя существенное изменение геохимии морской воды или же появление нового типа симбионтов — зооксантелл. Поэтому вплоть до открытия новых фактов предками современных склерактиний логичнее считать все же палеозойских ругоз.

В юре кораллов значительно прибыло: возникло несколько новых групп и среди склерактиний и среди октокораллов. Все они мужественно перенесли невзгоды кайнозоя и процветают в наши дни. Последнее событие на «коралловом горизонте» произошло в миоцене, около 20 млн лет назад, когда возникли антипатарии.

Таким образом, в истории кораллов можно констатировать три очень кратковременных с позиций геохронологии тождественных эпизода возникновения нескольких аналогичных групп. Этот процесс сопровождался быстрой диверген-

цпей и адаптивной радиацией. Поэтому мы до сих пор и не нашли так называемых «переходных форм» между табулятами, ругозами и склерактиниями. Зная это, попробуем взглянуть на всех кораллов целиком, посмотрим, как и по каким закономерностям протекала их эволюция, что для них было наиболее характерным.

Все группы палеозойских кораллов выделены на основании изучения скелета. Наиболее простой скелет у табулят, самый сложный — у ругоз, гелиолитоидей образовывали настоящие колонии и имели промежуточный скелет — цепенхиму. А всех современных кораллов с наружным скелетом принято объединять в один отряд склерактиний. Правильно ли это?

Еще в прошлом и в начале нашего века было показано большое сходство, а иногда чуть ли не тождество строения скелета многих древних и современных кораллов, например, некоторых табулят и гелиолитоидей с нашими восьмилучевыми кораллами, ряда табулят — фавозитид и склерактиний — поритид, многих ругоз и склерактиний. Возможно, это свидетельствует о том, что все эти группы кораллов представляют собой единую крупную генетическую ветвь и их развитие как до, так и после кризиса на границе палеозоя и мезозоя протекало по общим законам. В таком случае на протяжении эволюции в составе этой большой генетической ветви могли неоднократно возникать морфологически сходные группы, т. е. склерактиний нельзя рассматривать единым целостным подразделением. Они действительно представляют собой монофилетическую группу, но состоящую из одновременно возникших морфологических аналогов палеозойских кораллов — как бы неотабулят, неоругоз, неогелиолитоидей. Приняв такую точку зрения и зная строение мягкого тела современных кораллов, мы сможем внести также существенные уточнения и в систему их палеозойских предков.

Так почему же все-таки кораллы в противоположность многим другим группам морских беспозвоночных смогли так долго просуществовать, пережить критические моменты в истории органического мира, а кораллово-рифовая экосистема оказалась такой устойчивой во времени как никакая другая? Видимо, необходимым и достаточным условием для ее процветания всегда оставался только сам факт существования тропической зоны, а все остальные экологические требования контролировались самой экосистемой, всем кораллово-рифовым сообществом животных и растений.

НИЗШИЕ МНОГОКЛЕТОЧНЫЕ В СИСТЕМЕ ОРГАНИЧЕСКОГО МИРА

*И. Т. ЖУРАВЛЕВА, д-р геол.-минер. наук,
Е. И. МЯГКОВА, канд. геол.-минер. наук*

Неоднократно многие крупные исследователи — Р. Виттэкер, Г. Лидэйл, А. Л. Тахтаджян, Б. С. Соколов, Л. Маргелис и другие¹ обращали внимание на тот факт, что переход от одно- к многоклеточности в развитии органического мира был сложным, неоднозначным, зачастую приводившим к возникновению многочисленных тупиковых (инадаптивных) групп организмов, жизнь которых была геологически непродолжительной. Основное препятствие при воссоздании единой картины существования таких организмов (здесь — низших или первичных многоклеточных) — разобщение методов исследования. Усилия специалистов по ныне живущим группам (например, Polifera, Placozoa) не были объединены с исследованиями специалистов по организмам, вымершим на различных этапах геологической истории (например, Archaeocyatha, Receptaculita и др.). В результате двудеяная задача, т. е. создание внутренней структуры сложной системы низших многоклеточных и определение места этой системы во всеобщей системе органического мира, оказывалась долгое время неразрешимой. Ближе всего к пониманию проблемы подошел В. В. Друщиц². В работах Н. Н. Воронцова³ низшие многоклеточные (он использовал название первичные) еще более обособлены от настоящих многоклеточных. Авторы настоящей статьи для части рассматриваемого подразделения предлагали в свое время

¹ См.: Whittaker R. H. New concepts of kingdoms of organisms // Science. 1969. Vol. 163, N 3863. P. 26—35; Leedale G. F. How many are the kingdoms of organisms? // Taxon. 1974. Vol. 23, N 2/3. P. 261—270; Тахтаджян А. Л. Четыре царства органического мира // Природа. 1973. № 2. С. 22—32; Соколов Б. С. Органический мир Земли на пути к фаперозойской дифференциации // 250 лет Академии наук СССР. М., 1977. С. 423—444; Он же. Жизнь и геология // М., 1982. С. 1—47; Маргелис Л. Роль симбиоза в эволюции клетки. М., 1983; и др.

² См.: Друщиц В. В. Палеонтология беспозвоночных. М., 1974.

³ См.: Воронцов Н. Н. Происхождение жизни и многообразие ее форм // Материалы к новому курсу общей биологии. Новосибирск, 1965. Вып. 5. С. 1—55. Он же. Системы органического мира и положение животных в них // Зоол. журн. 1987. № 11 и 12.

особый таксон крупного ранга — Archaeata⁴. Однако только при объединении палеонтологического (Archaeta) и современного (ныне живущие Porifera и Placozoa) материалов удалось воссоздать общую сложную систему низших многоклеточных: исторический и актуалистический методы позволили корректировать результаты. В итоге был предложен таксон высокого ранга — царство Inferibionta⁵. В целом система представляется следующей:

- Царство Inferibionta
- Подцарство Archaeata
 - Тип Archaeocyatha
 - Подтип Euarchaeocyatha
 - Классы Monocyatha, Regularia, Irregularia
 - Подтип Aphrosalpingata
 - Класс Aphrosalpingida
 - Тип Receptaculita
 - Классы Radiocyatha, Soanitida, Receptaculida
- Подцарство Porifera
 - Тип Symplesma
 - Класс Hexactinellida
 - Тип Cellularia
 - Классы Demospongiae, Sclerospongiae, Calcarea
 - Тип Pharetronita
 - Классы Sphinctozoa, Inozoa
 - Тип, класс incertae sedis
- Подклассы Stromatopora, Chaetetida
- Подцарство не установлено
- Надраздел Phagocytellozoa
 - Тип Placozoa

При установлении сравнительной характеристики отдельных групп низших многоклеточных (табл. 1) была выявлена специфика их организации, выраженная во многих чертах, в том числе и таких, как дивидуальность и особый тип конвергенции и параллелизма.

Дивидуальность — одна из самых характерных черт, присутствующих в чистом виде только низшим многоклеточным; аналогу особи высших или настоящих многоклеточных у них отвечает группа клеток, не всегда четко обособленная в общей массе дивидуального организма. Собственно колония у низших многоклеточных чаще отвечает не колонии особей, а ко-

⁴ См.: Журавлева И. Т., Мягкова Е. И. Archaeata — новая группа организмов // Палеонтология. М., 1972. С. 7—14. (Международ. геол. конгр. 24-я сес. Докл. сов. геол. Пробл. 7); Они же. Положение Archaeata в системе развития органического мира // Морфология и систематика беспозвоночных фанерозоя. М., 1983. С. 60—65. (Тр./ИГиГ СО АН СССР; Вып. 538).

⁵ См.: Журавлева И. Т., Мягкова Е. И. Низшие многоклеточные фанерозоя. М., 1987. (Тр./ИГиГ СО АН СССР. Вып. 695).

Система органического

	Monera	Protista	Inferibionta
Характеристика	Одноклеточные с прокариотной основой. Фотосинтез. Подвижность	Одноклеточные с эукариотной основой. Сложное строение клетки; могут быть одноклеточно-колониальными Питание внутриклеточное	Многоклеточные эукариотные с низким уровнем организации; нет тканей и органов; нервная система отсутствует; слабо выраженная индивидуальность (дивидуальность); все жизнеотправления внутриклеточные Питание гетеротрофное — заглатывание. Способность клеток — менять свою функцию
Время существования	3,5 млрд лет — ныне	1 млрд лет — ныне	0,65 млрд лет — ныне
Состав	Бактерии, в том числе Суанобастерия и низшие грибы	Простейшие, одноклеточные водоросли, некоторые низшие грибы	Археоциаты, рецептакулиты, шестилучевые, обыкновенные коралловые и известковые губки, сфинктозоа и инфузоа, строматопораты, хететиды, плактозоа
Примечание	Вирусы не рассматриваются; по К. Джеффри **, вирусы относятся к особому подцарству Acytota. Солнечная радиация и концентрация O ₂ являются селективными факторами	Известно мнение, что Protista могут быть разделены на несколько царств; так, по Г. Ф. Лидейлу ***, таких царств насчитывается двенадцать	Наземные формы отсутствуют

* См.: Маргелис Л. Роль симбиоза в эволюции клетки; Whittaker R. H.

** См.: Jeffrey C. Thallophytes. A critique // Kew. Bull. 1971. Vol. 25, N 2.

*** См.: Leedale G. F. How many are the kingdoms of organisms?

мира *

Fungi	Plantae	Animalia
<p>Многоядерные эукариотные; многоядерная ткань без дифференциации; нервная система отсутствует. Специфическое мицелиальное развитие</p> <p>Питание гетеротрофное — всасывание</p>	<p>Многоядерные эукариотные с высоким уровнем организации; специализация тканей; индивидуальность выражена не четко</p> <p>Питание автотрофное фотосинтетического типа</p>	<p>Многоядерные эукариотные с высоким уровнем организации.</p> <p>Специализация тканей, а у большинства — тканей и органов. Нервная система — от низкой до весьма высокой организации; индивидуальность отчетливая.</p> <p>Питание гетеротрофное — внутриполостное</p>
0,4 млрд лет — ныне	0,65 млрд лет — ныне	0,65 млрд лет — ныне
Высшие грибы	Истинные водоросли, высшие растения	Metazoa
Переход к наземному образу жизни; подвижные формы отсутствуют	Переход к наземному образу жизни; характеризуются возникновением из зародышей с многоклеточными репродуктивными органами. Специфическое строение клеток — присутствуют клеточные оболочки, хлоропласты	Переход к наземному образу жизни с преобладанием подвижных форм Клетки лишены оболочки

New concepts of kingdoms of organisms.

Стадии развития колониальности у Protista, Inferibionta и Animalia

Уровень организации	Стадии становления многоклеточности
Одноклеточный организм — Protista	Клетка-особь Колония клеток Многоклеточный организм
Низший многоклеточный организм — Inferibionta	Группа клеток — аналог особи или особь Дивидуальный организм Колония, состоящая из дивидуальных организмов
Настоящий многоклеточный организм — Animalia	Особь Колония Кормус Колониальный индивидуум

лонии дивидуальных организмов, что не надо смешивать с неясно выраженной индивидуальностью растений или с кормусами и колониальными индивидами животных⁶ (табл. 2).

Параллелизм и конвергенция у низших многоклеточных также проявляются специфично: одинаковыми часто оказываются не только внешняя форма, но и внутренняя структура, вплоть до полной имитации строения скелета (процессом захватывается вся архитектоника организма). Так, некоторые Euarchozoa (ранний кембрий) и Aphrosalpingata (поздний силур) имели полное совпадение в анатомии скелета с позднепалеозойскими и мезозойскими Sphinctozoa (конвергентное развитие) и т. д.⁷ Процессом конвергентного и параллельного развития охвачены все черты морфологии и у всех 14 групп, включаемых в рассматриваемый таксон высокого ранга. Такая специфика Inferibionta не только уточняет их положение в общей системе органического мира, но и позволяет несколько упорядочить систему в целом (см. табл. 1).

Характеристика Inferibionta, данная выше, может быть детализована: они определяются как водные, преимущест-

⁶ См.: Бондаренко О. Б. Соотношение онто-, гистеро-, асто- и филогенеза у ископаемых колониальных кораллов // Морфогенез и пути развития ископаемых беспозвоночных. М., 1982. С. 3—25.

⁷ См.: Журавлева И. Т., Мягкова Е. И. Низшие многоклеточные фанерозоя.

венно морские (в исключительных случаях — пресноводные) организмы с низким уровнем организации и, как следствие, с хорошо выраженной дивидуальностью. Среди них преобладают донные прикрепленные и свободнолежащие формы, и лишь некоторые способны к передвижению (Placozoa). Им присуща способность к каркасостроению. Так, *Euarchaeosyatha* были первыми в истории Земли каркасостроителями перастительного происхождения. Дивидуальные организмы обычно имеют форму кубка и его разновидностей — цилиндра, конуса и т. д., т. е. жизненную форму типа микроатолла⁸. Кроме того, они могут быть в виде сферы, диска, пластин неправильных очертаний. Колонии — ветвистые, цепочковидные, массивные, реже столональные. Симметрия обычно монаксонная с осью симметрии неопределенно большого порядка, реже радиальная; двусторонняя симметрия встречается редко (крибры у *Euarchaeosyatha*; Placozoa). Судя по строению современных *Symplesma* и *Cellularia* (Porifera)⁹, тело низших многоклеточных состоит из мезохила и включенных в него различных специализированных клеток. Жгутиковые клетки известны у Placozoa (снаружи) и *Symplesma* и *Cellularia* (внутри). Клетки могут быть одно- и многоядерные. Как уже говорилось, клетки *Inferibionta* не образуют тканей и органов, нервная система отсутствует. Все процессы протекают внутриклеточно (питание, выделение и т. д.). Все *Inferibionta* — фильтраторы. Среди них встречаются как скелетные, так и бесскелетные формы; скелет может быть органическим и минеральным (SiO_2 и CaCO_3). Кремневый скелет всегда спикуловый, карбонатный — спикуловый или массивный, с разнообразной микроструктурой. Известны представители, одновременно имеющие и кремневый и карбонатный скелет (*Sclerospongiae*).

Для большинства низших многоклеточных характерен полиморфизм — экологический (затрагивающий внешнюю форму) и вегетативный (смена стадий в процессе роста). Основной фактический материал для решения проблемы конвергентного и параллельного развития у *Inferibionta* постав-

⁸ См.: Преображенский Б. В. Морфология и палеоэкология таблятоморфных кораллов. М., 1982.

⁹ См.: *The Biology of the Porifera* // Symp. Zool. Soc. L. 1970. N 25; Bergquist P. R. Sponges // Berkeley Univ. Cal. Press, 1978; *Biologie des Spongiaires* // Collog. intern. CNRS. 1979. N 291; Reiswig H. M., Mackie G. O. Studies on Hexactinellid sponges. The Taxonomic status of Hexactinellida within Porifera // Philos. Trans. Roy. Soc. L., B. 1983. Vol. 301. P. 365—428; Barnes R. D. Origin of the lower Invertebrata // Nature. 1983, V. 306, N 5940. P. 224—225.

ляет палеонтология. Особенно важны гетерохронные конвергенция и параллелизм (в геологическом времени).

Принятие концепции низших многоклеточных, т. е. определение внутренней структуры сложной системы *Inferibionta* и положение их в еще более сложной, общей системе развития органического мира, позволяет во многом по-новому понимать историю развития этой группы. *Archaeata* существовали на протяжении всего палеозоя, беря начало (в бесскелетной форме) еще в венде, когда и произошло, по-видимому, разделение их на *Archaeocyatha* и *Resectaculita*. *Symplasma*, имея только кремневый скелет, существовали обособленно весь фанерозой. *Cellularia* (обыкновенные, коралловые и известковые губки) имели более сложную историю. Так, начиная с середины мезозоя, наряду с обыкновенными губками (*Demospongia*), существовавшими и ранее, появились первые известковые губки (*Calcarea*), а еще позднее коралловые (*Sclerospongia*). Расцвет *Symplasma* и *Demospongia* приходится на современный этап. Особняком стоят две группы — *Pharetronita* (в ранге типа) и группа, объединяющая *Stromatoporida* и *Chaetetida*. Достоверные находки *Pharetronita* известны только с карбона¹⁰, а свое существование они закончили на рубеже мезозоя и палеогена. Вторая группа появилась начиная с ордовика и исчезла также к концу мезозоя. Наконец, Плазоэа, единственные в составе *Inferibionta* подвижные формы, известны ныне.

Обращает на себя внимание отсутствие представителей низших многоклеточных, паделенных скелетом, в венде; их можно искать (в бесскелетной форме) среди проблематик так называемой вендо-эдиакарской фауны¹¹ (первая попытка перехода от одноклеточности к многоклеточности).

Раннепалеозойский этап в развитии низших многоклеточных характеризуется преобладанием инадаптивных групп и приуроченностью к морскому мелководью.

Позднепалеозойский — мезозойский этап может быть определен как время существования уже меньшего числа крупных таксонов *Inferibionta*. Отмечается стремление к захвату новых экологических ниш, в том числе на предель-

¹⁰ Проблематические *Sphinctozoa* раннего палеозоя еще не нашли своего места в системе *Porifera* (см.: Журавлева И. Т., Мягкова Е. И. Низшие многоклеточные фанерозоя).

¹¹ См.: Соколов Б. С. Органический мир Земли на пути к фанерозойской дифференциации; Федонкин М. А. Беломорская биота венда. М., 1981. (Тр. /ГИН АН СССР; Вып. 342); Гурев Ю. А. Морфологический анализ и систематика вендиат/ИГН АН УССР. Киев, 1987. (Препринт 87-15) и др.

ной глубине акваторий. Резко различаются этапы второго порядка: к их границе (палеозой — мезозой) было приурочено преимущественное исчезновение одних крупных таксонов и появление других. Исключение составили Chaetetida, переступившие эту границу почти незаметно.

Этап палеогена до современного, составляя третий этап в развитии Inferibionta, характеризуется малой преемственностью по отношению ко второму этапу и активным возникновением новых таксонов во второй половине этапа. Появились, наряду с морскими, пресноводные формы, а также формы, способные к передвижению.

Специфика развития Inferibionta на протяжении всего фанерозоя определяет и биостратиграфическое значение отдельных таксонов — в качестве ортостратиграфических групп или групп-реперов.

Определение особого значения Inferibionta для понимания эволюции всего органического мира подчеркивается принципиальной важностью и специфичностью уровня организации, присущей им. Рассматриваемый таксон отличается от других того же ранга также большим числом инадаптивных групп, образывавших тупиковые ветви в его эволюции. Inferibionta естественно заполняют пробел в общей системе развития органического мира, являясь звеном перехода от одноклеточных к настоящим многоклеточным Eukaryota. Сложная система, какой является таксон Inferibionta, четко определяется еще и по такому критерию, как целостность¹². Системный подход к исследованию проблемы и создание сложной иерархии Inferibionta обусловлены стремлением получить качественно новые результаты в процессе исследования. При этом авторы статьи учитывают принцип В. А. Догеля¹³, гласящий, что наивысшие таксоны в системе органического мира (тип и выше) должны обладать иным набором признаков по сравнению с характеристикой таксонов дотипового ранга. При всей дискуссионности рассматриваемых здесь вопросов и неоднозначной проработке отдельных элементов системы (особенно на их стыке) предлагаемая здесь постановка проблемы является своевременной¹⁴.

¹² См.: Кнорре А. Г. Уровни органической индивидуальности в связи с эволюцией целостности // Проблемы целостности в современной биологии. М., 1968. С. 140—171.

¹³ См.: Догель В. А. Зоология беспозвоночных. М., 1981.

¹⁴ См.: Наумов Н. П. Об эволюции биологических маркосистем // Журн. общ. биологии. 1967. Т. 28, № 6. С. 635—643.

ЭВОЛЮЦИЯ СООБЩЕСТВ ТРИЛОБИТОВ В РАННЕКЕМБРИЙСКИХ БАССЕЙНАХ

Л. Н. РЕПИНА, д-р геол.-минер. наук

Начиная с кембрия на Земле установились крайне благоприятные условия для развития живых организмов, поэтому раннекембрийские моря изобиловали разнообразной фауной, в том числе и с минерализованным скелетом, среди которых особенно многочисленными были трилобиты.

Трилобиты обладали высокой пластичностью и могли приспосабливаться к весьма разнообразным условиям обитания. В свою очередь, среда оказывала существенное влияние на расселение трилобитов и формирование целых ассоциаций с близким таксономическим составом. Отсюда и распределение определенных ассоциаций неразрывно связано с экологическими, палеоландшафтными и другими особенностями раннекембрийских морей.

Определение закономерности расселения ассоциаций трилобитов позволяют выделить биохории разного ранга¹.

Устанавливается тесная причинно-следственная связь провинций, выделенных по трилобитам, с определенными обстановками, вытекающими из тектонического режима и палеобиогеографических районов с отдельными ландшафтными зонами, в пределах единой акватории.

Но обстановка обитания не только контролировала формирование ассоциаций трилобитов отдельных биохорий, но и оказывала существенное влияние на их историческое развитие. В результате мы имеем неповторимую смену во времени своеобразных ассоциаций трилобитов в каждой крупной и мелкой биохории раннего кембрия. Это позволяет широко использовать трилобиты для разработки детальных биостратиграфических схем отдельно для каждого фациального ре-

¹ См.: *Hupe' P.* Contribution a l'etude de Cambrian inferieur et du precambrien III de l'Anti-Atlas Marocain // *Serv. Geol. Notes et Memoir.* 1952. N 3; *Lochman-Balk Ch., Wilson I. L.* Cambrian biostratigraphy in North America // *J. Paleont.* 1958. V. 32. P. 312—350; *Репина Л. Н.* Трилобиты нижнего и среднего кембрия юга Сибири (надсемейство Redlichioidea). М., 1969. Ч. 2.; *Kobayashi T.* The Faunal Provinces in the Early Cambrian Period // *Proceed. Japan Acad.* 1972. V. 48, N 4. P. 242—247; *Palmer P.* Problems of Cambrian Biogeography // 24 th International Geol. Congress, Montreal, 1972. N 7. P. 310—315.

гиона ², что имеет большое значение для практической геологии.

Анализ исторического развития трилобитов в бассейнах с разными обстановками дает возможность сделать определенные выводы об особенностях и темпах их эволюции.

Неустойчивая, быстро меняющаяся среда обитания, имеющая множество экологических ниш, характерная для раннекембрийских морей с геосинклинальным тектоническим режимом, способствовала быстрому образованию новых таксонов. Примером могут служить трилобиты раннего кембрия Саяно-Алтайской складчатой области ³. Невыдержанность обстановок по латерали и во времени явилась причиной образования ряда одновозрастных, но отличающихся по таксономическому составу комплексов трилобитов и слабой преемственностью в смежных по возрасту комплексах трилобитов. Идет непрерывный процесс адаптации трилобитов к постоянно меняющейся среде обитания и естественный отбор наиболее приспособившихся форм. Образование новых таксонов происходит быстро, скачкообразно, преимущественно путем сальтаций. Темпы эволюции были высоки (квантовая форма эволюции, по Д. Г. Симпсону ⁴).

Существенно отличались темпы эволюции в платформенных морях. Так, в пределах моря Сибирской платформы в кембрий выделяются три крупных бассейна с разным режимом осадконакопления ⁵. Только в узком мелководном бассейне, расположенном над поднятием, условия были близки к геосинклинальным. По-видимому, поднятие было связано с тектонически подвижной зоной и высота его неоднократно и неравномерно менялась. Нижнекембрийские разрезы здесь характеризуются быстрыми фациальными переходами (Анабаро-Синский фациальный регион). Каждой узкой фациальной зоне свойственны свои, существенно отличные

² См.: Решения Всесоюзного стратиграфического совещания по докембрию, палеозою и четвертичной системе Средней Сибири. Новосибирск, 1983.

³ См.: Репина Л. Н., Хоментовский В. В., Журавлева И. Т., Розанов А. Ю. Биостратиграфия нижнего кембрия Алтае-Саянской складчатой области. М., 1964.

⁴ См.: Simpson G. G. Tempo and mode of evolution. N. Y., 1944. (См.: Симпсон Д. Г. Темпы и формы эволюции. М., 1948.)

⁵ См.: Хоментовский В. В., Репина Л. Н. Нижний кембрий стратиграфического разреза Сибири. М., 1965; Атлас литолого-палеогеографических карт СССР. Л., 1968. Т. 1. Докембрийский, кембрийский, ордовикский и силурийский периоды. Еланский и куонамский фацioletипы нижней границы среднего кембрия Сибири. М., 1976.

сообщества трилобитов ⁶. Темпы эволюции здесь были также высоки. Именно здесь появились и распространились самые древние трилобиты, археоциаты и многие другие скелетные организмы, характерные для томмотского яруса нижнего кембрия ⁷.

Наоборот, в бассейне, расположенном на внешней части шельфа моря Сибирской платформы, в наиболее глубоководной зоне, где условия были стабильны на протяжении нескольких веков и выдержаны по латерали, темпы эволюции были крайне замедленными. Видообразование шло плавно, постепенно, имело много долгоживущих видов. Подобную эволюцию можно классифицировать как филетическую, согласно терминологии Д. Г. Симпсона.

Влияние обстановки обитания на эволюционное развитие трилобитов выявляется и в отдельных филогенетических ветвях крупных таксонов, например отряда Redlichiida.

Послойно собрание редлихииды из многочисленных разрезов мира позволяют проследить их историческое развитие от момента появления до вымирания (см. рис. 1, 2).

У представителей наиболее древнего подотряда *Olenellina* отсутствуют лицевые швы. При анализе морфологических изменений в разных филогенетических ветвях оленеллин отмечают две категории изменений ⁸. Первая относится, очевидно, к морфогенетическим изменениям. Наблюдается постепенное преобразование коррелятивно связанных признаков, принадлежащих к антеннальному сегменту (глазные крышки, глазные валики, фронтальная лопасть глабели). Закономерные и направленные изменения антеннального сегмента характерны для всех филогенетических ветвей подотряда *Olenellina*. Они являются устойчивыми, имеют высокий таксономический вес и положены в основу системы оленеллин, близкой к естественной ⁹.

На это направленное развитие накладываются изменения адаптивного характера, связанные с приспособлением трилобитов к разным обстановкам обитания. Адаптивные модификации таких признаков, как ширина, выпуклость и расчленение спинного щита, величина щечных шипов и плев-

⁶ Хоментовский В. В., Репина Л. Н. Нижний кембрий стратотипического разреза Сибири.

⁷ См.: Ярусное расчленение нижнего кембрия. Стратиграфия. М., 1984.

⁸ См.: Репина Л. Н. Зависимость морфологических признаков от условий обитания трилобитов и оценка их значения для систематики надсемейства *Olenelloidea* // Среда и жизнь в геологическом прошлом: Вопросы экостратиграфии. Новосибирск, 1979. С. 11—30.

⁹ Там же.

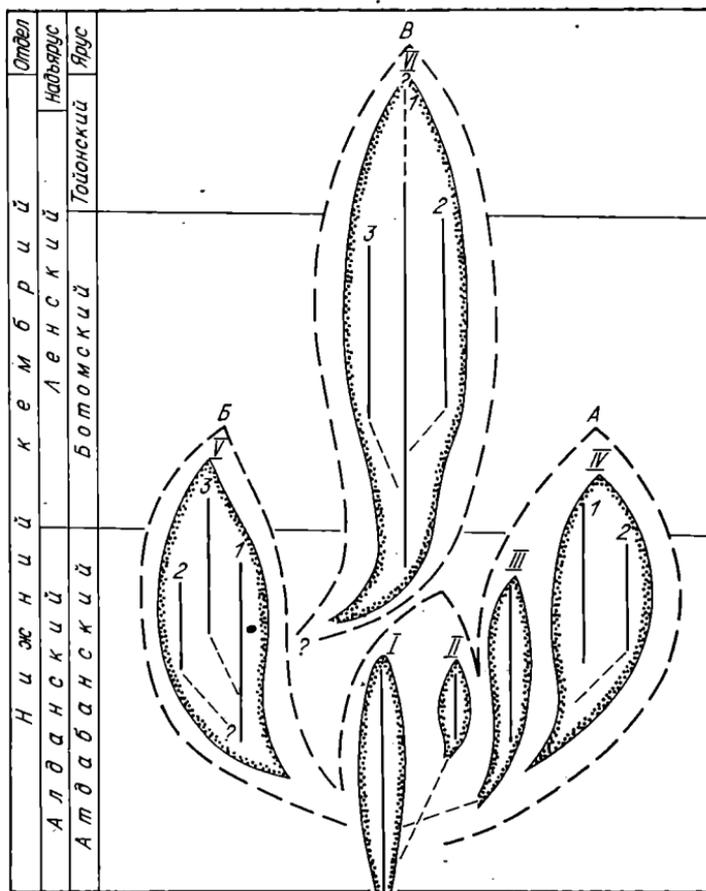


Рис. 1. Схема филогенеза трилобитов семейств подотряда Olenellina. А — надсемейство Holmioidea Hupé, семейства: I — Fallotaspidae Hupé, II — Daguinaspididae Hupé, III — Archaeaspididae Rep, IV — Holmiidae Hupé; подсемейства: 1 — Holmiinae Hupé, 2 — Callaviinae Poul. Б — надсемейство Nevadioidea Hupé, V — семейство Nevadiidae Hupé, подсемейства: 1 — Nevadiinae Hupé, 2 — Judomiinae Rep., 3 — Neltneriinae Hupé. В — надсемейство Olenelloidea, VI — семейство Olenellidae Vogd.; подсемейства: 1 — Olenellinae Vogd., 2 — Wanneriinae Hupé, 3 — Fermontiinae Rep.

ральных окончаний, толщина панциря и другие, появляются и исчезают на разных возрастных уровнях и в разных филогенетических ветвях оленеллий.

Возможно выделение целых групп трилобитов (экотипов), имеющих сходные морфоадаптивные признаки.¹⁰

¹⁰ См.: Репина Л. Н. Экотипы оленеллоидных трилобитов и их распространение в переходном типе разреза // Среда и жизнь в геологическом прошлом: Палеоландшафты и биофауны. Новосибирск, 1982, С. 46—60.

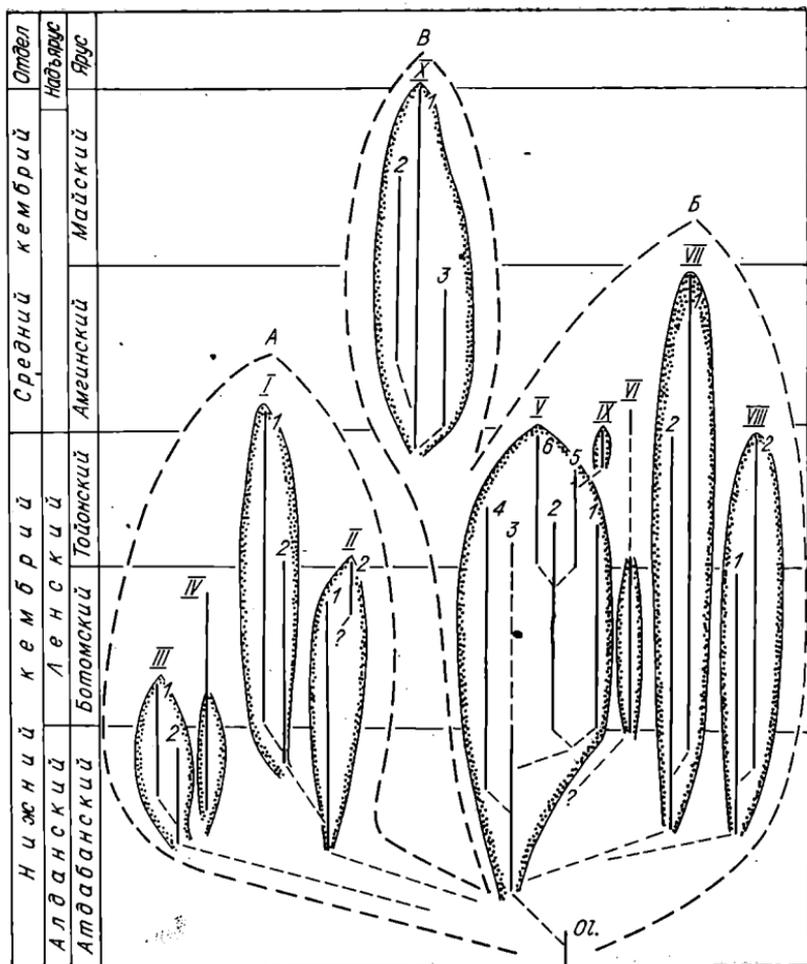


Рис. 2. Схема филогенеза трилобитов семейств подотряда Redlichiina.

А — надсемейство Redlichioidae Pours., семейства: I — Redlichiidae Pours., подсемейства: 1 — Redlichiinae Pours., 2 — Pararedlichiinae Hupé; II — Neoredlichiidae Hupé, подсемейства: 1 — Neoredlichiinae Hupé, 2 — Gigantopyginae Harr.; III — Dolerolesnidae Kob., подсемейства: 1 — Dolerolesnidae Kob., 2 — Lunoleninae Rep.; IV — Metadoxididae Whitt.

Б — надсемейство Protolenioidae Rich. R. et E., семейства: V — Protoleniidae Rich. R. et E., подсемейства: 1 — Protoleninae Rich. R. et E., 2 — Bergeroniellinae Rep., 3 — Bigotiniinae Hupé, 4 — Termiellinae Hupé, 5 — Paramicraciinae Rep., 6 — Lermontoviinae Suv.; VI — Aldonaiidae Hupé; VII — Ellipsocephalinae Matth., подсемейства: 1 — Ellipsocephalinae Matth.; 2 — Strenuellinae Hupé; VIII — Palaeoleniidae Hupé, подсемейства: 1 — Palaeoleninae Hupé, 2 — Myrosoleninae Hupé; IX — Menneraspidae Pokr.

В — надсемейство Paradoxidoidea Haw. et Cord., семейства: X — Paradoxidoidea Haw. et Cord., подсемейства: 1 — Paradoxidinae Haw. et Cord., 2 — Centropleurinae Ang., 3 — Xystridurinae Whitt.

Оленеллины в Тихоокеанской палеобиогеографической области существовали до среднего кембрия, а в Атлантической области им на смену пришли более прогрессивные трилобиты семейства *Protolenidae* (подотряд *Redlichiina*), имеющие на цефалоне лицевые швы. Первые протолениды по плану строения элементов цефалона напоминают древних оленеллин. Происходит рекапитуляция признаков предков, возврат к примитивным формам, но, согласно закону Л. Долло¹¹ о необратимости эволюции, уже на новом уровне, среди группы трилобитов, имеющих лицевые швы.

Далее историческое развитие всего подотряда *Redlichiina* шло по тому же пути, что и подотряда *Olenellina*. Направленные, устойчивые изменения редлихиин связаны с антеннальным сегментом, а также с развитием лицевых швов. Морфогенетические изменения сочетаются в историческом развитии с изменениями адаптивного характера.

Обращает на себя внимание и общий план эволюции обоих подотрядов. В каждом подотряде обособляется по три крупных таксона надсемейственного ранга, причем в конце развития каждого подотряда остается лишь одна группа трилобитов со все более раздувающейся фронтальной лопастью глабели и концентрированными глазными крышками. Отмеченное сходство связано с параллельным развитием трилобитов обоих подотрядов.

Очевидно, и причины вымирания этих подотрядов были теми же. Трилобиты утратили пластичность, снизились темпы изменчивости. Наступила «кульминация» в эволюции группы. Наблюдается развитие гигантизма. Кроме того, в результате гетерохронного процесса последние представители оленеллин и особенно редлихиин стали дисгармоничными с гипертрофированно увеличенной глабелью и цефалоном и примитивным маленьким пигидием. Группа исчерпала свои биологические возможности. Все это и явилось, по-видимому, причиной вымирания трилобитов вначале одного, а затем и другого подотряда.

Особенности эволюции как крупных таксонов раннекембрийских трилобитов, так и целых сообществ позволяют сделать определенные выводы.

1. Пространственное распространение ассоциаций трилобитов и их историческое развитие неразрывно связаны с физико-географическими обстановками в раннекембрий-

¹¹ См.: Dollo L. Les cephalopodes dé-oulés et l'irréversibilité de l'évolution//Bijd. tot Dierkunde (Amsterdam). 1922. V. 122. P. 215—226.

ских морях. Это дает возможность широко использовать трилобиты как для палеобиогеографических реконструкций, так и для разработки детальных биостратиграфических шкал отдельно для каждого фациального региона.

2. Отмечается существенное влияние обстановок обитания трилобитов на характер их эволюции. В морях с геосинклинальным режимом темпы эволюции были высокими, образование новых таксонов происходило быстро, скачкообразно. В платформенных морях со спокойной, выдержанной обстановкой эволюция шла плавно, темпы ее были низкими, наблюдалось множество долгоживущих таксонов.

3. Анализ эволюционных изменений в развитии трилобитов показывает, что плавное видообразование прерывается скачкообразными изменениями и появлением новых крупных таксонов. Отмечается, что зачастую эти изменения происходят одновременно (геологически) в разных акваториях земного шара. Такие особенности в эволюции с успехом используются при биостратиграфических исследованиях. В частности, на основании эволюционных изменений отряда *Redlichiida* определяются границы ярусов нижнего кембрия. Действительно, появление типичных протоленид положено в основу границы атдабанского и ботомского ярусов, появление подсемейств *Lermontoviinae* и *Paraticmassinae* — в обоснование границы ботомского и тойонского ярусов, а типичных представителей семейства *Paradoxididae* повсеместно принято за границу нижнего и среднего отделов кембрия.

РАННИЕ ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ ПОЗВОНОЧНЫХ И ПРОБЛЕМЫ СТРАТИГРАФИИ РАЗНОФАЦИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В. Н. ТАЛИМАА, д-р геол.-минер. наук

Остатки экзоскелета наиболее древних ордовикских и раннесилурийских (лаандоверийских) позвоночных на земном шаре встречаются крайне редко. Тем не менее за последние 10—12 лет обнаружены новые местонахождения, собран и частично описан очень ценный материал, который позволяет говорить о ранних этапах развития низших позвоночных — бесчелюстных и челюстноротых.

© В. Н. Талимаа, 1990

Сепсационные находки фосфатных элементов экзоскелета в верхнем кембрии Северной Америки¹ и в нижнем ордовике Шпицбергена² скорее всего не принадлежат к позвоночным, поэтому на сегодняшний день достоверными, наиболее древними можно считать отпечатки панцирей и чешуй из верхов нижнего — низов среднего ордовика Австралии³, элементы экзоскелета гетеростраков из среднего ордовика Северной Америки (США и Канады) и среднего ордовика Южной Америки (Боливии)⁴. Все находки приурочены к морским мелководным прибрежным отложениям и распространены в интертропической зоне того времени. В песчаниках и известняках, содержащих обрывки экзоскелета или отдельные его элементы, нередко встречаются также морские беспозвоночные, а в некоторых случаях конодонты, поэтому интерпретацию возраста отложений можно считать вполне достоверной.

Все ранне-среднеордовикские находки позвоночных представляют собой экзоскелет бесчелюстных — гетеростраков. Наиболее широко распространены тессерированные формы Северной Америки — астраспиды и эриптихииды, у которых голова и передняя часть туловища были покрыты мезомерными полигональными несросшимися пластинами, состоящими из верхнего слоя дентиновых бугорков и среднего и нижнего слоев, образованных аспидином, на хвостовом отделе располагались мезомерные чешуи такого же внутреннего строения. Южно-американская находка (*Sacabambaspis janvieri* Gagnier) также относится к тессерированным гетеростракам. По-видимому, мезомерное состояние экзоскелета особенно характерно для ранне- и среднеордовикского этапа развития позвоночных Северного полушария.

Иначе построен панцирь арандаспидиформных гетеростраков Австралии. Передняя часть тела у них была покрыта большими, макромерными пластинами — спинной и более выпуклой брюшной, соединенными в жаберной области рядом несросшихся мезомерных пластин, хвостовой отдел покрыт широкими и короткими мезомерными чешуями. На по-

¹ Repetski J. E. A fish from the Upper Cambrian of North America // Science. 1978. V. 200, № 4341. P. 259—531.

² Bockelie T., Fortey R. A. An early Ordovician vertebrate // Nature. 1976. V. 260 (5546). P. 36—38.

³ Ritchie A., Gilbert-Tomlinson J. First Ordovician vertebrates from the southern hemisphere. Alcheringa; Sydney, 1977. V. 1. P. 351—368.

⁴ Gagnier P.-I., Blicek A. R. M., Rodrigues G. First Ordovician Vertebrate from South America // Geobios. 1986. N. 19, t. 5. P. 629—634.

верхности пластин густо располагались микромерные бугорки, напоминающие по форме кроны чешуй телодонтов (*Arandaspis*) или дентиновые бугорки некоторых более поздних гетеростраков (*Porophoraspis*). Австралийские формы демонстрируют иной по сравнению с астраспидами, синхроморный, а не цикломорный путь формирования экзоскелета.

На территории Советского Союза наиболее древние остатки позвоночных установлены в отложениях верхнего ордовика.

В европейской части, на территории Тимано-Печорской провинции, в отложениях устьзыбско-хорейверского горизонтов и их возрастных аналогов (ваньюская свита) встречены чешуи нового рода телодонтов логаниидного внутреннего строения (материалы С. В. Мельникова). Найден большой набор морфологических разновидностей, позволяющий составить полное представление о чешуйном покрове животного. Большой интерес представляют головные чешуи, пожалуй наиболее архаичные из всех известных чешуй телодонтов. Они состоят из простого колпачка дентиновой ткани. Аспидиновая ткань основания нарастает лишь совсем тонким слоем, образуя нерезко выраженное узкое кольцо, а пульпарная полость большая и открытая. Такие колпачки по форме вполне идентичны дентиновым бугоркам гетеростраков, покрывающим мезо- и макромерные пластины панциря.

В азиатской части Советского Союза мелкие мезомерные тессеры астраспид найдены в хонделенских слоях Тувы и на Сибирской платформе в верхах ордовика в Вилюйском районе (р. Моркока). Идентичные тессеры мелких примитивных астраспид представлены в реннеландоверийских (?) отложениях Тунгусского и Вилюйского районов (материалы Т. А. Москаленко, Г. И. Коршунова, и Б. И. Шаренкова), а также в нижней подсвите балтуринской свиты Чуно-Бирюсинского района.

В пределах Европейской биогеографической провинции позднеландоверийские позвоночные найдены на п-ове Канин (р. Рыбная). Это мелкие чешуи типа *Logania scotica* и тессеры астраспид. В позднем ландовери Эстонии обнаружены мелкие гладкие чешуи рода *Thelodus* и чешуи очень мелких акантодов⁵.

Совершенно иной состав позвоночных установлен в среднем — верхнем ландовери Сибирской платформы, Тувы и

⁵ Мярсе Т. Позвоночные силура Эстонии и Западной Латвии. Таллинн, 1986.

Западной Монголии. Следует подчеркнуть появление в этих ихтиофаунах первых челюстноротых — акантодов и эласмобранхий, пока самых древних на земном шаре. Среди бесчелюстных представлены телодонты, астраспиды и анаспиды. Последняя группа бесчелюстных в столь древних отложениях обнаружена впервые.

На Сибирской платформе средне-позднепалеозойские позвоночные установлены в Тунгусском, Туруханском, Чупо-Бирюсинском, Ангаро-Илимском и Нюйско-Березовском районах. Эти материалы еще изучаются, однако уже сейчас очевидно, что существовали две несколько различающиеся по групповому составу ихтиофауны. В состав первой (средний палеозой) входят телодонты (*Logania sibirica* Kar.-Tal., *Logania moskalenkoae* Kar.-Tal.), остатки которых напоминают тессеры астраспид (?), акантоды и новый род эласмобранхий, характерный только для этого комплекса. Остатки позвоночных приурочены в основном к отложениям зоны закрытого мелкого шельфа. Лучше всего комплекс представлен в кварцево-песчаных доломитах тушаминской свиты Ангаро-Илимского района и в красноцветных алевролитах нижней подсвиты утаканской свиты Нюйско-Березовского района.

Для второго комплекса (верхнепалеозойского), представленного в Чупо-Бирюсинском районе Сибирской платформы, Туве и Западной Монголии, характерен более богатый групповой состав. Особенно важную роль играют челюстноротые — акантоды и эласмобранхии, встречаются бесчелюстные — гетеростраки (типичные астраспиды), телодонты, анаспиды. При этом отмечаются и различия состава на севере и юге распространения комплекса. В Чупо-Бирюсинском районе (подкомплекс II^а) особенно много разнообразнейших по форме чешуй и тессер акантодов, для которых свойственны архаичные черты строения. Чешуи эласмобранхий встречаются значительно реже, родовой состав обедненный. Телодонты представлены чешуями типа *Logania sibirica* и родом *Helenolepis*. Горизонтально- и косо-слоистые полевошпато-кварцевые разнородные песчаники и алевролиты верхней подсвиты балтуринской свиты, в которых микроостатки позвоночных иногда образуют скопления типа костных брекчий, рассматриваются Н. Н. Претеченским как подводнодельтовые отложения (подводная часть аллювиальной равнины).

Подкомплекс II^б характерен для среднего и верхнего палеозой Тувы (алашско-акчалымский комплекс) и верхнего палеозой Западной Монголии. В Тувинском раз-

резе не удалось добыть большого количества микроостатков, поэтому трудно выделить доминирующие группы. В Западной Монголии (Озерная структурно-фациальная зона) многочисленные микроостатки позвоночных получены из автокластической брекчии глинистого известняка, сцементированного песчано-алевритовым цементом (материалы Ж. Содова), и пачки переслаивания кварцевых песчаников, алевролитов и брахиоподовых известняков (материалы Х. С. Розман), относимых к терригенным отмельным фациям внутреннего шельфа Тувинско-Монгольского позднелландоверийско-ранневенлоцкого палеобассейна ⁶.

Основное место в подкомплексе II^б принадлежит эласмобранхиям. Большое разнообразие типов чешуй этих древнейших челюстноротых свидетельствует о широкой алаптивной радиации, свойственной развивающейся группе, несомненно весьма прогрессивной для того времени. Простыми одонтодами было покрыто тело элэгестолепидных эласмобранхий. Для чешуй остальных родов характерен синхроморный тип роста, причем установлена группа родов, чешуй которых формировались совершенно оригинальным путем, не известным для других эласмобранхий. Акантодов в подкомплексе II значительно меньше, чем в подкомплексе II^а. Общим является род *Tchunacanthus*, однако другие роды отсутствуют.

Бесчелюстные представлены телодонтами, гетеростраками (астраспидами и эриптихийдами) и анаспидами. Среди телодонтов распространены *Logania asiatica* Kar.-Tal. и род *Helenolepis*. Характерная особенность подкомплекса II^б — присутствие большого числа тессер и чешуй *Astraspis* и *Eriptychius*, родов, распространенных в среднем ордовике Северной Америки. Это первые находки обоих родов древнейших гетеростраков за пределами Северо-Американского континента.

Различия в составах подкомплексов II^а и II^б, по-видимому, связаны отчасти и с фациальным фактором. Можно предположить, что акантоды больше характерны для подводно-дельтовых отложений, а эласмобранхии — для отложений мелкого шельфа.

В целом же ордовикские и лландоверийские позвоночные обитали в прибрежных, хорошо прогреваемых, биоактивных частях морских бассейнов. Вряд ли они заплывали

⁶ Розман Х. С. Раннесилурийские брахиоподы *Tuvella* Монголии // Палеонтол. журн. 1986. № 2. С. 29—38.

в реки, так как пищевая база в то время на континенте была уж очень скудной.

Материалы по ордовикским и раннесилурийским (лландоверийским) позвоночным позволяют сделать также некоторые выводы относительно путей формирования экзоскелета у низших позвоночных в целом.

Совершенно очевидно, что на первоначальном этапе развития экзоскелета в коже формировались простые одонтоды — ортодентиновые или мезодентиноподобные колпачки центростремительного роста, расположенные над сосудистой петлей. Наиболее простой вариант такого колпачка с одним пульпарным отверстием — головные чешуи телодонтов.

Немного усложненные одонтоды (монодоитодии) — плакоидные чешуи эласмобранхий типа *Elegestolepis*⁷, у которых дентиновая крона росла центростремительно, а костное основание — центробежно, причем сосудистая петля помещалась в двух каналах — базальном, как у телодонтов, и шейном — признак, характерный для чешуй эласмобранхий.

Эти два типа одонтодов следует считать исходными при формировании более сложных элементов экзоскелета.

На примере примитивных астраспид (род *Tesakoviaspis*) из верхнего ордовика и нижнего лландовери (?) Сибирской платформы можно хорошо проиллюстрировать ареальный цикломорный тип роста и формирование наиболее простых тессер. Вокруг первичного колпачка ареально последовательно прирастают концентрические зоны более мелких бугорков, под которыми позже формируется единое основание. Североамериканские и монгольские астраспиды обладали уже более крупными тессерами и чешуями, на которых многочисленные бугорки практически одинаковой величины и первичный бугорок не всегда различаются. И хотя по времени североамериканские астраспиды более древние, им, несомненно, должна была предшествовать стадия примитивных астраспид, сохранившихся на Сибирской платформе.

Формирование тессер и чешуй эриптихий происходило, по-видимому, путем, характерным для австралийских арандаспидиформных гетеростраков. Удлиненные дентиновые бугорки с одной пульпарной полостью закладывались одновременно (синхронормоно), и лишь позже в глубине кориума под ними шло образование аспидинового основания.

⁷ Karatajute-Talimaa V. *Elegestolepis grossi* gen. et sp. nov., ein neuer Typ der Placoidschuppe aus dem oberen Silur der Tuwa // *Palaeontographica* (Stuttgart). 1973. Bd 143, Abt. A. S. 35—50.

Для лландоверийских эласмобранхий весьма характерен синхронормый тип роста чешуй. На материале Сибири и Монголии можно выделить две его разновидности: 1) свойственный чешуям типа *Polymerolepis*, когда сложнопостроенная крона покрывается на папиллярной стадии единым слоем дентиновой ткани и образуется моподонтодий⁸ и 2) свойственный чешуям трех новых родов, когда кропа состоит из большого числа самостоятельных дентиновых единств (одонтодов), закладывающихся одновременно на границе эпидермиса и мезодермы. Аспидиновая (?) ткань основания постепенно прирастает центростремительно, начиная от переднего участка чешуи. Такую чешую следует считать полиодонтодиумом.

Лландоверийские акантоды Азии представлены 4—5 родами. Они известны по многочисленным разрозненным чешуям и тессерам. Зубы и плавниковые шипы не найдены. Архаичность строения ранних акантодов заключается в наличии особого морфологического типа головных чешуй (одонтокомплексов ареального роста), крона которых растет ареально и не перекрывается тонкими слоями дентиновой ткани. Суперпозиционный рост чешуй, свойственный более поздним акантодам, отмечен только у части переходных и туловищных чешуй. Подобный ареальный рост кроны установлен у морфологически схожих чешуй карбоновых эласмобранхий рода *Holmesella*⁹ и, по-видимому, был свойствен предковой, наиболее ранней группе еще не найденных проэласмобранхий, давших начало акантодам.

Онтогенетическое развитие мезомерных чешуй анаспид, покрывавших все тело животного, не выяснено. Скорее всего, у них, как и у других представителей бесчелюстных, вначале закладывались наружные аспидиновые элементы скульптурного слоя и лишь несколько позже под ним в слое кориума вырастали аспидиновые пластины — верхняя (крона) и нижняя (основание).

Долгие годы существовало мнение, что «рыбы» (особенно девонские) характерны для отложений континентальных фаций. Однако с 50-х годов, когда было доказано морское

⁸ Каратайте-Талимаа В. Н. Строение и систематическое положение чешуй *Polymerolepis whitei* Karatajute-Talimaa // Очерки по филогении и систематике ископаемых рыб и бесчелюстных. М., 1977. С. 46—60.

⁹ Orvig T. Histologic studies of Ostracoderms, Placoderms and fossil Elasmobranchs. 2. On the dermal skeleton of two late Palaeozoic Elasmobranchs // Arkiv. zool. 1966. Bd 19. N 1. P. 1—39.

происхождение позвоночных¹⁰ и начал широко применяться метод химической препаровки карбонатных пород, микроостатки позвоночных стали находить в отложениях большого числа морских фаций. Сейчас низшие позвоночные, даже представленные дискретными элементами экзоскелета, могут успешно применяться при корреляции разнофациальных отложений.

Корреляционное значение ордовикских и раннелландоверийских позвоночных, обитавших только в мелководных прибрежных частях теплых морских бассейнов, естественно невелико, однако, начиная с позднего лландовери, позвоночные все шире расселяются в морских бассейнах — от зоны открытого мелкого пельфа до опресненных участков подводных аллювиальных равнин. В позднем силуре (данные Т. Мярсс) позвоночные распространены от лагунной до склоновой зоны и даже есть случаи обнаружения их в отложениях депрессионной зоны. В конце позднего силура (даунтон Англии, Северного Тимапа, Северной Земли) позвоночные были обычными обитателями подводных участков дельт и, возможно, уже проникали в речную систему.

В раннем девоне позвоночные особенно характерны для олдредовых фаций, однако они широко представлены и в отложениях многих бассейновых фаций, как прибрежных, так и открытоморских. Пожалуй, лишь в отложениях депрессионной зоны они встречаются крайне редко.

Была сделана попытка проследить групповой состав позвоночных в отложениях лохкова разных районов Европейской, Ангарской биogeографических провинций и Тувы. Так, для лохкова Европейской биogeографической провинции (без Канадской Арктики) особенно характерны телодонты, многочисленные отряды гетеростраков (кроме амфиаспид), остеостраки, акантоды. В Ангарской провинции в это же время совсем не встречаются телодонты, но широко представлены амфиаспиды, акантоды и актиноштеригии. Последние установлены еще в аналогах лохкова Австралии и не известны в Европейской провинции. Повсеместно распространены артродиры, причем тессерированные формы, по-видимому, тяготеют к пормально-морским фациям. В олдредовых от-

¹⁰ Gross W. Die paläontologische und stratigraphische Bedeutung der Wirbeltierfaunen des Old Reds und der marinen altpaläoischen Schichten // Abh. Deutsch. Akad. Wiss. Berlin: Math. Naturwiss. Kl., 1950. S. 1—130; Denison R. H. The Early history of the Vertebrate Calcified skeleton // Clinical Orthopaedics. 1963. N 31. P. 141—152; White E. I. Original Environment of the Graniates // Studies of Fossil Vertebrates. London, 1958. P. 212—234.

ложениях лохова Тувы основными группами являются остеоостраки, эласмобранхии и акантоды. Наиболее эврифаціальными и широко распространенными являются акантоды. Их корреляционное значение с каждым годом становится все больше.

Представленное сравнение группового состава позвоночных в разных районах трех биогеографических провинций позволяет сделать вывод, что различный групповой состав обусловлен не столько фаціальной, сколько провинциальной принадлежностью. Следовательно, в пределах той же биогеографической провинции низшие позвоночные могут успешно применяться для целей стратиграфии.

АСПЕКТЫ ЭВОЛЮЦИИ И ПРАКТИКА СТРАТИГРАФИИ (на примере неморских двустворок позднего палеозоя)

О. А. БЕТЕХТИНА, д-р геол.-минер. наук

Палеонтологический метод остается пока одним из ведущих при стратиграфических построениях, но эффективность использования органических остатков для решения конкретных задач стратиграфии находится в прямой зависимости от тех концепций и гипотез, которые составляют основные положения теории эволюции, так как в основе применения палеонтологического метода лежит представление об эволюции органического мира, этапов развития отдельных групп и таксонов.

В настоящее время многие аспекты эволюционной теории служат предметом дискуссий. Это связано, во-первых, с достижениями современной молекулярной биологии, которые привели к формированию нового микроэволюционного направления, согласно которому эволюционный процесс управляется теми же факторами и механизмами, которыми оперирует и генетика популяций. Во-вторых, с достижениями в палеонтологии, установившей факт неравномерности эволюционного процесса во времени, который показал, с одной стороны, несостоятельность чисто генетического подхода к эволюции, а с другой — вступил в противоречие с господствовавшей концепцией филетического градуализма, что привело к выдвиганию ряда новых концепций и гипотез,

© О. А. Бетехтина, 1990

в том числе гипотезы прерывистого равновесия, адаптивного компромисса¹, когерентной эволюции и т. д.

Состоятельность выдвигаемых концепций лучше всего проверяется на палеонтологическом материале.

В качестве объекта, на котором могут быть опробованы некоторые современные аспекты эволюции организмов, групп и сообществ, а также методики использования их в практике стратиграфии, выбрана группа неморских двустворок. Это удобно, во-первых, потому, что она относится к категории маркирующих, по терминологии В. Н. Шиманского², так как ее возникновение и быстрое распространение является характерной особенностью органического мира в позднем палеозое и связано с глобальными изменениями палеогеографии Земли — становлением новой экосистемы — бассейнов угленакопления. У этой группы можно наиболее отчетливо проследить причинно-следственные связи между организмом и средой и эволюцию бытоты и обстановок.

Во-вторых, по этой группе имеется большой корректный фактический материал, собранный послойно в конкретных разрезах, и можно определить морфологические изменения как отдельных таксонов, так и целых сообществ.

В-третьих, для систематики группы установлены таксономические признаки, позволяющие проследить эволюцию ее таксонов в онтогенетическом аспекте и построить филогенетическую³ модель, позволяющую установить основные этапы эволюции этой группы. И, наконец, имеющийся по этой группе материал дает возможность проследить не только эволюцию отдельных линий, но и целых сообществ в экосистемном аспекте.

Неморские двустворки как особая эколого-фациальная группа классов *Bivalvia* появилась в начале карбона в связи с резким сокращением морских бассейнов и широким распространением специфических обстановок углеобразования, ранее в истории Земли неизвестных⁴. В результате меняется география планеты, формируются новые типы

¹ Расницын А. П. Темпы эволюции и эволюционная теория: (Гипотеза адаптивного компромисса) // Эволюция и биоценотические кризисы. М., 1987. С. 46—64.

² Шиманский В. Н. История развития биосферы // Там же. С. 5—45.

³ Бетехтина О. А. Пределы изменчивости и филогении неморских двустворчатых моллюсков позднего палеозоя // Морфология и систематика беспозвоночных фанерозоя. М., 1983. С. 5—14.

⁴ Бетехтина О. А. Биостратиграфия и корреляция угленосного позднего палеозоя по неморским двустворкам. Новосибирск, 1974.

ландшафтов, меняется геохимический и температурный режим и в бассейнах обитания фауны. Изменения абиотических факторов привели, с одной стороны, к образованию свободных экологических ниш, а с другой — к высокой скорости диверсификации у наиболее толерантных обитателей дельт и прибрежных частей морей при заселении этих ниш.

При этом образование новых таксонов шло по пути идиоадаптации. В настоящее время предполагается, что существовали две исходные экологические группировки: одна из них связана с обитателями опресненных частей морского бассейна (семейство Myalinidae), и другая — с девонскими реофилами, обитателями текучих вод. В течение карбона и перми происходило постепенное перемещение неморских двустворок в глубь континента вслед за угленосными фациями. В связи с появлением новых типов ландшафтов, новых экологических ниш эта миграция сопровождалась адаптивной радиацией и вспышками филогенетической эволюции.

Наиболее отчетливо механизм эволюции неморских двустворок можно проследить, анализируя филогенетическую модель этой группы в онтогенетическом и экосистемном аспектах. При построении филогенетической модели были использованы два основных таксономических признака, принятые при классификации неморских двустворок: тип начальной раковины, который позволяет установить группировки, представляющие, видимо, филогенетические линии ранга семейств, и тип изменений в очертании створок в процессе роста раковин. Оба признака, согласно закону рекапитуляции, содержат информацию о предковых формах. Возможность проследить в онтогении таксона его филогению наглядно продемонстрировал Н. Д. Ньюэлл на примере пермских миалин⁵, у которых стадии роста (его онтогения) повторяют последовательные стадии филогении рода.

Кроме того, при построении модели были учтены экологические, биогеографические и стратиграфические особенности распределения родов неморских двустворок (см. рис. 1).

По числу типов начальных раковин, которые, видимо, отражают основные направления адаптивной радиации, выделено 6 филогенетических ветвей. В каждой из этих линий возникновение новых таксонов происходило путем идиоадаптации на различных временных уровнях в связи с из-

⁵ Newell N. D. Late paleozoic pelecypods — Mytilacea // State Geol. Surv. of Kansas. 1942. V. 10, pt. 2.

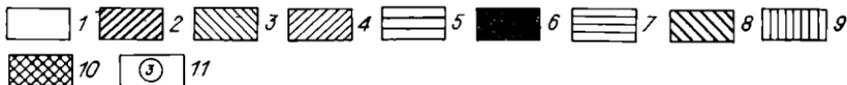


Рис. 1. Схема предполагаемых филогенетических и биогеографических связей на различных этапах истории формирования комплексов неморских двустворок в позднем палеозое.

1 — карбоновые роды Евразийской биогеографической области и космополитные роды; 2 — роды Восточно-Европейской позднепермской биогеографической провинции; 3 — тоже, Печорской провинции; 4 — Казахстанской провинции; 5 — 11 — провинциальные роды Ангарской биогеографической области; 6 — Южно-Сибирской провинции; 7 — Кузбасской; 8 — Минусинской; 9 — Тунгусской и Приенисейской провинций; 10 — Таймырской и Горловской провинций; 11 — роды Ангарской биогеографической области (в том числе провинциальные, раслившиеся за пределы первоначального ареала). А — Д — типы начальных ракоин основных филогенетических ветвей (семейств). Цифры в кружках — основные роды: 1 — *Abiella*; 2 — *Concinella*; 3 — *Mrassiella*; 4 — *Amnigeniella*; 5 — *Tersiella*; 6 — *Abahaniella*; 7 — *Pseudomodiolus*; 8 — *Naiadites*; 9 — *Anthraconauta*; 10 — *Myalina*; 11 — *Myalinella*; 12 — *Orthomyalina*; 13 — *Curvirimula*; 14 — *Procopievskia*; 15 — *Quasianthraconauta*; 16 — *Carbonicola*; 17 — *Angarodon*; 18 — *Anthracosia*; 19 — *Anthracospermium*; 20 — *Senderzoniella*; 21 — *Antraconata*; 22 — *Palaeodonota*; 23 — *Palaeomutella*; 24 — *Brussiella*; 25 — *Anadontella*; 26 — *Knerhaella*; 27 — *Mrassielena*; 28 — *Augea*; 29 — *Soanellina*; 30 — *Degeniella*; 31 — *Goniphorina*; 32 — *Kemeropiella*; 33 — *Taimyria*; 34 — *Sinomya*; 35 — *Prilukiella*; 36 — *Tajlugana*. При миграции представителей рода за пределы первоначального ареала на поле его развития в соответствующее время нанесен знак, принятый для таксонов того биогеографического подразделения, куда произошла миграция

менением обстановок обитания — появлением новых типов ландшафтов, например внутриконтинентальных морей «бассейнов», окончательно не утративших связи с морем. Неоднократное повторение во времени близких фациальных обстановок, а также инвазии прибрежных морей обусловило появление на различных временных уровнях итеративных форм. В филогенетических ветвях обычно наблюдается дискретность надвидовых таксонов. Установить филогению внутри каждой филогенетической линии очень сложно, и только в редких случаях можно сделать предположение о дивергенции признаков, приведших к формированию нового таксона родового ранга. Как показывают наблюдения в конкретных разрезах, образование новых видов может происходить и путем скачка и путем медленных последовательных изменений (градуалистически). Для практики стратиграфии первый путь предпочтительней, так как его можно использовать для детальной биостратиграфии.

Рассматриваемая модель подтверждает представление о неравномерности эволюционного процесса и различиях скорости эволюции в конкретных филогенетических ветвях. Выявляются уровни, где имеют место вспышки фелитической эволюции, что позволяет установить определенные этапы в развитии фауны. Эти уровни обычно коррелируются со значительными изменениями абиотических факторов в среде обитания, биогеогенетических связей и в общем отражают основные этапы геологической истории экосистемы и могут быть приняты в качестве рубежей основных биостратиграфических подразделений.

Конкретно для Ангарской биогеографической области отмечается по крайней мере три таких уровня-рубежа, которые соответственно можно считать: основанием верхнего карбона (при трехчленном его делении), основанием нижней перми и основанием верхней перми. Наиболее интенсивная вспышка наблюдается в начале поздней перми, и она, вероятно, происходит по типу ароморфоза, так как на этом уровне появляются живородящие формы. Это, видимо, связано со значительными изменениями палеоландшафтов в поздней перми — преобладанием континентальных обстановок.

Для уровней-рубежей характерны некоторые особенности: таксоны отличаются резко повышенной изменчивостью, малой эволюционной устойчивостью, неопределенностью морфологических признаков. Возникают существенные трудности при распознавании таксонов для отдельных конкретных частей разреза. Особенно отчетливо это проявляется в конце перми и связано с вымиранием фауны. Вместе с тем

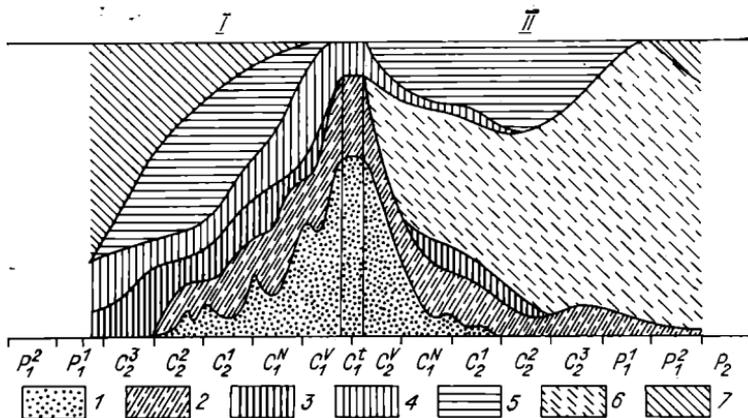


Рис. 2. Эволюция сообществ различных экологических типов ассоциаций неморских двустворок в Еврамерийской (I) и Ангарской (II) биогеографических областях в позднем палеозое.

1 — фауна нормального морского бассейна; 2 — ассоциации опресненных частей морского бассейна (эврифациальные роды *Naiadites*, *Myalina*); 3 — «бассейновые» ассоциации Еврамерийской области (роды *Curvimirula*, *Anthraconauta*); 4 — характерные реофилы начала среднего карбона (род *Carbonicola*); 5 — реофилы карбона и ранней перми (*Anthraconaia* (?), *Anthracosia*); 6 — каменноугольные и пермские «бассейновые» ассоциации Ангарской биогеографической области (роды *Amnigeniella*, *Kirnerhaella*, *Concinella*, *Mrassiella*, *Terziella* и другие роды ангарской фауны); 7 — реофилы конца нижней и всей поздней перми (роды *Palaeodontia*, *Palaeomutella*).

наблюдается определенная устойчивость морфофизиологической организации отдельных таксонов; этот факт можно использовать для выделения лон (зон) при детальной региональной корреляции.

Экологические и биогеографические связи, на которых основана филогенетическая модель, позволяют проследить изменение состава изохронных комплексов во времени и определить некоторые методические положения, повышающие эффективность использования этой группы для био-стратиграфических построений, и в том числе для межрегиональной корреляции. Установлено несколько экологических ⁶ типов ассоциаций неморских двустворок, которые занимали две различные биогеографические области. Как уже говорилось, среди неморских двустворок выделяются реофилы и обитатели прибрежных частей морей и «бассейнов» с различным геохимическим режимом (рис. 2). Таксономический состав ассоциаций меняется во времени так же,

⁶ Бетехтина О. А. Экологические типы ассоциаций неморских двустворок и их значение для био-стратиграфии // Среда и жизнь в геологическом прошлом: Вопросы экостратиграфии. Новосибирск, 1979. С. 63—68.

как и темпы эволюции среди таксонов соответствующих групп реофилов и «бассейновых». Коррелятивная ценность различных экологических типов ассоциаций не остается постоянной, а закономерно меняется в ходе геологической истории.

Таким образом, рассмотрение объекта исследований в онтогенетическом и экосистемном аспекте, с одной стороны, дает фактический материал, подтверждающий представление о неравномерности эволюционного процесса и контролирующей роли среды в появлении новых таксонов. С другой стороны, новые концепции позволяют более эффективно использовать рассмотренную группу для биостратиграфических построений.

УЧАСТИЕ НЕОБРАТИМО НАПРАВЛЕННЫХ ПРОЦЕССОВ В СТАНОВЛЕНИИ И РАЗВИТИИ ЖИЗНИ

А. Н. ДМИТРИЕВ, д-р геол.-минер. наук

Во второй половине текущего столетия наряду с термодинамически интерпретируемыми процессами внимание исследователей привлекли необратимые явления с кибернетической интерпретацией направленности¹. Но как термодинамическая, так и кибернетическая направленность процессов прослеживается на совокупности простых и сложных явлений, лежащих в основе жизни, развития живых форм на Земле. Высокий уровень организации наземной биосферы подтверждается устойчивой и разнообразной (непрерывной и дискретной) «волной жизни», в которой видовой состав жизненосителей превышает 2 млн. Представляется целесообразным остановиться на обнаружении взаимодействия необратимых процессов, выступающих в качестве причин возникновения, существования и развития простых и сложных жизненных форм. Трудно увидеть «жизнь изнутри», но знания свойств и возможностей необратимо направленных процессов позволяют проложить исследовательские маршру-

¹ Бриллюэн Л. Наука и теория информации. М., 1960; Неопределенность и информация. М., 1960; Ляпунов А. А. Кибернетический подход к теоретической биологии // Кибернетика живого: биология и информация. М., 1984. С. 38—45; Дмитриев А. Н. Необратимость — мера жизни. Новосибирск, 1964; Тринчер К. С. Биология и информация. М., 1966; Пригожин И. От существующего к исчезающему. М., 1985; Алексеев Г. Н. Энергоэнтропика. М., 1983.

© А. Н. Дмитриев, 1990

ты на территории элементарных и кооперативных жизненных реализаций.

Своим вниманием к необратимым процессам в сфере развития жизненных потоков я обязан неоднократно беседам с одним из основоположников отечественной кибернетики Алексеем Андреевичем Ляпуновым. Однажды он прямо посоветовал: «...посмотрите повнимательнее термодинамическое и кибернетическое содержание жизненных процессов. Возможно, что вам удастся обнаружить требуемое подразделение необратимых процессов в приемлемой для первого приближения форме». Прошло несколько лет, прежде чем автор утвердился в предположении о двух видах необратимо направленных процессов в суммарном составе эволюции систем земной биосферы. Но тут же резко встал вопрос о видах кооперации энтропии и информации в одном пространственно-временном составе, о формах «сосуществования» термодинамически и кибернетически направленных процессов, поскольку не только борьба, но и «взаимопомощь» энтропии и информации закрепляла достигнутый уровень развития того или иного вида живых организмов. Именно это гармонизирование и уравнивание состояния природных систем относительно абсолютного порядка и абсолютного хаоса не только зарождало, но и закрепляло эволюционные этапы биосферы и ее накопления — жизни.

Алексей Андреевич Ляпунов поддержал общую схему подразделения множества необратимо направленных процессов на процессы с кибернетической и термодинамической направленностью и порекомендовал представить выдвигаемые положения «в содержательной форме, доступной широкому читателю». Так была написана «Необратимость — мера жизни», изданная под редакцией А. А. Ляпунова. К настоящему времени ряд высказанных тогда положений получили развитие и углублены в свете современных научных представлений.

1. Развитие как борьба и единство необратимостей

Жизненное разнообразие в процессе своего развития черпает свои возможности из основополагающего и фактически неисчерпаемого множества необратимо направленных процессов. Причем жизнь, берущая начало из истоков в необратимости, своими элементарными и сложными звеньями

проявления подсоединена как к термодинамическим, так и к кибернетическим процессам.

Представим энергетически-энтропийный характер течения процессов такой концептуальной системой:

Термодинамически
необратимо
направленные = $\langle \mathcal{E}, Q, S, T, t \rangle$,
процессы

где в правой части равенства список параметров состояния системы: $E = (\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_k)$ — энергетический состав системы в начальный и в последующие моменты состояния ($\mathcal{E} = \text{const}$, но меняются формы энергии); $Q = (Q_1, Q_2, \dots, Q_\tau)$ — видоизменение количества тепла, регистрируемого в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_τ ; $S = (S_1, S_2, \dots, S_\tau)$ — энтропийный состав, устанавливаемый в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_τ , причем $S_1 < S_2 < S_\tau$; $T = (T_1, T_2, \dots, T_\tau)$ — температурная последовательность отсчетов в t_1, t_2, \dots, t_τ .

Здесь энтропия выступает в роли отрицательного слагаемого; направляющего содержащую ее систему в сторону дезорганизации и снижения потенциалов закономерности в пределе до полного беспорядка, хаоса, при котором энтропия максимизируется.

Энергетически-информационный характер течения процессов можно представить в виде

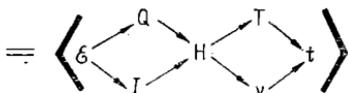
Кибернетически
необратимо
направленные = $\langle \mathcal{E}, \dot{I}, N, v, t \rangle$,
процессы

где в правой части приведен перечень компонентов системы: $\mathcal{E} = (\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots, \mathcal{E}_k)$ — энергетический состав системы, в которой $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \dots$ — качественные разновидности энергии; $\dot{I} = (\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dots, \dot{I}_k)$ — информационный состав системы, где $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dots$ — видовой состав информации (память, сигнал, управление и пр.); N — негэнтропийный состав системы; $v = (v_1, v_2, \dots, v_k)$ — функциональный состав и виды преобразования сигналов; $t = t_1, t_2, \dots$ — время и интервалы функционирования системы.

Здесь кибернетически направленные процессы наращивают количество негэнтропии в системе, которая выступает в роли положительной. Она приводит систему в высокоорганизованное состояние в пределе до самосовершенствования.

Информационно-энтропийный характер течения процессов с двойным превращением можно представить так:

Направленные процессы
с двойным превращением
(битропийные)



В этой модели показано сосуществование как общих параметров состояния системы \mathcal{E} (энергия) и t (время), так и параметра связи, ответственного за обменные процессы между S (энтропией) и N (негэнтропией) и названного нами *битропией* (би — два, тропия — превращения). Обозначение для битропии, которой одновременно отражает и неопределенность состояния системы, взято в виде H . Далее отметим две пары различных параметров: Q (теплота — $Q = TdS$ и \dot{I} (информация), а также T (температура) и v (сигнал).

В выдвигаемой модели битропийные процессы нейтрализуют стремления систем в крайние состояния (с энтропийным, или информационным экстремумом) и удерживают их в динамическом равновесии, сложных промежуточных состояниях.

Данная триада процессов универсальна, и жизнь, извлекая для себя организационную слагаемую из кибернетически направленных процессов, тут же обогащается широким разнообразием представляемого термодинамическими возможностями и закрепляет свои формы строгим балансом порядка и хаоса. В гипотезе В. И. Вернадского² об извечном существовании живого вещества содержится основополагающая подсказка о том, что всегда и всюду присутствующая жизнь, выявляемая в той или иной форме своих жизнеспособителей, опирается на извечное существование элементарных и суммарных актов термодинамически и кибернетически направленных процессов.

2. Развивающие силы «биотического триединства»

Научные попытки проникнуть в тайны и движущие силы жизни не учитывают один факт: основу жизни составляют три взаимосвязанных потока — вещества, энергии, информации³. Слияние их в единый жизненный поток

² Вернадский В. И. Живое существо. М., 1978.

³ Энгельгардт В. А. Познание явлений жизни. М., 1984.

В. А. Энгельгард характеризует как «биотическое триединство». И это триединство продолжает и совершенствует себя в пространственно-временных процессах развития необратимого характера. Жизнепроявление, развивающееся в единстве триад жизнеобеспечения, может иметь некоторый элементарный носитель жизни, «квант» жизни со всеми присутствующими ей свойствами. Чем же может быть этот «квант», это минимальное количество жизни?

Итак, сформулируем требования термодинамической необратимости на содержательном уровне. Поскольку любой организм состоит из вещества, энергии, информации и имеет границы, мы вправе применять энергоэнтропийную модель. Для роста энтропии нужны изоляция и множество равноправных частиц, нужно некоторое количество тепла и, следовательно, положительная (по Кельвину) температура. Наличие этих условий в живом организме также очевидно. То, что возникающий, существующий организм стремится со временем к единственному аттрактору с максимумом энтропии, тоже очевидно — организм умирает. Так мы получили первый парадокс жизни. Для элементарного и устойчивого количества жизни необходима... смерть! И это — суровая закономерность, ибо возрастание энтропии — фундаментальный закон природы. Именно поэтому выражение «живая молекула» выпадает из претендентов на жизнь, ведь для нее все требования термодинамической необратимости крайне проблематичны. Энтропия не растет «на пустом месте», для нее нужно множество частиц, неравновесное начальное состояние, время и пр.

Не менее, если не более категоричны требования кибернетической необратимости. Поступательное нарастание информации, ее хранение, пользование ею, обмен сигналами (сообщениями) — все это требует от кибернетических систем высокого уровня организации и управления. Именно структурирование и управление вводят жизненные системы в русло эволюции, организация «памяти жизни» в генетических кодах и мобилизация этих кодов в зарождающихся и развивающихся организмах обеспечивают жизненному процессу прерывистую непрерывность. Отдавая каждый организм во власть энтропии, жизнь гигантской памятью генетических кодов вонзается в порции будущего, постоянно и направленно стремясь к возникновению. Эта победа времени «жизненной осью» рождает второй парадокс жизни: для элементарного и устойчивого количества жизни необходимо... бессмертие! И это тоже суровая закономерность жизни, ибо возрастание информации в жизненных процессах — тоже

закон фундаментальный и подтверждается самой жизнью.

Наконец, наличие сосуществования необратимостей в нашем реальном мире накладывает еще ряд требований на жизненные процессы. Причем эти требования сводятся к уменьшению контрастности, вернее, снижению поляризации смерти и бессмертия. Результатом этого примирения противоположностей является... *эволюция* жизненного процесса в его полном видовом разнообразии. И для того чтобы этот процесс эволюции не прекращался и ширился, нужно множество индивидов, т. е. частных представителей форм жизни. Нужно энергоэнтропийное и энергоинформационное обеспечение жизненного процесса⁴. Только тогда утверждается и выявляется основное свойство жизненного диполя — единство во множественности и множественность в единстве.

Итак, мы приходим к сложному пониманию жизненного процесса, возникающего, по словам В. И. Вернадского, всюду, где есть условия. И такие условия являются комплексными, как и полагается этому емкому и необычайно загадочному явлению — жизни.

3. Особенности матричного синтеза

Биотическое триединство имеет свое конкретное выражение в жизнепроцессах и их носителях. Так, явления, связанные с концентрацией и использованием информации (информопотоками), биологи сочетают с функциями нуклеиновых кислот. Массообмены и энергопотоки в живых системах связываются с функциональной ролью белков. Причем с учетом каталитической возможности белков следует признать, что именно белки ответственны за внутреннюю организацию пространства живых систем. Тогда в связи с тем, что нуклеиновые кислоты являются носителями памяти и кодов, именно им принадлежит роль оказывать «сопротивление положительному течению времени».

Разнообразие и богатство химических реакций, происходящих в живых системах, поражает, особенно в отношении самовоспроизводства, реакций матричного синтеза. В этих реакциях последующие молекулы строятся в точном соответствии с программной структурой предшествующей молекулы. В процессе «тиражирования себя» предшествующая молекула «прорывается» в следующий отрезок будущего времени. Ее постоянное движение в сторону возникающего

⁴ Горшков В. Г. Энергетика биосферы. Л., 1982.

поразительно, и на эту ее способность самоподдержания и организующие возможности указывают положения кибернетической необратимости совершенствования структур. «Приращение совершенства» оплачивается отбором «удачных решений» из множества ухудшенных или тождественных копий. Причем этот отбор (уже в видовом отношении) может вестись с учетом вариаций общих режимов биосферных параметров.

Подчеркнем также, что в матричном синтезе с наибольшей концентрацией выявляется триединство жизни: поток вещества сливается с потоком информации в форме результатов синтеза структур живых систем (белков и нуклеиновых кислот); поток информации и энтропии, сливаясь, рождает механизм, генерирующий управление выбора макроструктур нуклеиновых кислот. «Информационно-энтропийный сепаратор» разгоняет пригодные и непригодные для будущего структуры или акты их элементарного функционирования. Непрерывное энергоснабжение приводит к неувядающей новизне каждого элементарного акта жизни, который либо запоминается навсегда (информация), либо навсегда исчезает (энтропия) из памяти.

Следует также иметь в виду и то, что в живых системах энергия может претерпевать самые разнообразные трансформации. Энергия в живых существах то наращивает богатство своих форм, то унифицируется до какой-то основной (например, психическая энергия в человеке). Такая унификация возможна в связи с тем, что пространственно-информационная организация структур живого позволяет создавать соединения с большим запасом энергии — макроэргические связи⁵. Эти связи, являясь своеобразным депо, обеспечивают потребность в энергии процессов наиболее высоких уровней организации, особенно реакций синтеза. Во всех организменных превращениях энергии превращение в тепловую (и ее последующее рассеивание в окружающее пространство) прочно сочетает жизненные процессы с энтропийным ростом. И наша «нормальная температура» утверждает наше «единокровное родство» с термодинамическими возможностями индивидуальной перспективы... Но жизнь больше этих возможностей, и их не следует упускать: сама жизнь помогает нам, заботясь о себе.

⁵ Фокс С. У., Дозе К. Молекулярная эволюция и возникновение жизни. М., 1975.

4. От возникновения к существованию

Утверждение В. И. Вернадского о неравномерной производительности разных исторических эпох Земли применимо для подразделения этих эпох на преимущественно «термодинамические» (есть повод считать текущий период цивилизации термодинамическим, поскольку он снижает потенциал геологической закономерности и разрушает природные потоки информации), «информационные» и «битропийные». Битропийным периодам присущ «кибернетический» стиль сосуществования противоположностей, которому свойственно господство нейтрализующих сил. Но так ли безнадежно гипотетична битропия? Что содержится в современном срезе знаний, где битропия оказывается полезной в сгущающейся прагматике каждого дня человечества?

Мы употребим слово «размножение». Давайте более пристально всмотримся и вдумаемся в это свойство живых форм — размножаться. В середине XX в. трудами фон Неймана процесс размножения переводится в предмет кибернетического рассмотрения. Интимное свойство жизни становится в ряд общего процесса размножения органического и неорганического мира. Воспроизводство и самовоспроизводство сложных и просто организованных систем исследуется и на «территории» у косного вещества⁶ и на «территории» инженерной кибернетики, бионики, биоинженерии⁷.

В частности, в модели А. Ф. Белоусова по воспроизведению одновидовой группы индивидов (горно-породной разности магматических комплексов) устанавливается, что тиражирование индивидов производится на базе стандартного структурного элемента системы. Этот элемент выполняет роль *управляющего* механизма, регулирующего потребление и формообразование вещества с учетом имеющейся матрицы.

Еще более определенно битропийный характер процесса воспроизводства выявляется в системах самозарождения, которые исследует И. П. Емельянов. Вводя серию постулатов о среде (множество блуждающих элементов в пространстве, случайных векторов по скорости и координатам), элементах среды (равновеликие геометрические тела с заданной формой поверхности), о парном взаимодействии эле-

⁶ Белоусов А. Ф. Методологические вопросы изучения и интерпретации состава магматических комплексов. Новосибирск, 1986. (Препр./Ин-т геологии и геофизики СО АН СССР; № 5).

⁷ Емельянов И. П. Системы самозарождения, саморазмножения и самосовершенствования. Якутск, 1985. (Препр./Отдел прикладной математики и вычислительной техники Якутского филиала СО АН СССР).

ментов (наличие зон притяжения и слипания элементов в режиме попарных сочленений) и видах коллективного взаимодействия (нарастающая от парных взаимодействий цепочка, на основе слабых взаимодействий, служит началом самозарождения), можно конструировать *системы самозарождения*. Подчеркнем, что системы самозарождения, саморазмножения и самосовершенствования, разрабатываемые И. П. Емельяновым, реальны не только теоретически (проведена количественная оценка числа элементов для воссоздания самовозникающей структуры $13 \leq n < \infty$, т. е. выявлен граничный переход физического состояния вещества в системы воспроизводства), но и в практической перспективе. Для нас же важно рассмотреть, хотя бы вкратце, информо-энтропийный срез проблемы, чтобы оттенить битропийный характер системы самозарождения, саморазмножения и самосовершенствования.

Итак, создание новых структур из хаотизированных множеств однотипных элементов уменьшает разнообразие их состояний наложением ограничений на число степеней свободы. Однородная хаотическая среда преобразуется элементарными актами «прилипания» элементов и образованием структур. «Вычерпывание» энтропии из первоначально хаотической среды процессами прилипания структурирует пространство, появляется новая среда — «слипшиеся элементы». В этом преобразованном пространстве появляются новые возможности для взаимодействия элементов и их структур на более высоком уровне организации среды. Эти возможности реализуют (вернее, утилизируют) энергию среды на уровне слабых взаимодействий. Появившиеся «автоматы» продолжают пользоваться энергией среды при более совершенном уровне «восприятия» ее возможностей, влияя на нее и преобразуя ее своим существованием и «деятельностью». Неуничтожимые «частицы порядка», объединившись, структурируют среду в направлении кибернетической необратимости. Но функционирование самозародившихся автоматов все же обеспечивается кинетической энергией неприсоединенных элементов, т. е. возможностями преобразования хаоса. Восходящий «снизу» порядок требует «питания» со стороны среды, которой тоже присущи неуничтожимые «частицы хаоса». Так, взаимоподдержание порядка и беспорядка на уровне элементарных форм и слабых взаимодействий устанавливается и поддерживается двуфункциональной битропией.

Главное же различие между начальным состоянием хаотической системы с однотипными элементами и последую-

щим частично структурированным состоянием (с появлением более сложных автоматов) состоит в том, что автоматы начинают сохранять и частично высвобождать энергию согласно способности «склеивать и порождать», т. е. регулярным образом. При этом «энтропофагия» процессов, порождающих автоматы, конечно, и, по словам И. П. Емельянова, «...в условиях хаотической среды саморазмножение быстрее поедает для своих нужд элементы, поэтому всегда довлеет над процессами самозарождения и резко тормозит их, но никак не останавливает»⁸.

Важно учесть и еще одну возможность пригодности вводимого понятия — биотропия. В попытках изучить (а что-то и воспроизвести в инженерно-практических решениях) биологические системы в математических срезах и оценках постоянно ощущается «дедуктивная недостаточность» в рабочих предположениях. Зарождающаяся «биоматематика» нуждается в притоке мыслей, рождающихся не столько в каждой отрасли отдельно, сколько от разных видов отношений этих отраслей. И биотропия, рожденная в сфере выяснения отношений термодинамики и кибернетики, является, по существу, «дедуктивным изделием» для слежения за конструкцией механизмов, использующих и преобразующих различные виды энергии. Так, для систем И. П. Емельянова биотропия как элемент понимания двойных преобразований помогает усмотреть два вида применения энергии в системе среда — элементы:

а) потребление энергии процессом притяжения элементов друг к другу и их последующей пространственной организацией (кибернетическое потребление);

б) потребление энергии на процессы столкновения и разрушения ранее созданных структур в неупорядоченных актах применения энергии неорганизованных элементов хаотической среды.

Подчеркнем, что двуединство указанных видов потребления энергии в рассматриваемых системах приводит к эволюции систем.

* *
*

Итак, прямая и обратная связь между основными компонентами жизни — смерти — бессмертия — эволюции обеспечивает развитие и гомеостатичность жизненосителей в системе «Биосфера». Да и сам процесс естественной организа-

⁸ Емельянов И. П. Системы самозарождения... С. 27.

ции жизни следует строгому закону обеспечения минимума свободной энергии. Иерархичность жизненного процесса на Земле очевидна, и характерно то, что нижележащие уровни развития и организованности жизни строятся на более сильных взаимосвязях. Причем это прослеживается даже на видовом (связи питания воспроизводства и пр.) и межвидовом (слабые связи межвидовой сигнализации опасности, ранней зимы и пр.) уровнях организации жизни. Снова возникает диалектический бипер: энтропия — информация. По мере усложнения и закрепления биологических структур, наращается уровень упорядоченности, но этот порядок надлежит наводить в строгом следовании принципу минимума свободной энергии. Напомним о техногенном производстве, которое в середине XX столетия перешло на максимально энергоемкое производство. В этом видится еще одно «возражение» жизненным принципам.

Так, жизнь уравнивает права и обязанности информации и энтропии. Жизнь не строит свои порядки любой ценой, т. е. максимумом энергии, и не закрепляет этот порядок навечно. Она тонко согласует развитие и организацию уровней жизнепроявления с возможностями непредусмотренных внешних воздействий. То есть случай перестройки программ жизни не будет столь энергоемким, как для модели жизни с максимальными энергетическими затратами. Жизнь многолика, длительна, максимально кооперативна⁹, и, наверное, уступка энтропии под видом слабой энергоемкости организации высших уровней иерархии выгоднее в условиях резких смен программ видообразования. В целом же идет тонкое и повсеместное следование принципу согласования необратимостей.

ЭВОЛЮЦИЯ КАРБОНАТНОЙ БИМИНЕРАЛИЗАЦИИ И СИСТЕМА ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ

Ю. А. БОРИСЕНКО, канд. геол.-минер. наук

Возникновение карбонатной раковины (скелета) явилось естественной реакцией беспозвоночных организмов на существенные геохимические изменения среды обитания. Развитие скелета стало важнейшей вехой в эволюции дву-

⁹ Хакен Г. Синергетика. М., 1980.

створчатых моллюсков и, по сути дела, послужило надежной основой для их систематики. Исторически сложилось так, что первоначально в систематических целях использовались исключительно морфологические особенности раковин, затем к ним добавились сведения о внутреннем строении моллюсков, способе питания и образе жизни, структуре раковин¹, но принадлежность вещества раковин к тому или иному минеральному виду принималась во внимание лишь в специальных работах по палеобиогеохимии². Этому немало способствовало убеждение, что вещество раковин различных таксонов двустворчатых моллюсков во многих случаях непостоянно по составу, может сильно изменяться при диагенезе и, таким образом, его учет при филогенетических построениях казался необязательным. Не приуменьшая сложностей, которые возникают при определении принадлежности ископаемых остатков к тому или иному первичному минеральному виду, возвратимся к вопросу биоминерализации двустворчатых моллюсков и рассмотрим возможности более полного ее использования для целей систематики.

Карбонатные раковины двустворчатых моллюсков строятся из двух полиморфных модификаций карбоната кальция — ромбического арагонита и тригонального кальцита, которые либо слагают различные слои и отдельные части в одной раковине, либо присутствуют в раковинах раздельно. Совместного выполнения одного слоя двумя минералами не бывает.

Биоминерализация принципиально отличается от карбонатного осадконакопления. Если неорганический генезис той или иной минеральной фазы контролируется в основном химизмом и температурой морских вод, то в биологических системах существенна еще и роль органической матрицы. Чтобы в процессе эволюции возникли таксоны с новым типом минерализации скелета, требовались, по-видимому, серьезные изменения в метаболизме и условиях обитания. Так, предполагалось³, что стабильная форма карбоната кальция — кальцит — присуща исключительно эпифаун-

¹ См.: Невеская Л. А., Скарлато О. А., Старобогатов Я. И., Эберзин А. Г. Новые представления о системе двустворчатых моллюсков // Палеонтол. журн. 1971. № 2. С. 3—20.

² См.: Hall A., Kennedy W. J. Aragonite in fossils // Proc. roy. Soc. London. Ser. B. 1967. V. 168, N 1013. P. 377—412; Taylor J. D., Kennedy W. J., Hall A. The shell structure and mineralogy of the Bivalvia // Bull. Brit. Mus. Natur. Hist. Zool. 1969. Suppl., N 3.

³ См.: Kennedy W. J., Taylor J. D. Aragonite in rudists // Proc. Geol. Soc. London. 1968. N 1645. P. 325—331.

ным группам двустворчатых моллюсков или их эцифаунным предкам.

Возникновение различных по структуре и минеральному составу слоев скелета в настоящее время трактуется как следствие стереохимического взаимодействия аминокислот и протеинов так называемой экстрапаллиальной жидкости, выделяемой слоем эпителиальных клеток на внешней поверхности мантии моллюска⁴. Определенные группы органических веществ концентрируют Ca^{2+} и CO_3^{2-} в специфических позициях и таким образом «заготавливают» подходящую изначальную концентрацию этих ионов для зарождения минеральной фазы. В результате карбонат кальция соединяется с органической матрицей в форме одной из характерных структур, особенности формирования которых до конца еще не раскрыты.

«Химическая история» состава раковины определяется двумя стадиями. Первичный состав, накапливающийся в течение жизненного цикла, определяется генетической природой организмов и воздействием изменяющейся среды во время их роста. Вторичный образуется после смерти организма в зависимости от реакции уже сформировавшегося вещества раковины с окружающей средой. Но до сих пор остается еще слабо изученным вопрос, насколько точно можно сопоставлять химический состав раковин современных моллюсков с составом ископаемых аналогов, насколько значительно его изменение в зависимости от фаций, в онтогенезе и при диагенезе.

Диагенетическое воздействие на окаменелости ощущается в разной степени практически повсеместно, причем процесс перехода арагонита в кальцит прежде всего захватывает двуминеральные раковины, а затем уж только арагонитовые. Поэтому судить о первичной арагонитовой минерализации многих двустворчатых моллюсков обычно бывает весьма трудно. Но накапливается все больше примеров сохранности арагонитового состава даже у палеозойских раковин, чему способствовал ограниченный обмен с поровыми водами, особенно в глинистых породах с низкой проницаемостью, а также возникновение тонких защитных пленок с гидрофобными свойствами на поверхности арагонитовых кристаллов, обра-

⁴ См.: Lowenstam H. A. Minerals formed by organisms // Science. 1981. V. 211. P. 1126—1131; Runnegar B. Crystallography of the foliated calcite shell layers of bivalve molluscs // Alcheringa. 1984. V. 8, N 3/4. P. 273—290; Runnegar B. Molecular palaeontology // Palaeontology. 1986. V. 29, N 1. P. 1—24.

зовавшихся за счет разрушения органики скелетного вещества.

Примечательно, что даже в некоторых молодых морских отложениях происходит избирательное растворение органических остатков. Растворение приводит к полному исчезновению арагонитовых раковин моллюсков, в то время как кальцитовые раковины совершенно не затронуты этим процессом⁵.

Так создается иллюзия полного преобладания кальцитовых скелетов на ранних этапах эволюционного развития двустворчатых моллюсков, которую удастся устранить лишь благодаря находкам незамещенных раковин и при сопоставлении древних сохранившихся арагонитовых структур с современными.

Экологический фактор может частично контролировать структуру и вещественный состав двуминеральных раковин, у которых внутренний слой арагонитовый, а внешний кальцитовый, например у *Mytilidae*, *Pteriidae* и др.⁶ Даже такие типично кальцитовые бивальвии, как *Ostrea* или *Pecten*, могут иметь в теплых водах арагонитовый состав раковины. Однако приходится признавать, что влияние окружающей среды на карбонат кальция скелетов довольно сложное и зачастую противоречивое (особенно в отношении солёности).

Иногда проявляются изменения состава раковины и при онтогенетическом развитии моллюска. В течение роста раковины может происходить постепенная трансформация одного типа структуры в другой, правда генетически близкий, с одновременным изменением состава. Это также касается двуминеральных раковин, у которых наблюдалась прямая зависимость относительного количества арагонита от длины раковины современного *Mytilus edulis diegensis* на Калифорнском побережье⁷.

У *Mizuhopecten* и *Pinctada martensii* арагонит развивается еще в личиночной стадии, а у юных и зрелых особей вместе с арагонитом формируются и кальцитовые слои. Последний пример убедительно свидетельствует, что филогенетически формирование кальцита в раковинах двустворчатых

⁵ См.: Straaten L. M. J. U. van. Solution of aragonite in a core from the southeastern Adriatic sea // *Mar. geol.* 1967. V. 5, N 4. P. 241—248.

⁶ См.: Hare P. E. Aminoacids in the proteins from aragonite and calcite in the shell of *Mytilus californianus* // *Science*. 1963. V. 139, N 3551. P. 216—217.

⁷ См.: Dodd J. R. Paleocological implications of shell mineralogy in two pelecypod species // *J. Geol.* 1963. V. 71. N 1. P. 1—11.

моллюсков происходило позднее, чем формирование арагонита⁸.

Таким образом, перечисленные варианты показывают, что изменения первичного минерального состава скелетов по экологическим, онтогенетическим и диагенетическим причинам имеют подчиненное значение по сравнению с генетическим контролем, с которым тесно связано возникновение определенного типа структур раковины.

Попытки совместного рассмотрения структурно-минералогических особенностей скелетов двустворчатых моллюсков с таксономической классификацией предпринимались неоднократно⁹. Было установлено, что подавляющее большинство современных наиболее распространенных раковин двустворчатых моллюсков сложено полностью арагонитом. Исключение составляли лишь рудисты и часть птериоморф, в состав которых одновременно входили арагонит и кальцит. Наряду с этим было выделено 7 основных структур, для каждой из которых предполагался свой тип минерализации. Было установлено, что первые признаки кальцитово-призматической структуры проявились уже у некоторых среднедевонских представителей *Pectinoidea*¹⁰, однако в значительной степени развитие кальцита в раковинах определенных групп двустворчатых моллюсков реализовалось постепенно, по-видимому, с позднего мезозоя. В пользу такого предположения свидетельствует арагонитовый состав меловых, палеогеновых и неогеновых раковин двустворчатых

⁸ См.: Iwata K., Akamatsu. Studies on planctonic prodissoconch of *Patinopecten yessoensis* Jag. // Bull. His. Mus Hokkaido. 1975. N 10. P. 11 — 17; Kobayashi I. Various patterns of biomineralization and its phylogenetic significances in bivalve molluscs // Mech. Biominer. Amin. Plants. Proc. 3rd Int. Biomin. Symp. Tokyo, 1980. P. 145—155.

⁹ См.: Попов В. С., Барсков И. С. Исследование структуры и состава раковин моллюсков и их значение для систематики и филогении // Моллюски, их система, эволюция и роль в природе. Л., 1975. Сб. 5. С. 218—221; Boggild O. B. The shell structure of the molluscs // Danske Vidensk. Selsk. Skrifter Naturvidensk. Mathem. R. 9. 1930. N 2. P. 235—326; Kennedy W. J., Taylor J. D., Hall A. Environmental and biological control on bivalva shell mineralogy // Biol. Rev. Cambridge Philos. Soc. 1969. V. 44, N 4. P. 499—530.

¹⁰ Newell N. D. Classification of the Bivalvia // Am. Mus. Novit, 1965. N 2206; Taylor J. D. The structural evolution of the bivalve shell // Palaeontology. 1973. V. 16, N 3. P. 519—534; Waskowiak R. Geochemische Untersuchungen an rezenten Molluskenschalen mariner Herkunft // Freiburger Forschungshefte. C. 1962. V. 136. P. 1—155; Wilkinson B. H. Biomineralization, paleoceanography, and the evolution of calcareous marine organisms // Geol. 1979. V. 7, N 11. P. 524—527; Skeletal growth of aquatic organisms. 1980. V. 1.

моллюсков, которые в современных условиях обычно являются двуминеральными — *Modiolus*, *Mytilus*, *Pteria*, *Pinna*, *Isognomon*, *Inoceramus*¹¹. То же отмечалось и для обычно кальцитовых родов *Pecten*, *Perna*, имеющих в олигоцене Вестфалии арагонитовый состав.

Было высказано предположение¹², что раковины древнейших моллюсков имели самые примитивные двух- или трехслойные микроструктуры, сложенные простыми арагонитовыми призмами, потому что подобные структуры встречаются у моноплакофор — предполагаемых наиболее отдаленных предков раковинчатых двустворчатых моллюсков. В дальнейшем в разных филогенетических линиях бивальвий число структурных слоев могло меняться от 1 до 6, при этом в результате изменения ориентировки и сочетания карбонатных кристаллов преобразовывался и тип их строения: модифицировалась и усложнялась микроструктура, одновременно мог частично меняться и состав слоев. Ныне мы отмечаем, что определенная комбинация структур в раковинах характерна не только для каждого вида, но и для каждой створки.

Казалось, что с выделением структур был получен мощный фактор по диагностике первичной минерализации, но вскоре обнаружилось, что он не может быть универсальным. Во-первых, некоторые одинаковые структуры различаются по составу: например, простая призматическая может быть у одних таксонов кальцитовая, у других — арагонитовая. Во-вторых, отличия в типе минерализации помимо основных слоев проявляются зачастую и в более мелких деталях скелета, таких как лигаменты или миоостракальные образования. Их состав также может зависеть не только от генетических причин, но и от особенностей обитания моллюска. Наконец, структурные вариации не обязательно сопровождаются минералогическими изменениями.

Высказывалось также предположение, что тип кальцификации древних бивальвий принципиально отличался от современного. В частности, в качестве примера начальной стадии эволюционного процесса у моллюсков называлась своеобразная кальцификация в наружном покрове (перио-

¹¹ См.: Grandjean J., Grégoire C., Lutte A. On the mineral components and the remnants of organic structures in shell of fossil molluscs // Bull. cl. Sci. Acad. roy. Belg. 1964. V. 50, N 5. P. 562—595.

¹² См.: Taylor J. D., Kennedy W. J., Hall A. The shell structure and mineralogy of the Bivalvia // Bull. Brit. Mus. Natur. Hist. Zool. 1973. V. 22, N 9. P. 253—294.

стракуме) раковины, найденная у некоторых современных таксонов, произошедших от древних палеозойских групп — Mytiloidea, Pholadomioidea, Edmondioidea, Hiatelloidea, Pholadoidea¹³.

Весьма большие сомнения у многих исследователей возникают в отношении первичной фосфатной минерализации¹⁴. Моллюски, по-видимому, никогда не использовали фосфат кальция для строения скелета, и предположения на этот счет были ошибочными.

У двустворчатых моллюсков, как и у гастропод и кораллов, в отличие от других типов беспозвоночных организмов более ранней оказалась арагонитовая минерализация скелета, а более поздней, а отсюда и эволюционно продвинутой — кальцитовой. Тем самым предполагается существование изменения механизма биоминерализации и становления структур скелета в процессе их эволюционного развития.

Эта минералогическая эволюция может отражать в определенной степени влияние постепенно изменяющейся среды на физиологический контроль минералогии раковин. Однако масштаб экологических преобразований не должен преувеличиваться. Есть все основания предполагать, что возникающие в течение геологической истории скелетные формы двустворчатых моллюсков существенно не меняли свой генетический код и появившийся у каждого крупного таксона соответствующий тип биоминерализации. Исследования последних лет показывают, что в течение фанерозоя физико-географические условия в Мировом океане примерно соответствовали современным и уже к началу кембрия достаточно мощной становится кислородная атмосфера, схожим с современным — солевой режим океана, постепенно понижается его температура на фоне равномерного роста водной массы и увеличения глубины. Последнее позволяет предположить, что все двустворчатые моллюски практически сразу после своего возникновения разделились на две неравные по объему группы. Представители меньшей из них могли при определенных условиях становиться двуминеральными, т. е. могли строить (или не строить!) кальцит-арAGONитовую раковину или строить даже полностью каль-

¹³ См.: Carter J., Aller R. C. Calcification in the bivalve periostracum // *Lethaia*. 1975. V. 8, N 4. P. 315—320.

¹⁴ Барсков И. С. Биоминерализация и эволюция // *Палеонтол. журн.* 1982. № 4. С. 5—13; Clark G. R. Shell growth in the marine environment: approaches to the problem of marginal calcification // *Amer. Zool.* 1976. V. 16, N 3. P. 617—626.

цитовую. Другая, большая часть моллюсков арагонитовый состав своих раковин не меняла ни при каких обстоятельствах.

Учет нескольких сотен минералогических определений раковин двустворчатых моллюсков, как собственных, так и взятых из литературы, позволил существенно уточнить предложенные ранее схемы «минералогической систематики»: (Здесь А — арагонитовая минерализация, К — кальцитовая и КА — смешанная).

Класс Bivalvia

А. Надотряд Protobranchia

1. Отряд Ctenodontida — А
2. Отряд Solemyida — А

В: Надотряд Autobranchia

3. Отряд Actinodontida — А
4. Отряд Cyrtodontida : подотряд Cyrtodontina — А? Mytiliina (надсемейство Cucullaeoidea, Gryphaeoidea, Ostreoidea, Mytiloidea — К, КА, А; Neotioidea, Limopsoidea, Arcoidea — А; Phyllobryoidea, Bathyarcoidea — ?)

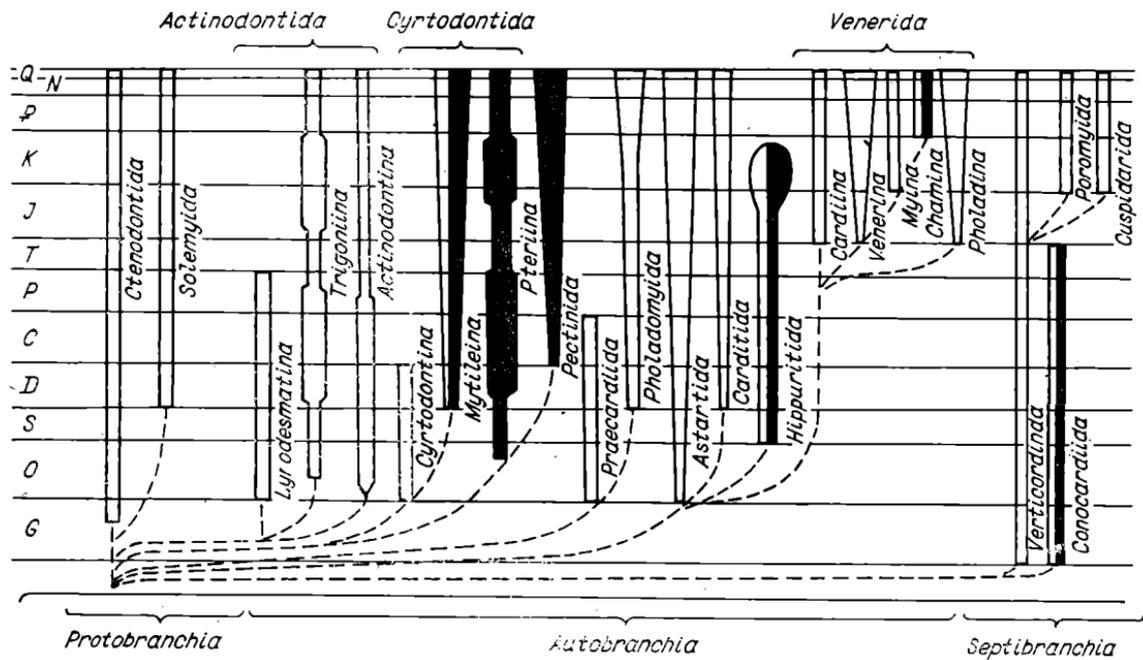
Pteriina — К, КА, А

5. Отряд Pectinida — КА, К
6. Отряд Praecardiida — А
7. Отряд Pholadomyida — А
8. Отряд Astartida — А
9. Отряд Carditida — А
10. Отряд Hippuritida : (надсемейство Caprotinoidea, Hippuritoidea — КА; Megalodontioidea, Arcinelloidea — А)
11. Отряд Venerida : подотряд Cardiina — А, Venerina — А, Myina — А, Chamina — А, КА, Pholadina — А

С. Надотряд Septibranchia

12. Отряд Verticordiida — А
13. Отряд Copocardiida : подотряд Eopterina — А, Copocardiina — КА, К, Ribeirina — ?,
14. Отряд Poromyida — А
15. Отряд Cuspidarida — А

Система показывает, что отряды Cyrtodontida, Venerida, Copocardiida являются весьма неоднородными по типу биоминерализации и, возможно, требуют ревизии. Во многих случаях неясной остается первичная минерализация палеозойских фоссилий. Сейчас обособление таксонов по типу биоминерализации заканчивается на уровне семейства или надсемейства, редко — выше. Например, кальцитовая минерализация присуща всем раковинам подотряда Pteriina и отряда Pectinida, что лишней раз подчеркивает важность этого



Геохронологическое распределение и тип минерализации раковин двустворчатых моллюсков (белые линии — арагонит, черные — кальцит).

признака при классификации двустворчатых моллюсков, несмотря на кажущуюся его крайнюю нестабильность.

В настоящее время мы вплотную приблизились к тому уровню знаний по биоминерализации, когда химизм раковин может быть использован при интерпретации как обстановок среды обитания, так и эволюции двустворчатых моллюсков. Можно констатировать, что вещественный состав раковин наряду с данными по структуре является дополнительным признаком, на котором может базироваться выделение систематических групп.

ВОЗМОЖНОСТИ СТРУКТУРНОЙ КРИСТАЛЛОГРАФИИ В ИЗУЧЕНИИ КОСТНО-МИНЕРАЛЬНОЙ ТКАНИ ЗУБОВ ЧЕЛОВЕКА

Д. К. АРХИПЕНКО, д-р физ.-мат. наук,

А. М. ГОНЧАР, канд. мед. наук,

Т. Н. ГРИГОРЬЕВА, канд. физ.-мат. наук, В. Е. ТОЛМАЧЕВ

Из 3500 известных в природе минералов только апатит является минералом техники, минералом плодородия, минералом жизни. Почти 20 % веса человека составляет костно-минеральная ткань (зубы и кости опорно-двигательного аппарата), которая представлена изоморфным аналогом апатита. В карбонат-гидроксил-апатите живого организма происходит постоянный обмен под воздействием многих причин, по тем же законам, как и у природных минералов, содержащих летучие компоненты. Состав и структура биологического апатита — это предыстория палеоминералов — со структурой апатита¹.

Апатит в человеческом организме кристаллизуется по веками отработанному алгоритму при температуре около 37 °С, определенных условиях рН среды, составе микро-элементов и белков, ответственных за их рецепцию. В биологическом апатите происходят различные изоморфные замещения, изменяются симметрия, степень кристалличности, а следовательно, и свойства по многим причинам, в том числе и в зависимости от возраста, условий жизни, болезней и т. д.

¹ См.: Минералогическая энциклопедия/Ред. К. Фрей: Пер. с англ. М., 1985.

Между биологическим и природным апатитом есть много общего: и природный апатит может кристаллизоваться не только при высокой, но и при более низкой температуре, например в океане под воздействием бактерий; его свойства также могут изменяться в зависимости от влияния различных природных факторов.

В технике давно известно, что состав и структура определяют свойство вещества, поэтому для разработки новых способов диагностики патологии и направленного воздействия на костную минеральную ткань необходимо детальное изучение ее структурных особенностей и состава.

Для анализа природных и синтетических минералов широко используется комплекс современных физико-химических методов анализа. Для изучения структуры обычно используют дифракционные (рентгеновский, нейтронографический, электронографический анализ), а также недифракционные методы (инфракрасная и Раман-лазер-спектроскопия, электронный парамагнитный и ядерный резонанс, а также и другие молекулярные спектральные методы анализа). Для изучения состава используют комплекс современных химических методов (классическая химия, рентгеновский микрозондовый, микрохимический и спектральный анализ), а также термические, электронно-микроскопические и другие методы анализа.

Для изучения биологического апатита необходимо совершенствовать эти методы применительно к особенностям строения биологических минеральных тканей, пополняя их специальными биохимическими методами исследования.

Структура апатита впервые была определена в 1930 г. Мемелем²; кристаллохимическую формулу идеального апатита можно представить в виде $\text{Ca}_2\text{I}\text{Ca}_3\text{I}^{\text{II}} \cdot [\text{PO}_4]_3\text{F}$, $z = 2$. Фтор-apatит кристаллизуется в гексагональной сингонии и соответствует пр. гр. $R\bar{6}_3/m = C_{6h}^2$ (рис. 1).

Одна из отличительных особенностей структуры апатита — его удивительная способность к изоморфным замещениям во всех структурных позициях, причем структура настолько пластична, что при изовалентном, гетеровалентном и сложном ионном замещении сохраняется структурный облик основных фрагментов, хотя симметрия при этом может понижаться до моноклинной и даже триклинной сингонии.

² См.: Memel M. Über die struktur des apatites // Kristallogr. 1930. B. 75. S. 323—331.

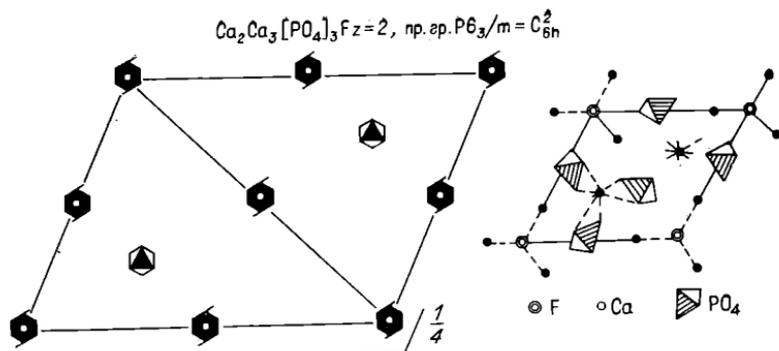


Рис. 1. Структура апатита.

В апатитах, в том числе и в биологическом, возможны следующие замещения:

$\text{CaI}, \text{CaII} \rightarrow \text{Mg}, \text{Sr}, \text{Mn}, \text{Na}, \text{K}$ и \square -вакансии;

$\text{PO}_4 \rightarrow \text{SO}_4, \text{SiO}_4, \text{HPO}_4, \text{CO}_3$ и \square -вакансии;

$\text{F} \rightarrow \text{Cl}, \text{OH}, \text{S}, \text{O}, \text{CO}_3$ и \square -вакансии.

Биологический карбонат-гидроксил-апатит зубной ткани интенсивно изучается школой английских, французских, американских и испанских кристаллографов, специалистов в области рентгеноструктурного, пейтроннографического анализа, ИК- и КР-спектроскопии³, у нас кристаллографический анализ биологического апатита только начинается.

Используя химический, микро-химический и эмиссионный спектральный методы анализа состава, рентгеновский и ИК-методы анализа структуры, мы проанализировали состав зубов человека разного возраста, общие структурные характеристики эмали и дентина и особенности термической трансформации структуры эмали и дентина, что и является целью данной работы.

Химический состав эмали и дентина здоровых зубов, удаленных по случаю травмы, для людей различного возраста представлен в таблице, для сравнения приводится химический состав по литературным данным⁴. Для данных

³ См.: Elliot I. C., Mackie P. E., Jong P. E. Monoclinic hydroxyapatite // Science. 1973. V. 190. P. 1055—1057.

⁴ См.: Montel G., Bonall G., Trombe J. Ch. Progress in the chemistry of solid Phosphorus compounds with the apatite structure. Application to biology and in the treatment of minerals // Pure appl. chem. 1980. V. 52, N 4. P. 973—987; Jong I. A., Mackie P. E. Crystallography of human tooth enamel: initial structure refinement // Mater. Res. Bull. 1970. V. 15. P. 17—26. Gonzalez-Diaz P. F., Hidalgo A. Infrared spectra of calcium apatites // Spectrochim. Acta. 1980. V. 32A, P. 631—635.

Сравнительные данные химического анализа дентина и эмали (%)

Элемент	По литературным данным*			Наши данные **						
	Эмаль	Дентин	Цемент	Эмаль			Оксид	Эмаль в пересчете на окислы		
				а	б	в		а	б	в
Calcium	36,1	35,0	35,5	36,67	36,16	34,45	CaO	51,3	30,6	48,2
Phosphore	17,3	17,1	17,1	17,10	16,97	16,41	P ₂ O ₅	39,2	38,9	37,6
Dioxyde de carbon	3,0	4,0	4,4				CO ₂	—	6,336	10,949
Magnesium	0,5	1,2	0,9		1		H ₂ O	—	7,01	10,97
Sodium	0,2	0,2	1,1		H/o					
Potassium	0,3	0,07	0,1		»					
Chlore	0,3	0,03	0,1		»					
Fluor	0,016	0,017	0,015		»					
Soufre	0,1	0,2	0,6		»					
Zink	0,016	0,018	—		0,01					
Silicium	0,003	—	0,04		H/o					
Отношение CaO/P ₂ O ₅	1,62	1,59	1,61					1,308	1,300	1,281

* См.: Pure appl. chem. 1980. V. 52, N 4, P. 973.

** Рассматривались три женские группы: а — четырех лет; б — двадцати девяти; в — семидесяти четырех.

изученных образцов наблюдается изменение минерального состава с возрастом, заключающееся в уменьшении содержания CaO и P_2O_5 и увеличении содержания H_2O и CO_2 . Известно, что CO_3 -ион может замещать как структурные позиции PO_4 — тип замещения «В», так и позиции F — тип замещения «А». Из данных химического анализа, проведенного нами, следует, что уменьшение CaO и P_2O_5 (F — не анализировался) — это не просто их потеря, а результат увеличения числа изоморфных замещений, очевидно зависящий от многих факторов, в том числе и от возраста.

Как было показано нами для природного минерала — давсонита, содержащего в структуре два летучих компонента, термическое воздействие может вызвать разную структурную трансформацию. И это различие зависит не только от температуры, но и от режима отжига: динамический ли это отжиг (нагрев с определенной скоростью без выдержки при данной температуре), или квазиизотермический (нагрев с определенной скоростью с выдержкой при данной температуре). Кроме того, тип деструкции меняется при изменении давления или ограничении выхода летучих компонентов⁵.

Биологический карбонат-гидроксил-апатит также содержится в структуре два летучих компонента $\text{H}_2\text{O}(\text{OH})$ и $\text{CO}_2(\text{CO}_3)$, и термическая трансформация структуры идет аналогичным образом.

Рентгеновский анализ исходных материалов эмали и дентина зуба фиксирует большие различия в упорядоченности и степени кристалличности, связанной прежде всего с различием в размерах блоков когерентного рассеяния. Дифрактограмма исходной эмали соответствует структуре карбонат-гидроксил-апатита с псевдогексагональной структурой, материал хорошо окристаллизован. На дифрактограмме дентина выявляются только самые интенсивные рефлексы, соответствующие кристаллографическим направлениям 002, 210, 112, 310, 222, 213, 004 (рис. 2).

ИК-спектры исходной эмали и дентина подтверждают различие степени кристалличности и дают дополнительную информацию о замещении CO_3 -ионами в основном позиций PO_4 , и в меньшей степени — позиций F; регистрируется также наличие OH -ионов в позициях «F» (рис. 3).

Рентгенограмма структуры дентина после отжига в динамическом и квазиизотермическом режимах показала воз-

⁵ См.: Бокый Г. Б., Архипенко Д. К., Звездинская Л. В., Делицин И. С. Процесс температурных разрушений давсонита — аА (CO_3) (OH)₂ // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1988. № 5. С. 75—80.

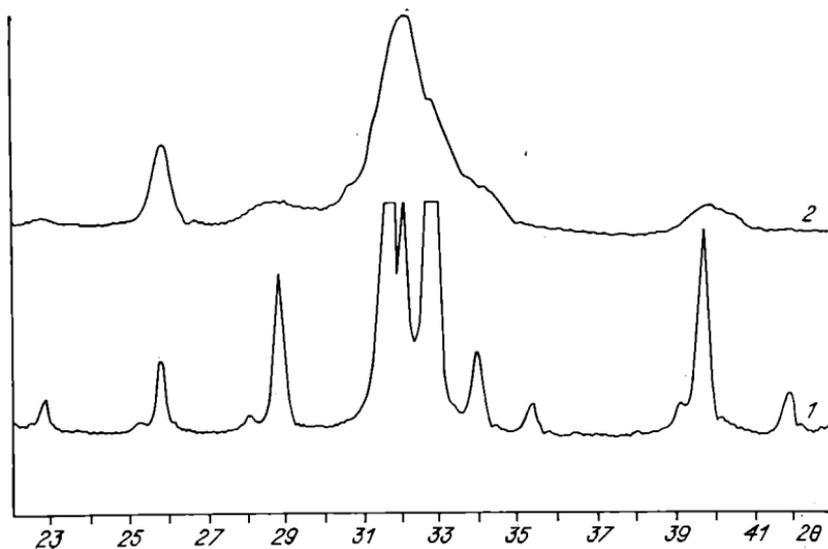


Рис. 2. Часть рентгенограммы исходной эмали (1) и дентина (2). Дифрактомер ДРОН-УМ-1, $V = 40$ кВ, $J = 24$ ма, излучение $\text{CuK}\alpha$.

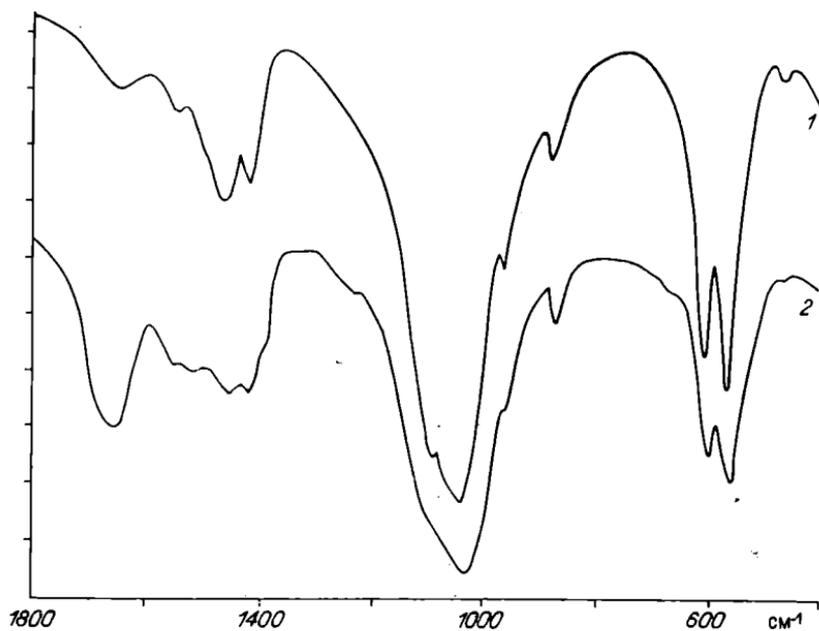


Рис. 3. ИК-спектр исходной эмали (1) и дентина (2). Прибор Spесord-751R, съемка в КВг, с плотностью 1,6 мг.

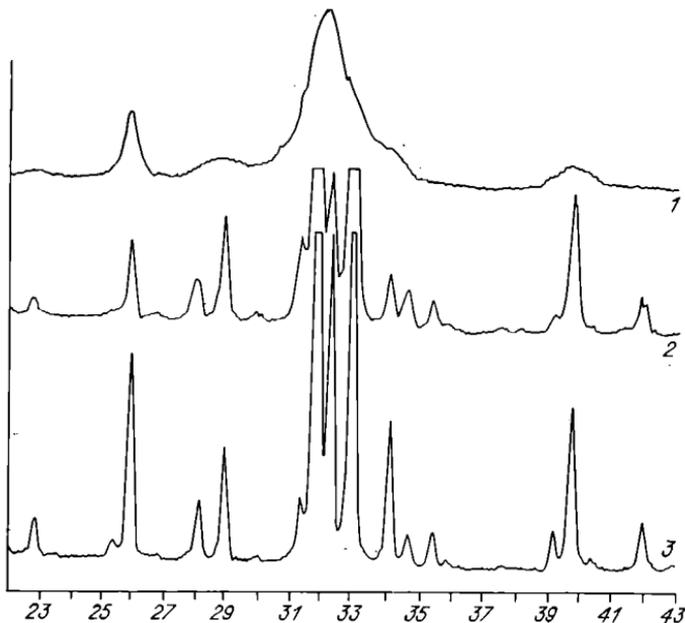


Рис. 4. Рентгенограмма температурной трансформации структуры дентина.

1 — исходный дентин; 2 — динамический режим отжига до 800 °С, $t = 0,5$ ч; 3 — квазиизотермический режим отжига до 800 °С, $t = 2$ ч. Прибор — дифрактометр ДРОН-УМ-1, $V = 40$ кВ, $J = 24$ мА, излучение $\text{CuK}\alpha$.

возможность значительного улучшения степени кристалличности, связанной с увеличением размеров блоков когерентного рассеяния и упорядочения. Данные о степени трансформации структуры при отжиге позволяют сделать вывод, что при одной и той же температуре, но в различных режимах и при более низкой температуре в квазиизотермическом режиме можно добиться существенного изменения в структуре дентина. В зависимости от выбранного температурного режима и времени отжига структуру рентгеноаморфного, неупорядоченного дентина можно сделать близкой структуре эмали, можно удалить полностью CO_3 -ионы и трансформировать структуру дентина в структуру ОН-апатита (рис. 4, 5).

Таким образом, понятие декальционирования следует уточнить: с возрастом (и по другим причинам) происходит не просто потеря минерального вещества CaO и P_2O_5 , а выявляется тенденция увеличения числа изоморфных замещений, что и является причиной изменения свойств минерально-

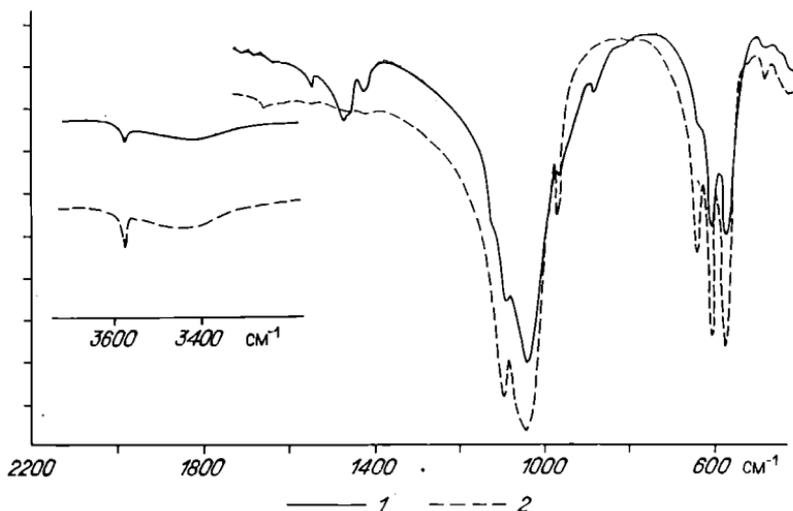


Рис. 5. ИК-спектры после отжига при $T = 800$ °С.
 1 — отжиг 0,5 ч; 2 — отжиг 2 ч. Прибор Specord-75IR, съемка в КВг, с плотностью 1,6 мг.

костной ткани зубов. Структуру рентгеноморфного дентина путем термической обработки (а возможно, и другим способом) можно трансформировать в структуру упорядоченную, хорошо окристаллизованную, сколь угодно близкую структуре эмали.

РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ И ФОРМИРОВАНИЕ ГОРЮЧИХ ИСКОПАЕМЫХ

В. С. ВЫШЕМИРСКИЙ, д-р геол.-минер. наук

Интенсивность накопления горючих ископаемых, их типы и отдельные свойства определяются в большей мере биологическими факторами, чем геологическими.

Само появление горючих полезных ископаемых в истории Земли стало возможным только после возникновения на ней жизни. Несмотря на продолжающиеся дискуссии, объективная оценка имеющихся многочисленных материалов с абсолютной надежностью свидетельствует о том, что все без исключения залежи ископаемых углей, торфа, нефтей, углеводородных газов, горючих сланцев, янтаря, разнообразных

твердых битумов образовались из некогда живого вещества. Лишь отдельные второстепенные компоненты природных газов, а также очень мелкие скопления твердых битумов могли в некоторых случаях образоваться абиогенным путем.

Каустобиолиты известны во всех стратиграфических подразделениях от нижнего протерозоя (карельские шунгиты) до современных отложений. Однако есть основания ожидать, что каустобиолиты будут встречены и в архейских отложениях, сформировавшихся вскоре после возникновения жизни.

Как показал В. И. Вернадский, становление биосферы произошло практически одновременно с появлением самых первых живых организмов. Живое вещество сразу же стало «...основной геологической силой, резко перерабатывающей всю биосферу»*. При этом под биосферой В. И. Вернадский понимал не совокупность всех живых организмов на Земле, как это нередко трактуется в современных публикациях, а оболочку планеты, заселенную живыми организмами. Все тела оболочки (среди них преобладают косные) образуют биосферу.

Выполняя ряд важнейших функций в биосфере, живое вещество создало, в частности, кислородсодержащую атмосферу и озоновый экран. Причем такая атмосфера может сохраниться только при функционировании организмов. Вместе с тем без атмосферного кислорода и озонового экрана, защищающего организмы от космического излучения, невозможно существование той формы жизни, которая развивается на Земле. Следовательно, жизнь могла сохраниться только в том случае, если первые живые организмы очень быстро (в геологических масштабах мгновенно) широко распространились на Земле и обеспечили выполнение всех функций живого вещества в биосфере, в том числе и кислородной.

Возможность столь быстрого распространения жизни подтверждается двумя обстоятельствами. Во-первых, все биогеохимические функции могут выполняться простейшими организмами. Во-вторых, время заселения для простейших организмов, по оценке В. И. Вернадского, измеряется единичными сутками. То есть такие организмы при идеально благоприятных условиях теоретически могут покрыть всю поверхность планеты, включая поверхность Мирового океана, за одни-два суток. Первые живые организмы были, несомненно, автотрофными. При полном отсутствии гетеро-

* Вернадский В. И. Проблемы биогеохимии. М., 1980. С. 204.

троффов они могли заселить обширные пространства за очень короткий период.

Следовательно, горючие полезные ископаемые могли формироваться в промышленных масштабах, начиная с самого первого этапа развития жизни на Земле, т. е. уже 3,5 млрд лет назад. С этого времени и до раннего девона включительно не было условий для торфонакопления, потому что наземные растения, появившись только в силуре, до среднего девона не могли создать значительной биомассы. Поэтому нет и додевонских углей. А условия для образования горючих ископаемых битумного ряда (нефти, углеводородные газы, твердые битумы, горючие сланцы) были хорошими: широкое развитие простейших морских организмов, содержавших большое количество липидных компонентов, и огромная биологическая продукция за 3 млрд лет или даже несколько больше.

Встречающиеся время от времени сообщения о находках нижнепалеозойских и более древних углей детальными исследованиями не подтверждаются. В таких случаях за угли чаще всего принимаются скопления твердых битумов или пласты высокобитуминозных тонкозернистых пород. И то, и другое можно видеть на примере карельских шунгитов. Преобладают шунгитовые сланцы с содержанием золы 65—95 % (реже — 40—65 %). Шунгиты, в которых содержание золы снижается до 2 %, пластов не образуют и встречаются только в трещинах, во вторичном залегании. По-видимому, шунгитовые сланцы в прошлом были горючими сланцами и (или) нефтенасыщенными породами, а жильные шунгиты — асфальтами, образовавшимися за счет движения жидкой нефти по трещинам.

Таким образом, от архея до раннего девона образовывались каустобиолиты в основном углеводородного состава. Причем масштабы нефтеобразования были весьма значительными. Для формирования только карельских шунгитов потребовалось во много раз больше нефти, чем ее разведано во всем мире за всю историю нефтяной промышленности. Большая часть нефтяных и газовых залежей, сформировавшихся в нижнепалеозойских и особенно в докембрийских отложениях, очевидно, разрушена. Однако начальные запасы были столь грандиозными, что детальное изучение нефтегазоносности древних отложений, которое пока проводится в очень скромных объемах, может привести к важным открытиям. Так, на Сибирской платформе и в Северной Африке уже разведаны значительные ресурсы нефти и газа в стратиграфическом интервале от рифея до силура. Древнейшие га-

зовые залежи едва ли сохранились до настоящего времени. Однако за счет катагенеза древних нефтей углеводородные газы могли генерироваться на протяжении всего фанерозоя. Поэтому древнейшие отложения перспективны и на нефть, и на газ.

Со среднего девона начинается промышленное угленакпление, но на весь девон приходится только 0,0006 % мировых запасов. В последующем интенсивность угленакпления резко усиливается, но значительно варьирует по стратиграфическим подразделениям. Абсолютный максимум запасов (в перми) превышает минимумы в 72 раза (в триасе) и в 50 тыс. раз (в девоне).

Поскольку наземные растения постепенно осваивали новые области обитания, было бы логично ожидать, что их биологическая продукция во времени увеличивалась, вследствие чего запасы углей должны нарастать вверх по стратиграфической шкале. Однако кривая, отражающая мировые разведанные запасы угля, образует максимумы в среднем карбоне (7 %), верхней перми (16,7), средней юре (8,6) и нижнем мелу (15,9 %), а также минимумы в верхнем карбоне (4,2 %), триасе (0,4), верхней юре (3,9) и плиоцене (0,5 %).

Поэтому, интенсивность накопления углей и других горючих ископаемых пытались связывать не с биологическими факторами, а с геологическими. Так, Н. М. Страхов, выполнивший детальные исследования в этом направлении, считал благоприятными для угленакпления эпохи орогенеза и регрессий, а для накопления нефтепроизводящих пород и горючих сланцев — тектонически относительно спокойные эпохи, характеризующиеся стабильным послетрансгрессивным стоянием моря. Максимумы угленакпления в среднем карбоне, поздней перми и раннем мелу, действительно, приурочены к крупным регрессиям. Однако еще более резко выраженные регрессии в триасе, ранней юре и неогене не сопровождаются значительным угленакплением. К триасу и неогену приурочены минимумы запасов. И наоборот, трансгрессивные эпохи ранней перми и позднего мела характеризуются интенсивным угленакплением (соответственно 12 и 12,2 % мировых запасов).

Вместе с тем положительные корреляционные связи между запасами угля, нефти и газа по стратиграфическим подразделениям не дают оснований для заключения о каких-либо противоположных геотектонических обстановках, благоприятных для накопления разных каустобиолитов. Максимумы нефтеобразования (поздний девон, ранний мел, миоцен) и газообразования (ранняя пермь, поздний мел, мио-

цен) тоже в одних случаях связаны с трансгрессивными эпохами, а в других — с регрессивными.

Неравномерность угленакопления в геологической истории все-таки обнаруживает ясную зависимость от развития жизни, но при условии отказа от распространенного предположения о том, что экспансия растений в глубь континентов обеспечивает непрерывное увеличение их биомассы. В этом отношении весьма плодотворной представляется идея экогенеза, впервые высказанная В. О. Ковалевским и получившая затем развитие в трудах Л. Ш. Давиташвили и некоторых других исследователей.

В. О. Ковалевский показал, что освоение травянистой растительностью открытых безлесных пространств и формирование степной флоры создали условия для выхода копытных млекопитающих из лесных массивов в степи и быстрого распространения их в этой новой области обитания. Это частный пример экогенеза. В общей форме экогенетическая экспансия выражается в том, что новые области обитания вначале могут заселяться только автотрофными организмами, способными утилизировать энергию солнечных лучей. Эти организмы в отсутствие поедающих их гетеротрофов создают огромную биомассу. По мере того как новые области обитания постепенно осваиваются гетеротрофными организмами (им требуется немалое время для приспособления к новым условиям), устанавливается равновесие между массами авто- и гетеротрофов. При этом общая биомасса, и особенно биомасса автотрофов, значительно снижается.

До среднего девона практически не было лесов, поэтому не сформировалось ни одной угленосной толщи. В среднем и позднем девоне получили развитие небольшие по площади приморские псилофитовые леса. Характер растительной массы (непрочные водонасыщенные стволы) не был благоприятным для формирования мощных торфяников. Поэтому угленакопление было весьма ограниченным.

В карбоне основными углеобразователями были спорово-сосудистые растения (плауны, хвощи, папоротники), которые начали заселять области приморских равнин, более удаленные от береговых линий, чем ареалы распространения псилофитов в позднем девоне. Спорово-сосудистые растения обеспечили максимум угленакопления в среднем карбоне. Но в позднем карбоне масштабы угленакопления снизились, возможно за счет того, что к этому времени гетеротрофные организмы заселили области распространения спорово-сосудистых растений.

В ранней и особенно в поздней перми интенсивность угленакопления вновь возрастает (на этот раз до абсолютного

максимума) в связи с развитием ряда групп голосеменных растений (кордаиты, папоротникообразные и др.), распространившихся не только на приморских равнинах, но и в обширных внутриконтинентальных областях.

Очень глубокий триасовый минимум угленакопления обусловлен, видимо, двумя причинами: аридизацией климата и развитием гетеротрофных организмов во внутриконтинентальных областях. Затем угленакопление интенсифицируется и достигает нового максимума в раннем мелу. Этому способствовали развитие новых групп голосеменных (хвойные, гинкговые, цикадовые) и экспансия их во все районы континентов, пригодные по климатическим и геоморфологическим условиям для торфонакопления.

Начавшееся в позднем мелу господство покрытосеменных растений не привело к формированию нового максимума угленакопления, потому что эта флора развивалась в тех же областях, в каких до этого уже были широко представлены автотрофные организмы, а после раннего мела, видимо, и гетеротрофные. Мировые запасы угля от нижнего мела к верхнему существенно снизились. Это снижение прослеживается до конца фанерозоя. Правда, в позднем мелу и палеогене покрытосеменные растения шире проникали в горные области, чем их предшественники, но в этих областях не было геоморфологических и гидрогеологических условий, необходимых для массового торфонакопления.

Изменялся во времени и вещественный состав углей. В углях всех типов фрагменты растений-углеобразователей отчетливо отражают эволюцию флоры. Отдельные типы углей встречаются в конкретных стратиграфических подразделениях, соответствующих этапам развития флоры. Например, кутикуловые липтобиолиты — в девоне, споровые дюрены — в основном в нижнем карбоне, смоляные липтобиолиты — в юре и в более молодых отложениях. Если на фрагментарном уровне эволюция вещественного состава углей вполне очевидна, то на молекулярном она еще не выявлена и серьезных попыток к этому пока не предпринимается.

Поскольку мировые запасы нефти и газа четко коррелируются с запасами угля, есть основания полагать, что нефти и газообразование тоже связано с эволюцией органического мира, в частности с эволюцией наземной флоры. Начальные этапы фанерозоя обеднены всеми каустобиолитами. Если интервал от кембрия до нижнего девона составляет около 40 % от всей продолжительности фанерозоя, то запасы нефти в этом стратиграфическом интервале не достигают и 2 %, газа — около 2,5 %, а уголь вообще отсутствует.

В более высоких подразделениях фанерозоя запасы угля, нефти и газа неравномерно возрастают, образуя сходные кривые распределения по разрезу. Правда, некоторые максимумы и минимумы запасов нефти и газа немного сдвинуты по стратиграфической шкале относительно максимумов и минимумов запасов угля. Например, на триас приходится минимум запасов угля, а на нижнюю юру — минимум запасов нефти и газа. К нижнему мелу приурочен максимум запасов угля и нефти, а к верхнему мелу — газа. Причины этих несоответствий пока не ясны. Не исключено, что они в той или иной мере определяются недостаточной разведанностью ресурсов горючих ископаемых. Несмотря на эти несоответствия, запасы угля, нефти и газа все же надежно коррелируются между собой.

Судя по изложенному выше, развитие континентальной флоры, на которую в современную эпоху приходится 99,86 % от всей автотрофной биомассы планеты, способствовало не только формированию торфяников на суше, но и выносу огромных масс органического вещества в области субквального осадконакопления (моря, озера, реки). В наше время в Мировой океан ежегодно поступает с суши 1 млрд т $C_{орг}$, что составляет 4,8 % от всего $C_{орг}$, поступающего в океан (остальные 95,2 % образуются в самом океане). Львиная доля аллохтонного $C_{орг}$ не выходит за пределы шельфа, на который приходится только около 1/6 всей биологической продукции океана. С учетом этих соотношений доля аллохтонного $C_{орг}$ на шельфе должна оцениваться примерно в 30 %.

Кроме того, существенная часть биологической продукции шельфа выносится во внутренние районы морей и океанов. Поэтому среднюю долю аллохтонного органического вещества на шельфе нужно оценивать не менее чем в одну треть в окраинных морях и около половины — во внутренних. И это в современную эпоху, характеризующуюся относительно низкими масштабами торфонакопления. В эпохи интенсивного углеобразования доля аллохтонного $C_{орг}$ на шельфах морей и в озерах (именно с этими областями связано формирование почти всех нефтегазоносных толщ) была значительно выше.

Правда, высказывались сомнения в пригодности аллохтонного органического вещества для нефтеобразования, поскольку в нем мало липидов и оно, как правило, сильно окислено. Этот вопрос требует дополнительного изучения. Однако несомненно, что аллохтонное вещество способствует созданию восстановительной обстановки в осадках и развитию зоопланктона и бактерий, которые являются важней-

шими поставщиками нефтематеринского материала. А для газообразования аллохтонное органическое вещество вполне пригодно. Вероятно, поэтому запасы угля коррелируются с запасами газа теснее, чем с запасами нефти.

Постепенное освоение растительными сообществами внутриконтинентальных пространств отразилось на эволюции фаций нефте- и газоносных толщ. От кембрия до верхнего девона включительно почти все запасы нефти и газа сосредоточены в морских и мелководно-морских толщах и небольшая часть — в переходных фациях. В карбоне роль переходных фаций становится значительной, а в перми начинается существенное нефте- и газонакопление в континентальных обстановках. Выше по стратиграфической шкале доля запасов нефти и газа в переходных и континентальных фациях прерывисто увеличивается и достигает максимума в плиоцене.

Если влияние развития жизни на нефте- и газонакопление выражено достаточно ясно, то влияние на состав нефти и газа пока не выявлено. В нефтях и в газах фрагменты исходных организмов отсутствуют, а молекулярный состав подвергся глубокому преобразованию и усреднению (благодаря миграции). Пока можно судить лишь об отдельных чертах эволюции вещественного состава нефтей (но не газов) на молекулярном уровне. Например, с переходом от палеозоя к мезозою резко возрастают концентрации порфиринов, увеличивается оптическая активность. Для нефтей и газов значительно перспективнее изучение эволюции вещественного состава на атомарном уровне, т. е. по стабильным изотопам.

БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭВОЛЮЦИИ САПРОПЕЛИТОВ ПО ДАННЫМ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ПАЛЕОНТОЛОГИИ

*И. Р. КЛЕСМЕНТ, д-р хим. наук,
Е. Б. БОНДАРЬ, д-р хим. наук*

Первые живые организмы на Земле возникли в условиях бескислородной атмосферы, но позднее, благодаря приобретенной ими способности к фотосинтезу, в атмосфере появился кислород. Прокариотические водные организмы сформировали атмосферу, а ее состав, в свою очередь, оказал активное воздействие на состав, продуктивность и эво-

© И. Р. Клесмент, Е. Б. Бондарь, 1990

люцию живой материи. Таким образом, развитие жизни происходило в системе: организмы — вода — атмосфера — минеральное вещество, и его можно проследить по молекулярному и изотопному составу фоссилизированного органического вещества, учитывая химические процессы, происшедшие в органическом веществе при фоссилизации, а также при его взаимодействии со средой. В течение длительного периода мы исследовали отложения концентрированного фоссилизированного углерода сапропелитового типа (горючие сланцы, богхеды) более чем пятидесяти месторождений, имеющие возраст от современного (балхашит, озерные сапропели) до 1,8 млрд лет (шунгит Карелии). Основными структурными элементами органического вещества сапропелитов являются прямолинейные углеродные цепи, предшественниками которых были жирные кислоты. В нашей работе битумоиды каустобиолитов исследованы обычными геохимическими методами, а нерастворимая часть органического вещества (кероген) подвергалась деструкции окислительными и восстановительными методами.

Как известно, анаэробной стадии диагенеза достигает только самая стабильная часть живых организмов — липоиды, состоящие в основном из жирных кислот. Жирные кислоты, содержащие четное число атомов углерода, при керогенообразовании декарбоксилируются, и на месте карбоксильной группы образуется углерод-углеродная связь с циклической частью протокерогена. В результате цепи бывших жирных кислот в составе керогена содержат нечетное число углеродных атомов.

Здесь обсуждается эволюция главным образом тех составляющих фоссилизированного органического вещества, которые имеют прямоцепочечный углеродный скелет, — жирные кислоты и *n*-алканы битумоида и *n*-алкановые цепи в структуре керогена. Состав последних определялся в основном методом пиролиза.

Карельский шунгит — пожалуй, самое мощное отложение фоссилизированного углерода докембрия. Вполне возможно, что высокая биопродуктивность фитопланктона 1,9—2,3 млрд лет тому назад была обусловлена переходом атмосферы к окислительной. С появлением в атмосфере кислорода и озона интенсивность УФ-радиации, проникавшей в водоемы, начала снижаться и оказалось возможным развитие планктона и в верхних слоях морской воды. В битумоиде шунгита преобладают «нечетные» *n*-алканы C_{15} , C_{17} и C_{19} , а среди жирных кислот — C_{16} и C_{18} , что подтверждает их непосредственное происхождение из планктона. Указанные

соединения имеют такой же состав, как и липиды некоторых видов современного планктона.

Основная часть шунгитового вещества содержит мало водорода и является высокопревращенной, ароматической. При каталитической гидрогенизации шунгита в автоклаве образуется небольшое количество *n*-алканов, а в основном — ароматические углеводороды, среди которых преобладают дифенил и его 1, 2-алкилпроизводные. Образование последних возможно при циклизации прямолинейных углеродных цепей при умеренно высокой температуре.

Установленные структурные фрагменты шунгита позволяют сделать вывод, что исходными для его образования были алифатические цепи, в основном насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты C_{16} и C_{18} .

Прибалтийский кукурсит (средний ордовик) имеет много структурных особенностей, обусловленных его аллохтонным происхождением и седиментацией в условиях окислительной атмосферы. *n*-Алканы и жирные кислоты битумоида содержат 14—24 атомов углерода, их состав свидетельствует, что *n*-алканы («нечетные») образовались в результате декарбоксилирования тех же «четных» кислот, которые присутствуют и в битумоиде. Углеродные цепи *n*-алканов битумоида длиннее, чем цепи в керогене, содержащие преимущественно 13, 15 и 17 атомов углерода.

Среди большого количества исследованных нами сапропелитов самая высокая «нечетность» *n*-алкановых цепей керогена наблюдается только в двух раннепалеозойских сланцах — кукурсите и белорусском; последний образовался в верхнем девоне. Подобное явление установлено и в составе *n*-алканов древних, раннепалеозойских нефтей в диапазоне C_{11} — C_{19} при низком содержании *n*-алканов с более длинной цепью. Ясно, что в данном случае имеет место общая закономерность, которая обусловлена особым составом биопродукции и особыми условиями фоссилизации органического вещества в раннем палеозое. Следует отметить, что палеозойские «нечетные» *n*-алканы имеют в основном сравнительно короткую цепь (C_{11} , C_{13}), в то время как в планктоне преобладают кислоты с более длинной цепью (до C_{18}). Предполагаем, что *n*-алкановые цепи керогена образовались только из насыщенных кислот, тогда как из биогенных кислот C_{16} и C_{18} , являющихся преимущественно ненасыщенными, в результате циклизации и полимеризации образовались циклические структуры керогена. По нашему мнению, хорошая сохранность обсуждаемых палеозойских керогенов и нефтей может быть обусловлена тем, что в исходном биологическом

веществе для их образования было много стабильных составляющих — жирных кислот (липидов) и соответственно меньше реакционноспособных соединений: углеводов и белков. Имеется много данных, которые подтверждают, что содержание углекислого газа в древней атмосфере было в 10—100 раз больше, чем в настоящее время. В подобной среде количество липидов в живых организмах увеличивается и в планктоне может достигать 75 % от его сухого веса вместо обычных 2—10 %.

Рассмотрим роль резорциновых структур в раннепалеозойских каустобиолитах. При термической деструкции всех сапропелитов образуется небольшое количество (1—3 % на кероген) одноатомных фенолов. Только при пиролизе кукурсита образуется много (8—10 % на кероген) двухатомных фенолов с резорциновой структурой, которые имеют длинную боковую цепь (1, 3-дигидрокси-5-алкилбензолы). Эти резорцины должны иметь биологическое происхождение, так как повышенную концентрацию имеют гомологи, содержащие в боковой цепи нечетное число атомов углерода (1, 5, 15, 17). Небольшое количество (2—3 % на кероген) алкилрезорцинов образуется также при пиролизе белорусских сланцев.

По нашему мнению, структурные особенности кукурсита, в том числе наличие резорциновых структур, обусловлены тем, что он образовался в окислительных условиях (450 млн лет тому назад в атмосфере было уже около 1 % кислорода) и является аллохтонным, т. е. кероген кукурсита образовался не на месте его теперешнего залегания. Предполагаем, что исходными биогенными соединениями для образования резорцинов были полиненасыщенные жирные кислоты C_{20} , C_{22} и C_{24} (*n*-алкановые цепи керогена кукурсита образовались из кислот C_{14} , C_{16} и C_{18}). Резорциновые структуры образовались из них в результате реакций изомеризации и гидратации двойных связей и последующих дегидрирования и циклизации.

Для нас решающее значение имеет протекание окислительных реакций при образовании резорциновых структур кукурсита. Предполагаем, что окислительные реакции проходили во время транспортирования отмершего планктона в водном потоке и были обусловлены тем, что слой озона тогда еще лежал близко к поверхности Земли и было возможным проникновение в воду УФ-радиации, под действием которой протекают радикальные реакции окисления.

Таким образом, наличие резорциновых структур в кукурсите можно объяснить его специфическим аллохтонным

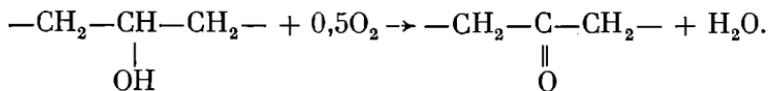
образованием и окислительными условиями при седиментации. Но резорциновые структуры присутствуют также в низших наземных растениях — мхах и лишайниках, возникших в силуре (405—440 млн лет тому назад) одновременно с превращением атмосферы в аэробную. Для нас интересно то, что накопление кукерсита и возникновение мхов и лишайников — это последовательные события ордовика — силура, и тот и другие содержат резорцины или им подобные структуры, что является редким фактом в биогеохимической науке. Выдвигаем гипотезу, что эти низшие наземные растения приобрели способность к синтезу резорцинов под влиянием превращения атмосферы в аэробную.

Известно, что на границе ордовик — силур (400 млн лет тому назад) имела место экологическая катастрофа, приведшая к исчезновению многих видов (более 20 % всех семейств). Указанное биотическое событие произошло в начале превращения атмосферы в аэробную. Общее мнение эволюционистов — жизнь возникла в восстановительной среде и до возникновения у организмов механизма аэробного метаболизма кислород являлся для них ядом. Вполне возможно, что часть организмов раннего палеозоя не имела защитного механизма от повышенной концентрации кислорода и поэтому в аэробных условиях вымерла. А первые наземные растения обязательно должны были обладать механизмом для защиты от кислорода.

Известно, что фенольные соединения типа гидрохинона являются компонентами дыхательной системы высших растений и при окислении превращаются в хиноны. Фенолы типа гидрохинона есть типичные составляющие лигнина, который отсутствует в водорослях, но является важной составляющей высших растений. Жирные же кислоты и другие основные составляющие планктона образуются простым биосинтетическим путем — последовательным присоединением двухуглеродных (ацетатных) единиц, биосинтез лигнина осуществляется более сложным путем, обусловленным более высокой степенью эволюции высших растений.

Вероятнее всего, что первые наземные растения появились в результате эволюции водорослей, которые приобрели способность к наземному образу жизни. Образовавшиеся мутанты подвергались воздействию непривычных для них повышенных концентраций кислорода. По принципу Ле-Шателье, при оказании на систему внешнего воздействия (давление кислорода) в ней происходят процессы, которые это внешнее воздействие ослабляют (поглощение кислорода). Предполагаем, что поглощение кислорода происходило с

образованием поли-β-карбонильной цепи из ненасыщенных жирных кислот:



Образующаяся поликарбонильная цепь дальше легко превращается в алкилрезорцин, стабильный и в суровых условиях палеобиосферы.

Таким образом, по нашему мнению, синтез алкилрезорцинов первыми наземными растениям — это их защитная реакция против окислительной среды.

Белорусские сланцы (девон, месторождение Припять и др.) и кукерсит, несмотря на их разный генезис, объединяют хорошая сохранность цепей жирных кислот первичных биопродуцентов (в белорусских — не длиннее C_{16}) и образование алкилрезорцинов при пиролизе керогена. Эти общие черты, в свою очередь, связывают эти сланцы с раннепалеозойскими нефтями, сохранившими преобладание «нечетных» *n*-алканов биогенного происхождения, а также с низшими наземными растениями, синтезирующими алкилрезорцины. Для обсуждаемых сланцев и нефтей характерно также низкое содержание нафтеновых и разветвленных структур в противоположность тем каустобиолитам, органическое вещество которых подверглось сильной бактериальной переработке и которые утратили «нечетность» *n*-алканов. Значит, при диагенезе кукерсита и белорусских сланцев и органического вещества — материнского для палеозойских нефтей — бактериальные процессы протекали вяло. Мы объясняем это наличием в некроте планктона резорцинов, обладавших бактерицидным действием. Бактерицидность фенолов, в том числе и резорцинов, хорошо известна.

Кендерльские сланцы (месторождение Усть-Каменогорск, поздний палеозой) представляют собой следующий интересный пример биогеохимической эволюции сапропелитов. *n*-Алкановые цепи их керогена содержат до 23 атомов углерода. Хотя и наблюдается некоторое преобладание «нечетных» цепей, оно не так отчетливо, как для керогенов раннего палеозоя. Исходные жирные кислоты для образования керогена кендерльских сланцев содержали кроме обычных C_{16} и C_{18} также кислоты C_{20} , C_{22} и C_{24} . Последние присутствуют в современных высших водных организмах и высших растениях, но их доля в общей биопродукции небольшая, как и количество fossilized органического вещества на их основе.

Высокосернистые сланцы составляют основную часть горючих сланцев СССР. Они сосредоточены в основном в Волжско-Печорском мегабассейне и приурочены к юре.

В процессе фоссилизации исходный биологический материал подвергается микробиологической переработке как в аэробных, так и анаэробных условиях. Бактериями синтезируются новые соединения с *n*-алкановой структурой, длина цепи которых может быть больше, чем синтезируемых первичными биопродуктами. Осернение органического вещества в осадке происходит за счет серы сульфатов, восстанавливаемой анаэробными сульфатредуцирующими бактериями, а кислород сульфатов участвует в окислении органического вещества.

Жирные кислоты и *n*-алканы битумоидов сернистых сланцев хорошо сохранились, но их взаимная генетическая связь не совсем ясна, так как присутствуют обычные планктонные кислоты C_{16} и C_{18} и *n*-алканы C_{17} и C_{19} . Углеродные цепи керогена, наоборот, сильно изменены, никакого преобладания «нечетных» или «четных» гомологов не наблюдается. Подобный состав *n*-алкановых структур керогена — максимальная концентрация при C_8 — C_{10} , затем плавное уменьшение концентрации до C_{20} — наблюдается для всех сернистых сланцев, в частности для более молодых сланцев Средней Азии (эоцен).

Болтышские сланцы. Начиная с позднего палеозоя в сапропелитах увеличивается вклад высших наземных растений, хотя основным исходным материалом для их образования остаются низшие водные организмы. Типичными сланцами, в которых много терригенного материала, являются сланцы Болтышского месторождения УССР. Их основной признак — значительная роль длинноцепочечных алифатических структур как в битумоиде, так и в керогене. Так жирные кислоты битумоида почти исключительно представлены высшими гомологами с преобладанием C_{28} и C_{30} — типичных восковых кислот. Отчетливо прослеживается генетическая связь между жирными кислотами и *n*-алканами битумоида, в их составе сохранились признаки первичной биологической продукции. В пиролизате керогена наряду с длинноцепочечными *n*-алканами воскового происхождения присутствуют и гомологи с более короткой цепью и наблюдается слабая «нечетность» *n*-алканов.

Итак, в ходе биологической эволюции от протерозоя к кайнозою можно наблюдать приобретение живыми организмами способности к синтезу все более длинноцепочечных *n*-алкановых структур. Докембрийские низшие водные ор-

ганизмы синтезировали преимущественно кислоты с 16 и 18 атомами углерода, морские организмы ордовика — уже кислоты C_{22} и C_{24} , синтез которых в наземных растениях начался позднее. Биосинтез восковых кислот C_{28} и C_{30} связан с возникновением покрытосеменных растений.

Но необходимо также учитывать и более короткие цепи (единицы) в структуре керогенов и нефтей и их связей с биогенными жирными кислотами. В керогенах наивысшую концентрацию имеют цепи C_7 — C_9 , в нефтях преобладают *n*-алкан C_8 , а их предшественниками являются биогенные ненасыщенные жирные кислоты, содержащие насыщенные структурные единицы из 7—9 атомов углерода.

В биопродукции современных живых организмов наиболее распространены *n*-алкановые кислоты C_{16} и C_{18} , C_{22} и C_{24} , C_{28} и C_{30} . Значит, при биологической эволюции в течение более миллиарда лет происходило не постепенное удлинение углеродных цепей за счет все большего присоединения ацетатных единиц, а скачкообразное удлинение молекул кислот на единицы C_6 и C_8 , при этом синтезируемые новые соединения приобретали и совсем новые свойства и биологические функции. В глицеридах живых организмов возможно спиралеобразное расположение кислотных радикалов, этому способствует *цис*-положение двойных связей в жирных кислотах. При такой спиралеобразной структуре эволюция цепей кислот осуществлялась путем удлинения спирали сразу на один виток.

Общая тенденция в эволюции керогенов в течение фанерозоя — это увеличение содержания гетероэлементов (O, N и S), связанное, начиная с верхнего мезозоя, частично с процессами осернения органического вещества в диагенезе, сопровождавшимися его окислением за счет кислорода сульфатов. Так как сульфатредукция — процесс бактериальный, а бактерии содержат много белков (пептидов), сернистые сланцы наряду с высоким содержанием кислорода (12—20 %) отличаются и повышенным содержанием азота (1,5—3 %).

В кайнозое наблюдается увеличение числа сланцев, образующихся в пресноводных условиях (месторождения Грин-Ривер, Болтыш, некоторые австралийские сланцы). В керогенах таких сланцев увеличивается содержание длинных углеродных цепей и азота (1,5—2,5 %). В течение биологической эволюции состав общей биопродукции усложняется, что отражается и в структуре керогенов. Увеличивается количество битумоидов, что обусловлено появлением в составе биопродукции сложных структур и длинноцепочечных со-

единений, которые из-за пространственных затруднений не могут включиться в структуру керогена.

Давно замечено, что в течение фанерозоя $\delta^{13}\text{C}$ органического углерода каустобиолитов возрастает, причиной чего может быть возникновение в позднем палеозое планктона с минеральным скелетом, предохраняющим богатые изотопом ^{13}C белки и углеводы от разложения. Вместе с тем более изотопно легкий состав углерода древнейших керогенов может быть обусловлен высоким содержанием CO_2 в современной им атмосфере Земли, которое влекло за собой обильное образование в планктоне жирных кислот, обедненных ^{13}C .

* * *

*

Исследованы отложения fossilized углерода сапропелитового типа — от среднепротерозойских до современных. В течение биологической эволюции наблюдается скачкообразное удлинение углеродной цепи биосинтетических *n*-алкановых кислот — на 6—8 атомов углерода.

Важнейшее биотическое событие в фанерозое — это превращение земной атмосферы в аэробную (кислородную). Как средство защиты от повысившейся концентрации кислорода планктон и первые наземные растения (лишайники) синтезировали поли- β -карбонильные соединения, которые в дальнейшем — биосинтетически и при fossilization — превращались в фенольные (резорциновые) структуры. Показано, что раннепалеозойские горючие сланцы и нефти хорошо сохранились и схожи по составу: преобладают *n*-алкановые цепи до C_{17} , *n*-алканы имеют высокий коэффициент нечетности, мало разветвленных и нафтеновых структур. Выдвинута гипотеза, что эти особенности состава керогенов и нефтей обусловлены бактерицидным действием биосинтетических резорциновых соединений, благодаря которому протокероген был защищен от микробиологической деструкции.

В течение фанерозоя наблюдается усложнение состава керогенов, увеличение содержания в них гетероатомов (N, S, O) и количества биотумоидов, а также изменение изотопного состава органического углерода — от более легкого, обусловленного высоким содержанием CO_2 в древней земной атмосфере, к более тяжелому, обусловленному появлением низших организмов с минеральным скелетом.

Раздел 2

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ СТРАТИГРАФИИ

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ И ГЛОБАЛЬНЫЕ СОБЫТИЯ

К. В. СИМАКОВ, д-р геол.-минер. наук

В последнее время все большее внимание начинает привлекать к себе так называемый событийный аспект геологической истории. Это проявляется, например, в возрождении интереса к проблеме (антиномии) «естественных — искусственных границ». Естественные границы, маркируемые глобальными событиями, противопоставляются так называемым «комиссионным» (т. е. установленным в соответствии с требованиями стратиграфического кодекса)¹, которые друг с другом не совпадают². Однако начинающийся сейчас новый тур дискуссии по этой проблеме вряд ли приведет к ее принципиальному решению, если изначально не будут определены исходные понятия «граница» и «событие». Коль скоро речь идет о событиях и границах в основном в связи с установлением хроностратиграфических границ, при обсуждении проблемы, очевидно, не обойтись также без определения понятия «хроностратиграфическая шкала» и его отношения к понятию геологического (стратиграфического) времени.

Действительно, рассуждая о геологических процессах и геологической истории, мы постоянно используем термин «время». При этом мало кто задумывается о вкладываемом в него смысле. Большинство подразумевает, что время представляет собой некоторый внешний, независимый от нашего существования, универсальный параметр, с помощью которого можно в единой системе мер фиксировать и оценивать свойства и отношения изучаемых нами природных феноменов (материальных систем и процессов). А коль скоро это так,

¹ International stratigraphic guide. N. Y.; L., 1976.

² Walliser O. H. Pleading for natural D/C boundary // Cour. Forsch. Inst. Senckenberg. 1984. V. 67. P. 241—246; Walliser O. H. Natural boundaries and comission boundaries in the Devonian // Ibid. 1985. V. 75. P. 401—408.

то мало у кого возникают сомнения в том, что геология в принципе может и должна использовать систему мер времени, которая применяется в обыденной жизни. Эта чрезвычайно широко распространенная (если не господствующая) точка зрения подкрепляется двумя соображениями.

Суть первого из них сводится к тому, что геология — часть естествознания и, следовательно, может и должна использовать ту же систему мер времени, что и в других его разделах (физике, химии и т. д.). Суть второго соображения состоит в том, что геология изучает историю нашей планеты, изначально вращавшейся вокруг своей оси и вокруг Солнца и, следовательно, год является «естественной» и постоянной мерой временных свойств явлений, имевших место в истории Земли. Но сторонники изложенной точки зрения не учитывают (или игнорируют) следующие обстоятельства. Во-первых, в повседневной жизни используются понятие о времени, отвечающее субстанциальной теории И. Ньютона, и система мер времени, разработанная на ее основе метрика концептуального физического времени. Во-вторых, как и любое другое концептуальное время, физическое (обыденное, по И. Ньютону) время представляет собой всего лишь абстрактную математическую модель, более или менее адекватно отражающую некоторые аспекты реального времени, а именно: его непрерывность, однородность, одномерность и т. д. В-третьих, абсолютизируемые в геологии единицы измерения обыденного времени (годы) являются не имманентным (т. е. свойственным самому реальному времени), а внешним, независимым от самого реального времени мериллом; в принципе могут существовать и другие внешние системы мер концептуального физического времени.

Несомненно, что, как и любая другая естественная наука, геология нуждается в понятии «время», трактуемом как некоторый универсальный параметр, позволяющий определять временные отношения и сравнивать временные свойства изучаемых ею природных феноменов. Иными словами, геология нуждается в метрике концептуального геологического (стратиграфического) времени, аналогичной таковой физического времени. Более того, опираясь на многовековой опыт использования метрики обыденного времени, можно утверждать, что по своей форме метрика концептуального стратиграфического времени не должна от нее отличаться. Вместе с тем создание модели и метрики концептуального стратиграфического времени требует более ясного, полного и сложного (по сравнению с ньютоновским) представления о том, что такое реальное время.

Будучи универсальной формой существования материи, время отражает объективно присущие всем природным феноменам свойства и отношения, выступая в качестве инвариантного аспекта их структуры³.

Универсальными временными свойствами являются возраст и дление. Возраст — это место акта становления данного феномена в общем порядке их последовательности, а дление — показатель относительной однородности данного феномена, обеспечивающей самостоятельность его существования.

Универсальными временными отношениями являются последовательность, включенность и рядоположенность. Последовательность выражается в необратимой смене одних природных феноменов другими. Включенность проявляется в относительной устойчивости (выделенности) последовательно сменяющих друг друга состояний одного феномена, смена которых отражает необратимость его развития, заканчивающегося либо его перерождением (трансформацией), либо исчезновением. Рядоположенность отражает параллельность существования множества относительно независимых друг от друга рядов причинно-взаимосвязанных последовательностей циклически-необратимо изменяющихся природных феноменов.

Становление, существование, изменение и исчезновение любых природных феноменов определяют имманентную структурированность реального времени или его континуально-дискретную природу.

Историческая геология имеет дело не с реально функционирующими системами и процессами, а с зафиксированными в геологической летописи (т. е. в земной коре) протоколами существования и деятельности множества рядоположенных и последовательно сменявших друг друга феноменов. Иначе говоря, геологу приходится иметь дело не с актуальным (динамическим), а с реальным ретроспективным временем.

Таким образом, концептуальное стратиграфическое время должно представлять собой модель реального континуально-дискретного ретроспективного времени. В основе практиче-

³ Симаков К. В. К созданию общей теории времени: (Реальное, концептуальное физическое и геологическое время, проблемы одновременности и ретросинхронизации). Магадан, 1981 (Препринт/СВКНИИ ДВНЦ АН СССР, 1981); Оноприенко В. И., Симаков К. В., Дмитриев А. Н. Методология и понятийный базис геохронологии. Киев, 1984.

ского использования этой модели лежит так называемый эталонный метод измерения времени. Суть его состоит в том, что в качестве универсальных (эталонных) часов принимается модель собственного реального времени из относительно независимых каузальных цепей, циклически-необратимое развитие которой запротоколировано в геологической летописи в форме непрерывной последовательности сменявших друг друга систем того или иного класса (геологических, палеобиологических, палеоэкологических и т. д.).

В настоящее время функции метрики концептуального стратиграфического времени (точнее, ее прототипа) призвана выполнять хроностратиграфическая шкала (ХСШ). По аналогии с календарем обыденного времени ее можно рассматривать в качестве глобальной системы отсчета, предназначенной для временной координации разноместных локальных геологических феноменов. Чтобы выполнять эту функцию, ХСШ должна представлять собой систему подразделений, которые могли бы проследиваться в любых стратифицированных образованиях — континентальных, параллических, неритовых и абиссальных.

Если рассматривать хроностратиграфическую шкалу в качестве прототипа метрики концептуального стратиграфического времени, то в принципе она должна представлять собой модель собственного реального времени процесса, происходившего в любой системе, циклически-необратимое развитие которой запротоколировано в земной коре. Независимо от природы такой системы (геологической, биологической, физической, химической и т. д.) ее собственное реальное время может быть реконструировано по следующим трем классам хроноиндикаторов, зафиксированных в геологической летописи: 1) хронофиксаторы — природные явления, отражающие относительно стабильные (подвижно-равновесные) состояния базисной системы или неизменность ее архетипа (т. е. инвариантных аспектов ее структуры и состава); 2) хронофантомы — природные явления и события, не нарушающие каждого подвижно-равновесного состояния и не изменяющие архетипа базисной системы, но определяющие внутреннюю структурированность момента его длениа; 3) хроносепараторы — события, обуславливающие смену состояний базисной системы, которые сопровождаются более или менее значительными трансформациями ее архетипа.

Принципиальное отличие хронофиксаторов и хроносепараторов, с одной стороны, и хронофантомов, с другой —

состоит в том, что первые могут быть отождествлены в разобщенных ареалах, а идентификация вторых в последних практически невозможна ⁴.

Следовательно, *хроностратиграфическую шкалу* можно определить как *абстрактную модель, адекватно отражающую структуру собственного реального времени того циклически-необратимого процесса, запротocolированная в геологической летописи последовательность хронофиксаторов и хроносепараторов в развитии которого принята за материальную основу эталонного прибора (метрики) для измерения концептуального стратиграфического времени.*

Как видно, при таком определении ХСШ в качестве естественных (первоначальных) мер выступают хронофиксаторы, т. е. запротocolированные в земной коре объекты, фиксирующие относительно стабильные (подвижно-равновесные) состояния базисной системы. А поскольку смены подвижно-равновесных состояний базисной системы другими отражают в геологической летописи ход (течение) реального геологического времени, протоколы этих событий следует рассматривать в качестве естественных (т. е. реально наблюдаемых в природе) хроностратиграфических границ.

Таким образом, можно дать следующее общее определение понятия *«хроностратиграфическая граница»*— *зафиксированный в геологической летописи протокол смены двух последовательных относительно стабильных состояний той системы, циклически-необратимое развитие которой принято за основу при градуировке хроностратиграфической шкалы.*

Признавая, таким образом, «событийную» природу хроностратиграфических границ, необходимо отдавать себе отчет в том, что хроностратиграфические границы маркируются разнообразными по характеру и масштабу событиями: исчезновением и(или) возникновением таксонов крупного (семейственного и выше) ранга в отдельных группах ископаемых, массовыми вымираниями представителей различных групп, сменой доминантов в персистентных транзитных группах, появлением в определенных филогенетических ветвях отдельных видов или подвидов, изменениями в структуре популяций и т. д.

Вместе с тем в большинстве работ, посвященных палеобиологическим событиям, основное внимание сейчас уделяется наиболее драматическим моментам истории органического мира, а именно массовым вымираниям. Создается

⁴ Симаков К. В. Проблема определения хроностратиграфических границ: (На примере границы девона и карбона)/СВКНИИ ДВНЦ АН СССР. М., 1986.

впечатление, что современные авторы стремятся ограничить содержание понятия «событие» только такими «отрицательными» феноменами палеобиологической летописи. Чтобы оценить правомерность такой трактовки термина «событие», необходимо дать его общее определение. Последнее, как мне представляется, можно получить лишь в рамках системного подхода.

В этой связи следует напомнить, что под системой подразумевается построенное по определенным законам композиции гетерогенное образование, состоящее из ряда первичных компонентов (элементов), обособленных по общему (системообразующему) основанию и связанных множеством системообразующих отношений. Однако отметим, что термин «система» использован здесь не в общепринятом геологическом (стратиграфическом) смысле, что первичные компоненты (элементы) систем сами могут представлять собой достаточно сложно построенные системы (подсистемы) и что множественность системообразующих отношений допускает возможность реализации различных подходов к анализу одной и той же системы⁵.

Исходя из приведенного общего определения, мы можем рассматривать в качестве систем любые геологические, палеобиологические и экологические объекты: стратоны и формации, таксоны и зональные комплексы различных групп ископаемых организмов, архетипы таксонов и популяции и т. д. При этом принципиально важно, что появляется возможность сравнивать все эти системы независимо от их природы по общим (универсальным) параметрам: первичным компонентам (элементам), их числу и отношениям между ними. А поскольку любые системы подчиняются всего двум законам преобразования, в принципе существует лишь 15 способов, «которыми Природа может творить свои объекты»⁶. Благодаря этому системный подход позволяет выявить, сопоставить и типизировать, пользуясь общей понятийной основой, любые события в параллельно развивавшихся геологических, экологических и палеобиологических системах, отнеся их к одному из 15 принципиально возможных типов системных трансформаций (ТСТ) или классов событий (см. таблицу).

Таким образом, опираясь на системный подход, можно дать следующее общее определение понятия «событие»: это

⁵ Урманцев Ю. А. Симметрия Природы и природа Симметрии. М.: 1977.

⁶ Там же. С. 63.

Принципиально возможные типы системных трансформаций (ТСТ) или событий, устанавливаемых по способу и структуре системных перестроек

Способ преобразования	Структура перехода		
	Прибавления	Вычитания	Замещения
Первичные компоненты, их число и отношения между ними	ТСТ — I	ТСТ — II	ТСТ — III
Первичные компоненты и отношения между ними			ТСТ — IV (обмена)
Первичные компоненты и их число	ТСТ — V	ТСТ — VI	ТСТ — VII
Первичные компоненты			ТСТ — VIII (превращения)
Число первичных компонентов и отношения между ними	ТСТ — IX	ТСТ — X	ТСТ — XI
Число первичных компонентов	ТСТ — XII	ТСТ — XIII	ТСТ — XIV
Отношения между первичными компонентами ТСТ — XV			

зафиксированное в геологической летописи возникновение, изменение в составе и(или) в структуре и исчезновение любой материальной системы.

Из этого определения прежде всего следует неразрывная связь между понятиями «граница» и «событие», поскольку любая граница фиксируется событием, относящимся к одному из указанных типов системных трансформаций.

Далее, если с изложенных позиций оценивать те массовые вымирания, которые сейчас привлекают особое внимание исследователей «событийного» аспекта палеобиологической истории, то нетрудно убедиться, что они представляют собой лишь частный случай других типов системных трансформаций, который выделяется среди них только драматическими результатами. Ограничивать понятие «событие» только данным типом системных трансформаций нет никаких оснований.

Наконец, из сравнения событий, которыми сейчас маркируются хроностратиграфические границы, видно, что они связаны с системами различных уровней организации — от биосферного (массовые вымирания) до видового (возникновения определенных видов в отдельных морфогенетиче-

ских линиях). Очевидно, что масштаб границ не связан с типами системных трансформаций: границы как геологических систем, так и биостратиграфических зон могут относиться к одному и тому же типу системных трансформаций, хотя и представляют собой разномасштабные события, имевшие место в развитии систем различных уровней организации. Отсюда возникает ряд вопросов, касающихся определения характера и масштаба тех событий, которые могут маркировать хроностратиграфические границы.

Прежде всего, поскольку ХСШ представляет собой глобальную систему отчета, в качестве хроностратиграфических границ могут выступать протоколы лишь тех событий, которые отражают действие глобальных факторов. Иными словами, в качестве «естественных» хроностратиграфических границ могут рассматриваться протоколы только глобальных событий. Это накладывает определенные ограничения, с одной стороны, на соотношения между структурами ортостратиграфических и хроностратиграфических шкал, а с другой — на предельный масштаб хроностратиграфических подразделений⁷. Однако нас в данном случае интересуют в первую очередь содержание термина «глобальный» и критерии выделения глобальных событий среди всех прочих.

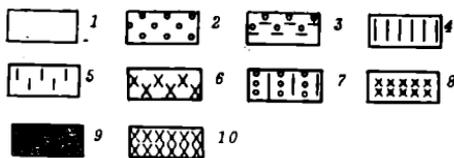
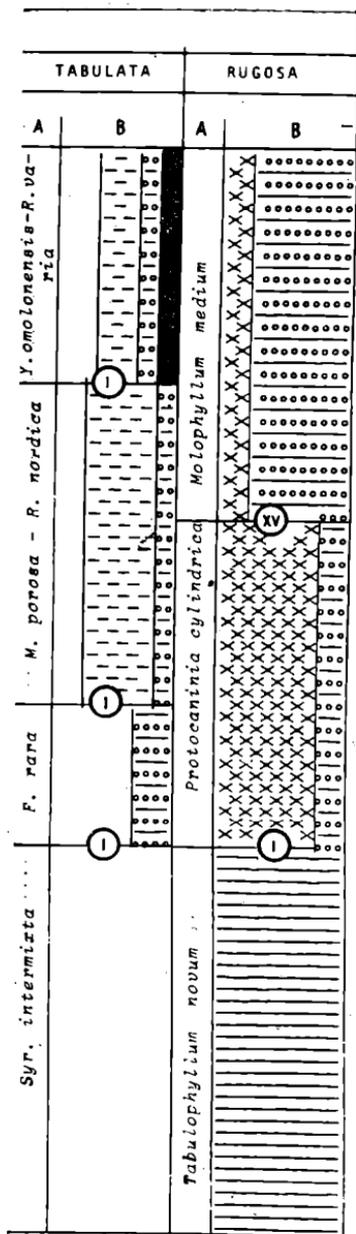
Несмотря на этимологическую ясность термина «глобальное событие», содержание его не представляется достаточно очевидным. Согласно определению О. Валлизера, «глобальность подразумевает, что событие проявилось во всем мире. Однако зачастую эффект глобального седиментологического и (или) экологического события легко опознается только в части всего набора фаций»⁸. В качестве примера такого «глобального события» О. Валлизер, в частности, рассматривает Д/С, или хангенбергское, событие⁹.

Мне представляется, что глобальными могут называться только такие события, которые проявились в различных типах системных трансформаций во многих группах ископаемых организмов, обитавших во всем спектре фациальных обстановок — от континентальных до пелагических. На практике определение хроностратиграфической границы сводится к выбору в развитии ортохронологической группы фауны такого

⁷ Симаков К. В. Проблема определения хроностратиграфических границ.

⁸ Walliser O. H. Natural boundaries and comission boundaries in the Devonian. P. 402.

⁹ Walliser O. H. Pleading for natural D/C boundary.



Изменение в биохронологическом составе и структуре зональных ассоциаций различных группы ископаемых организмов на рубеже девона и карбона.

А — зональные подразделения, В — процентное содержание следующих биохронологических категорий архетипов таксонов: персистентных (1), возникших в результате дестабилизации (2) и дилаборации (3) персистентных архетипов; девонские (4), возникшие в результате деатбилизации (5) и мирабилизации (6) девонских архетипов; возникшие в процессе инициации (7), мирализации (8) и стабилизации (9) каменноугольных архетипов; возникшие в результате автономной мирабилизации (10).

служат ее маркерами для прослеживания в отложениях различных фаций¹⁰.

В заключение рассмотрим еще один вопрос, касающийся того, как проявляются одни и те же факторы в развитии групп ископаемого органического мира, имевших различные ареалы. Проанализируем его на примере тех конкретных изменений, которые происходили в палеобиоте на рубеже девона и карбона.

Как показано на схеме (см. рисунок), Д/С — событие не было уникальным в истории позднедевонской — раннетурнейской биоты. Изменения в составе и структуре большинства групп ископаемых организмов происходили также на рубежах дасбергия — струния, струния — хангенбергия. При сравнении этих событий обращает на себя внимание, во-

¹⁰ Симаков К. В. Проблема определения хроностратиграфических границ.

первых, тот факт, что в отличие от других перестроек Д/С-событие проявилось в основном в группах ископаемых организмов, обитавших в относительно глубоководных обстановках, и практически не повлияло на обитателей мелководного шельфа — брахиопод, целентерат и др.

Во-вторых, ни в одной группе ископаемых организмов Д/С-событие не имело таких драматических последствий, как у аммоноидей. Напротив, изменения в биохронологическом составе и структуре сообществ всех других групп ископаемых носили постепенный характер. Они выражались в основном в последовательном увеличении роли таксонов с новыми (инициальными и стабилизирующими каменноугольными) архетипами, которые постепенно приобретали доминирующее значение. Ни в одной группе ископаемых (за исключением аммоноидей) не отмечено массового вымирания девонских таксонов и внезапной радиации каменноугольных. Последние возникали в разных группах на протяжении всего позднего фамена.

В-третьих, Д/С-событие наиболее отчетливо проявилось на территории Атлантической палеобиохории, тогда как в Тихоокеанской оно «расщепилось» на ряд самостоятельных событий. Очевидно, эти различия объясняются неодинаковой геологической историей отдельных бассейнов, этих палеобиохорий.

Наконец, события, происходившие одновременно в различных группах ископаемых организмов, относятся к разным типам системных трансформаций. Более того, анализ эволюции спириферид показал, что типы системных трансформаций у этой группы не остаются постоянными в рамках одной палеобиохории, а меняются от бассейна к бассейну. Аналогичная картина наблюдается и с типами системных трансформаций сообществ конодонтов, характеризующих различные биофации (см. рисунок). Очевидно, эти данные свидетельствуют, что одни и те же факторы, обусловившие глобальные перестройки в палеобиоте, неодинаково влияли на развитие не только различных групп, но и одной и той же группы в пределах отдельных палеобассейнов и даже смежных фациальных зонах одного палеобассейна.

Как представляется, изложенные представления о соотношении между понятиями «граница» и «событие» имеют особое значение при определении хроностратиграфических границ. Действительно, обсуждая проблему установления любой хроностратиграфической границы, необходимо помнить, что речь идет о событии, т. е. о перерыве (скачке) в непрерывности. При этом надо отдавать себе отчет в том,

что возможности практического использования выбранной границы будут целиком определяться тем, какого масштаба событие принято за «естественный» хроностратиграфический рубеж. Если за таковой принимается глобальное событие (т. е. такое событие в эволюции ортохронологической группы фауны, которому отвечают какие-либо перестройки в других группах с разными ареалами обитания), то можно надеяться, что такая граница будет устойчивой, и с успехом применяется на практике. Если же за границу принимается «микрособытие» (типа возникновения или исчезновения вида или подвида в какой-либо филетической ветви), с которым невозможно соотнести никаких других событий, то принятое решение вряд ли окажется жизнеспособным.

Итак, в отличие от других разделов естествознания геология имеет дело с реальным ретроспективным временем. Соответственно принципиальное различие между метриками концептуального физического (обыденного) и стратиграфического времени заключается в том, что первая опирается на модель континуума реального динамического времени, а вторая — на модели континуально-дискретного ретроспективного времени.

Хроностратиграфическая шкала представляет собой прототип метрики концептуального стратиграфического времени и выполняет функции глобальной системы отчета, призванной давать временную характеристику пространственно разбросанным локальным геологическим феноменам. Материальной основой (базисом) ХСШ служит последовательность хронофиксаторов и хроносепараторов, протоколирующих в геологической летописи циклически-необратимое развитие ортохронологических групп фауны под воздействием факторов с глобальной сферой влияния. Модель собственного реального времени таких последовательно сменявших друг друга ортохронологических групп выполняет функцию эталонных часов, отсчитывающих концептуальное стратиграфическое время.

Ход (течение) эталонного стратиграфического времени фиксируется в геологической летописи хроносепараторами. Последние представляют собой протоколы глобальных событий, которые выступают в качестве естественных хроностратиграфических границ. Анализ с использованием системного подхода тех разнообразных событий, которыми сейчас маркируются хроностратиграфические границы, позволяет выделить 15 принципиально возможных типов системных трансформаций. Внезапные вымирания отдельных (или нескольких) групп ископаемого органического мира, привле-

кающие сейчас внимание как глобальные палеобиологические события, представляют собой один из частных случаев системных перестроек, который выделяется среди прочих лишь своими драматическими последствиями.

Собственно глобальными событиями предлагается называть такие, которые проявились в разнотипных (и разномасштабных) системных трансформациях у обитателей всего спектра фациальных обстановок. Как показано на примере палеобиологических событий, имевших место на рубеже девона и карбона, изменения в составе и (или) структуре сообществ не только у различных, но даже у одной и той же группы ископаемых организмов под влиянием одного и того же фактора относятся к разным типам системных трансформаций.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ В СТРАТИГРАФИИ

Ф. Г. ГУРАРИ, д-р геол.-минер. наук

Состоявшаяся в 1984 г. в Москве XXVII сессия Международного геологического конгресса отметила, что этап изобилия минерально-сырьевых ресурсов уже позади. Выявление новых месторождений становится все более сложным, трудоемким и дорогостоящим делом. В рудной геологии все большую роль играют поиски и разведка глубокозалегающих, слепых залежей, возрастает значение стратиформных месторождений. Нефтяники, в значительной мере исчерпав в большинстве провинций фонд антиклинальных ловушек, переходят к поискам и разведке углеводородных залежей в сложных неантиклинальных ловушках. Геолого-разведочные работы все больше ориентируются на глубокие (более 3—4 км) горизонты, исследованиями охватываются континентальные отложения, а также древние докембрийские образования.

Усложнение задач происходит и в угольной геологии, да и во всех остальных областях геолого-разведочного производства. Их решение требует не только технического перевооружения геолого-разведочных работ, но и повышения достоверности научного прогноза и обоснования работ. Именно поэтому в 1982 г. было принято решение о крупномасштабном системном геологическом изучении территории Со-

ветского Союза с изданием государственной геологической карты масштаба 1 : 50 000.

Известно, что фундаментом, основой любых геологических построений является стратиграфия. Если усложняются геологические построения, должен усиливаться, отвечать их уровню и стратиграфический фундамент. В СССР под руководством Межведомственного стратиграфического комитета и его региональных комиссий ведется большая работа по совершенствованию стратиграфических схем отдельных регионов. В последние годы прошли межведомственные стратиграфические совещания по различным районам Русской и внутренним районам Сибирской платформы, совещание по биостратиграфии мезозоя Средней Сибири и др.

Дискуссии, возникавшие на этих совещаниях, а также многочисленные публикации свидетельствуют, что в теории и практике стратиграфии существует множество принципиальных вопросов, от решения которых зависят уровень современных стратиграфических исследований и их развитие в будущем. Остановимся, в частности, на предложениях о создании ритмо-, климато-, сейсмо- и т. д. самостоятельных стратиграфий, на тенденции разорвать при изучении стратонов их состав, литологию, отражающие условия седиментации от времени их образования как по их длительности, так и по положению в общей геохронологической шкале. Наиболее крайние точки зрения развиваются Л. Я. Трушковой и Ю. Н. Карагодиным, предложившими выделить исследования литостратиграфических стратонов в самостоятельную науку, называемую соответственно стратология или литмология. Другие стратиграфы полностью игнорируют литостратиграфию, считая главной только геохронологию, геологическое время.

Я согласен с В. Л. Егояном¹, отрицающим самостоятельное значение новых «видов» стратиграфии и назвавшим их квазистратиграфическими. По существу, это не самостоятельные науки, а лишь новые методы, в той или иной мере помогающие расчленению осадочных толщ на индивидуальные геологические тела, определению их состава, пространственного положения и места в геохронологической шкале, что является главной задачей стратиграфии. При этом надо учесть, что каждый из этих методов имеет свою разрешающую способность в отношении строго определенного набора

¹ Егоян В. Л. Тенденции в развитии общей стратиграфии. Ст. 1. Квазистратиграфические шкалы // Бюл. Отд. геол. 1987. Т. 62, вып. 1. С. 3—13.

задач. Например, сейсмостратиграфия, давшая исключительно ценный материал о строении осадочных толщ под дном акваторий и в межскважинном пространстве закрытых территорий, пока еще не способна даже при очень сложных системах обработки по программам ПГР выделять и коррелировать на сколько-нибудь значительных расстояниях отдельные пласты мощностью в первые десятки метров. Поэтому предлагаемые В. В. Менпером и Ю. Б. Гладенковым² такие стратоны, как сейсмопачка и тем более сейсмослой, представляются сегодня нереальными. Такие же ограничения имеют и другие методы. Даже главный для корреляции осадочных толщ фанерозоя палеонтологический метод становится малоэффективным при изучении отложений венда и рифея и практически пока совсем неприменим при изучении еще более древних толщ. Палинология, крайне необходимая при стратификации континентальных отложений фанерозоя, часто не дает результата при изучении этих же отложений, но погруженных на большие глубины, не говоря уж о влиянии различий в темпах эволюции различных групп организмов, в скорости освоения ими жизненных ареалов и т. д.

Значительные ограничения имеет и событийная стратиграфия, дающая нам, в определенных случаях, такие надежные и практически изохронные маркирующие уровни, как прослой с иридием или слой вулканического пепла. Встречаются они в разрезах редко, да и выделение их в глубоких скважинах при ограниченном отборе керна (3 % от мощности пробуренных пород) — задача весьма нелегкая.

Поэтому любые стратиграфические исследования должны быть системными, многоаспектными, отбирать для использования именно те методы, которые могут быть наиболее действенными для решения конкретных задач в данной геологической и информационной ситуации. Прав Б. С. Соколов, высказав на Ташкентской конференции в 1982 г. следующие утверждения: «Задачи стратиграфии при крупномасштабных геологических работах не могут быть ограничены только биостратиграфией. Очень важное место неизбежно должны занять и непалеонтологические методы. Поэтому тщательные и разносторонние литологические и геохимические исследования должны стать насущной необходимостью. Важные сами по себе и для реконструкции физической жизни древних седиментационных бассейнов явления цикличности и

² Менпер В. В., Гладенков Ю. Б. К детализации стратиграфических шкал // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1986. № 11. С. 5—7.

ритмики осадконакопления, отражения в осадках климатических изменений, колебаний уровня моря и береговой линии, проявления древнего вулканизма, различные устойчивые породные маркеры, текстуры и т. п. — все эти явления очень значительны и как показатели среды жизни. Без их учета и изучения нет палеоэкологии и тафономии, нет полноценного изучения палеонтологического материала»³.

Развитие любой науки идет по линии все более углубленного познания изучаемого объекта. Поскольку объектом стратиграфии являются геологические тела, необходимо всемерное расширение информации о ряде параметров этих тел, главными из которых являются геометрия, время накопления и литофациальная характеристика.

Основная задача современной стратиграфии — повышение детальности и точности, достоверности стратиграфического расчленения и корреляции разрезов, а следовательно, детальности и обоснованности используемых стратиграфических схем. При этом детализация и усиление обоснования необходимы всем комплексным стратонам. Необходимо также пересмотр положения ряда стратонов, ныне отнесенных в стратиграфическом кодексе СССР к вспомогательным, уточнение определения некоторых стратиграфических подразделений.

Интересные предложения по детализации стратиграфических шкал приведены в статье В. В. Меннера и Ю. Б. Гладенкова⁴. Детализация существующих лито- и стратиграфических шкал предлагается в ряде работ В. А. Зубакова, Ю. Н. Карогодина, в публикациях других исследователей⁵. Для всех этих работ характерно стремление всемерно расширить набор методов и критериев выделения стратонов как общей, так и местных шкал. Однако не все эти предложения представляются приемлемыми.

Современная ситуация и вытекающие из нее актуальные проблемы в стратиграфии хорошо освещены в уже упоминавшемся вступительном слове Б. С. Соколова на XXVIII сессии ВПО в г. Ташкенте в январе 1982 г., а также в решениях

³ Соколов Б. С. Палеонтология и детальная стратиграфическая корреляция // Палеонтология и детальная стратиграфическая корреляция. Л., 1986. С. 6—11.

⁴ Меннер В. В., Гладенков Ю. Б. К детализации стратиграфических шкал.

⁵ Зубаков В. А. Ритмостратиграфические подразделения. Проект дополнений к Стратиграфическому кодексу СССР/ВСЕГЕИ. Л., 1978. С. 71; Карогодин Ю. Н. Региональная стратиграфия. М., 1985. С. 178; и др.

III Уфимской Межведомственной научно-технической конференции, IV Всесоюзной палинологической конференции (1981 г.), Пленума Сибирской РМСК (1983 г.) и других совещаний аналогичного или близкого ранга. Поскольку за последние 5—6 лет ситуация существенно не изменилась, рассмотрим ситуацию отдельно для био- и литостратиграфических подразделений.

Стратоны общей шкалы. Прежде чем браться за разработку детальных шкал хотя бы на уровне зон или лон, надо решить многие остающиеся спорными вопросы о границах ярусов, а в некоторых случаях отделов и даже систем. В частности, много таких вопросов для сравнительно хорошо изученных юрских морских отложений Сибири⁶. Один из них — наличие в Сибири отложений верхнего тоара. Условно нижняя граница этого яруса, проводимая по фауне белемнитов, поскольку аналогичные формы встречаются в Европе и в плинсбахх. Вообще ярусная разбивка лейаса Сибири весьма условна, так как находок аммонитов (кроме единичных) от середины геттанга до верхнего плинсбахх пока нет. Немного лучше ситуация с ярусами средней юры, но и здесь далеко не все решено. Имеющиеся весьма интересные разработки С. В. Мелединой пока еще не вошли в унифицированные схемы. Трудным остается положение с выделением ярусов в нижнесреднеюрских континентальных отложениях Западной Сибири, вскрываемых скважинами. Главным и практически единственным методом возрастных датировок здесь является палинология. Но в северных разрезах, где лейас и доггер погружены глубоко, спор и пыльцы в них обнаружить не удастся. И в то же время на юге плиты в скв. Никольской палинокомплексы нижнего триаса выделены из керна с глубины 4517 м. Вообще влияние на сохранность палинокомплексов геологических условий изучено еще очень слабо.

Немало нерешенных вопросов и в стратиграфии верхнеюрских отложений.

Совсем неблагоприятная ситуация сложилась с биостратиграфией вендских и кембрийских отложений Сибирской платформы. В этом регионе впервые в мировой практике выделены ярусы кембрия, находится стандарт границы венд — кембрий. Но возможно, что эту границу придется опустить, поскольку более совершенная, чем ранее, техноло-

⁶ Месежников М. С. Основные вопросы стратиграфии юрских отложений Сибири // Биостратиграфия мезозоя Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1986. С. 16—21.

гия обработки каменного материала (растворение) приносит все новые и новые находки скелетной фауны значительно ниже по разрезу. Острые споры о положении границы венд — кембрий возникли на межведомственном стратиграфическом совещании, состоявшемся в Новосибирске в ноябре 1986 г. Вызваны они тем, что комплексы акритарх, датруемые на Русской платформе кембрием, на Сибирской опускаются в разрезе значительно ниже, в отложения, стабильно относимые к венду. Не все благополучно в этом регионе с ярусным расчленением. Ярусы кембрия, а также трилобитовые и археоциатовые зоны прекрасно выделяются только в восточных разрезах, представленных морскими осадками. В центральных и тем более западных районах, где доминируют эвапориты, находки фауны крайне редки. Поэтому продолжают споры о полноте разреза среднего кембрия, о положении и характере его границы с верхним отделом. Ярусы кембрия в западных разрезах пока не выделяются. В решении совещания отмечено, что все границы общей и региональной шкал, за исключением границы нижнего и среднего отделов, во внутренних районах не имеют палеонтологического обоснования и потому проведены условно. На этом же совещании Г. П. Абаимовой было доложено, что в низах свит, традиционно считавшихся ордовикскими, обнаружены конодонты верхнего кембрия. Следовательно, граница кембрия и ордовика на Сибирской платформе также нуждается в дополнительном изучении и может быть поднята в разрезе.

Можно привести и ряд других аналогичных фактов, но и отмеченных достаточно, чтобы сделать вывод, что процесс стратификации осадочных толщ Сибири с уверенным выделением в них ярусов, а местами и более крупных стратонов, далеко еще не закончен. А без этого нельзя успешно разрабатывать зональные и инфразональные шкалы. Правда, первые наметки таких подразделений уже имеются: на Сибирской платформе, например, хорошо прослеживаются слои с крупными фораминиферами на рубеже аален — байос. Есть и другие мелкие подразделения. Большое значение для скорейшей разработки ярусной и более дробных шкал имеет вовлечение в биостратиграфические исследования новых групп фауны или за счет более совершенной методики выделения органических остатков из породы (растворение), или благодаря привлечению внимания палеонтологов к тем известным группам, которые используются все еще недостаточно или не используются совсем (остракоды, перидинеи и другие водоросли, конхостраки и др.).

Местные стратиграфические подразделения: Стратиграфический кодекс СССР (СК) относит к ним комплекс, серию, свиту. Продолжающие эту иерархическую лестницу более дробные литостратиграфические подразделения — пачка, пласт (слой) — отнесены к вспомогательным стратонам. Подсвета совсем выпала из этой системы, хотя далее в статье V. 10 СК сказано, что свита может подразделяться на подсветы, а статья V.2 содержит очень краткое их определение. В Инструкции по организации и производству геолого-съемочных работ и составлению Геолкарты-50, подготовленной во ВСЕГЕИ и изданной в 1986 г., и в монографии «Практическая стратиграфия»⁷ к вспомогательным подразделениям отнесены также пачка и пласт. Практически они даже не охарактеризованы. Такая дискриминация дробных литостратиграфических таксонов, по нашему мнению, глубоко ошибочна⁸. Нельзя искусственно отрывать их от более крупных подразделений.

Свиты, подсветы, пачки, пласты, слои — все это стратоны, выделяемые по одним и тем же признакам и составляющие стройную единую иерархическую систему. Все дело лишь в литологической дифференцированности разреза и в степени его изученности. Практика исследования большинства регионов показывает, что по мере повышения уровня детальности стратиграфического изучения сначала число свит и подсвет увеличивается, а затем число стратонов этого ранга стабилизируется, но начинается расчленение их на более дробные подразделения.

Именно слой, пласт, продуктивный горизонт (как группа пластов) являются главной, конечной целью стратиграфических построений во многих осадочных бассейнах (нефтегазоносных, водоносных, угленосных, рудоносных), так как именно с ними обычно связано полезное ископаемое. Поэтому относить пласт, пачку, слои с фауной и флорой к категории вспомогательных подразделений, т. е. временных, необязательных, не подлежащих четкому регламентированию, считаю неправильным. В новом издании «Стратиграфического кодекса СССР» эта нелогичность должна быть исправлена⁹.

⁷ Практическая стратиграфия/И. В. Васильев, В. Н. Верещагин, В. Д. Вознесенский, В. В. Донских и др. Л., 1984. С. 320.

⁸ Гурари Ф. Г. Стратиграфия: объекты, цели и методы исследования, актуальные задачи // Проблемы стратиграфии Сибири в свете современных данных. Новосибирск, 1980. С. 4—18. (Тр./СНИИГГиМС; Вып. 282).

⁹ Практически это же предлагается В. В. Меннером и Ю. Б. Гладенковым (см. ранее приведенную ссылку на их статью).

Эволюция правой корреляционной части стратиграфических схем, отражающей состав и взаимоотношения литостратиграфических стратонов, ярко выступает на примере разработки стратиграфических схем мезозоя Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции. Они обсуждались и принимались на Межведомственных совещаниях в 1956, 1960, 1967, 1976 гг. Первая схема (1956 г.) опиралась на материалы опорного бурения и редких поисковых скважин. В разрезе юрских и меловых отложений было выделено 24 свиты (в их числе несколько толщ). Вся равнина была разбита на 5 структурно-фациальных районов. В 1960 г. схемы опирались на материалы поискового бурения, объемы которого значительно возросли. В принятых схемах была уже 51 свита, а количество районов возросло до 11. Схема 1967 г. обоснована большими объемами параметрического, поискового и разведочного бурения, значительными объемами лабораторных, тематических и научно-исследовательских работ, выполняемых как в центральных институтах, так и в сибирских научных центрах. В том же разрезе выделено уже 95 свит. Сильно выросло число подсвит, стали выделяться многочисленные пачки. К этому же времени относятся первые схемы положения в разрезе неокома продуктивных нефтяных пластов, унифицирована их индексация. Число районов увеличилось до 15—17.

Характерно, что в следующих схемах, принятых в 1976 г., число свит осталось на том же уровне — 94. Не увеличилось и число районов. Но значительно возросло число подсвит и особенно пачек.

За годы, прошедшие после совещания 1976 г., отчетливо проявилась тенденция детализации стратиграфических схем, при этом тех частей разреза, которые становятся объектом наиболее интенсивных поисковых и разведочных работ. Томские стратиграфы¹⁰ расчленили верхнетюменскую подсвиту на 9 пачек, выделили в ней 14 угольных пластов-маркеров и 13 пластов песчаников.

В монографии ИГИРГИ¹¹, в подзаголовке которой значится «уточнение стратиграфической схемы», сделана по-

¹⁰ Белозеров В. Б., Брылина Н. А., Даненберг Е. Е., Ковалева Н. П. // Литостратиграфия континентальных отложений нижней и средней юры, юго-восточной части Западно-Сибирской плиты // Региональная стратиграфия нефтеносных провинций Сибири/СНИИГГиМС. Новосибирск, 1985. С. 111—119.

¹¹ Биостратиграфия мезозоя Западной Сибири (Уточнение стратиграфической схемы)/Л. В. Ровнина, М. К. Родионова, В. М. Мазур, Г. Н. Спякова и др. М., 1985.

пытка ввести в схему нижнего мела центральных районов плиты продуктивные нефтегазоносные пласты групп А и Б, корреляции которых уже посвящено большое количество публикаций.

Во второй половине 70-х годов в Западной Сибири повсеместно переходили на более сложный метод сейсмической разведки — ОГТ, давший много принципиально новой информации о строении, морфологии, взаимоотношениях осадочных комплексов чехла плиты. Эти материалы позволили значительно увеличить достоверность корреляции скважин, установили более сложное, чем предполагалось, клиноформное строение некоторых меловых отложений, подтвердили диахронность границ многих свит. В настоящее время дальнейшая детализация стратиграфических схем юры и мела Западной Сибири без учета сейсмических материалов попросту невозможна. Поэтому закономерно, что в обзорной стратиграфической схеме мезозойско-кайнозойских отложений Западно-Сибирской равнины, опубликованной Ю. В. Брадучаном в 1985 г.¹², показано положение в разрезе основных отражающих сейсмических горизонтов. В последние годы были предприняты попытки выделения свит и в палеозое Западно-Сибирской плиты. Нет сомнения, что в схемах, которые примет следующее очередное межведомственное совещание по Западно-Сибирской плите, найдут свое место и продуктивные нефтегазоносные пласты, и сейсмические отражающие горизонты, и реперные пласты угля. Нет сомнения также в том, что схемы эти будут более детальными, появятся новые свиты, подсвиты, пакки, пласты. Участникам предстоящего совещания придется подумать, как отразить в схеме клиноформный характер некоторых интервалов мезозойского разреза, так как в инструкции по составлению стратиграфических схем такой случай не предусмотрен.

Близкая к описанной картина наблюдается и в области изучения стратиграфии и построения схем для рифей-кембрийских нефтегазоносных отложений внутренних районов южной половины Сибирской платформы. Названные толщи осадков ранее изучались в этом регионе в естественных обнажениях глубоких речных долин и по разрезам сравнительно редких скважин. Открытие ряда нефтяных и газовых залежей, месторождений калийных солей, а также редкое

¹² Брадучан Ю. В. Региональные стратиграфические подразделения мезозоя Западной Сибири // Основные проблемы геологии Западной Сибири. Тюмень, 1985. С. 11—21 (Тр./ЗапСибНИГНИ; Вып. 200).

расширение геолого-разведочных работ на другие полезные ископаемые привели в последние годы к значительному увеличению объемов геологической съемки, глубокого бурения и геофизических исследований в регионе. Естественно происходит усложнение представлений о стратиграфии отложений, слагающих чехол платформы. Первая схема, принятая в 1956 г., просуществовала почти четверть века, в общем удовлетворяя запросы и производственных, и научных организаций. Для кембрийских отложений в ней было принято 8 фациальных районов, выделено в разрезе 49 свит. Существенные уточнения этой схемы в целом для платформы или отдельных ее районов приняты на совещаниях в 1965 и 1979 гг. Новая детализация проведена в 1986 г. для внутренних нефтегазоносных районов. Было принято для венда и кембрия 65 свит и в них 39 подсвит. Ряд ранее существовавших свит переведен в ранг серий (верхоленская, мотская, дикимдинская, иктехская), выделено 9 горизонтов, отсутствовавших в схеме 1956 г. Словом, ситуация, имевшая место на Западно-Сибирской равнине, повторяется и на Сибирской платформе.

То же направление имеют стратиграфические исследования и в складчатых областях Сибири (да и во всех других регионах), образованных слоистыми осадочными и осадочно-вулканическими породами. Поэтому в качестве наиболее правильной правой части стратиграфических схем, названной в стратиграфическом кодексе «Корреляцией местных стратиграфических разрезов», нам представляется схема, в которой будут отражены название, состав и характерные литофациональные признаки, мощность, возраст, взаимоотношения со смежными геологическими телами всех литостратиграфических подразделений от мощных комплексов и серий до тонких, измеряемых метрами, а может быть, и сантиметрами, пластов и пропластков. Следует принять предложение В. В. Меннера и Ю. Б. Гладенкова о дополнении литостратиграфической шкалы такими стратонами, как пакет, пропласток. В этих схемах будет показано положение в разрезе и распространение в регионе продуктивных на различные виды полезных ископаемых пластов, основные отражающие и преломляющие сейсмические, угольные, геохимические и другие маркирующие горизонты, короче, вся та стратиграфическая информация, которая так необходима при решении современных практических и теоретических задач геологии.

Представляется необходимой соответствующая корректировка определенных разделов Стратиграфического кодекса,

инструкции по Геолъемке-50 и других директивных и методических материалов.

В заключение несколько слов об организационных задачах. В решениях XXVII съезда КПСС, последующих пленумов ЦК подчеркивалось, что главное в перестройке — единство слова и дела. О необходимости усиления стратиграфо-палеонтологических исследований в стране и особенно в Сибири и сказано, и написано очень много хороших, правильных слов. К сожалению, практические дела совершенно им не отвечают. Прав был Б. С. Соколов, когда в 1982 г. в Ташкенте говорил с тревогой о том, что мы «потеряли значительную часть кадров и времени и что потребуются неотложная система твердых и решительных мероприятий для ликвидации возникшего пробела. По ряду важнейших групп ископаемых мы вообще не имеем специалистов и невосполнимо теряем лидеров изучения целых геологических систем»¹³. В конце 1983 г. Пленум СибРМСК снова обратил внимание Мингео СССР, Минвуза СССР, АН СССР и других ведомств на крайне тревожное положение с ассигнованием стратиграфо-палеонтологических работ, обеспечением кадрами, оборудованием, помещениями. Были созданы дополнительные комиссии, разработаны конкретные рекомендации, но все повисло в воздухе. Сейчас с переходом производственных геологических объединений на полный хозрасчет и самофинансирование, а отраслевых институтов — на систему финансирования по заказ-нарядам ситуация еще более осложняется. Есть угроза, что уменьшение объемов стратиграфических и палеонтологических работ, сокращение занятых ими кадров пойдет еще более быстрыми темпами. Нужны самые срочные, решительные меры по развитию стратиграфических исследований в Сибири, да и не только здесь, по разработке в короткие сроки так необходимых практике и науке drobных зональных и инфразональных шкал.

¹³ Соколов Б. С. Палеонтология и детальная стратиграфическая корреляция.

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИЗОТОПНО-ГЕОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

И. В. НИКОЛАЕВА, д-р геол.-минер. наук

Чтобы определить особенности методологии геохронологической науки, рассмотрим место геохронологии в системе методов познания нашей планеты (табл. 1). Как известно, большинство исследователей различает три уровня познания: общий, общенаучный, конкретно-научный¹. Предлагается единая для всех уровней познания схема деления методов на теоретические, логические и фактологические. Однако в такой схеме перечень теоретических методов общенаучного уровня познания, как-то: эксперимент, наблюдение, гипотеза, моделирование — оказывается недостаточным. К ним следует также отнести планетологические методы (табл. 1), направленные на создание общей теории планеты Земля. Развитие этих методов основывается на интеграции и взаимодействии методов существующих конкретных наук (геологии, химии и др.), законы и структура каждой из которых могут рассматриваться как фактологические методы этого уровня познания. Учитывая современные особенности развития науки по пути интеграции, с одной стороны, и узкой специализации — с другой, для дальнейшего развития методологии в целом и методологии конкретной науки в частности представляется целесообразным выделить четвертый уровень познания — научно-специализированный (табл. 1).

На основе взаимодействия специализированных наук, принадлежащих разным конкретным наукам, возникает интеграционная наука. К их числу относится и геохронология, развивающаяся на основе взаимодействия специализированных областей четырех конкретных наук: геологии (стратиграфии, минералогии, кристаллохимии, геохимии), биологии (палеонтологии), физики (физики изотопов), химии (химии изотопов).

Предмет исследования геохронологии — концептуальное время. Время наряду с пространством является универсальным свойством всех реальных объектов, поэтому фундаментальное исследование проблемы времени может стать одним

¹ См.: Кедров Б. М. Предмет и взаимосвязь естественных наук. М., 1967; Назаров И. В. Методология геологического исследования. Новосибирск, 1982.

Место методологии геохронологии в системе методов познания планеты Земля

Уровень познания, его содержание	Методы познания		
	Теоретический	Логическое средство	Фактологический
I. Общий (исследует законы и структуру знания)	Диалектический и исторический материализм	Общая теория систем	Законы и структура общей теории планеты Земля
II. Общенаучный (исследует виды познавательной деятельности на Земле)	Планетологические методы — концепция земного времени, земного пространства, земных процессов, земных состояний	Системный подход	Законы и структура конкретных наук: геологии, физики Земли, химии Земли, биологии и др.
III. Конкретно-научный Геологический Физический Химический	Историко-геологический Геокартирование Термодинамический и др.		Законы и структура специализированных наук: в геологии (геохимии, минералогии, литологии и др.); в физике (физика изотопов и др.); в химии (химия изотопов и др.)
IV. Научно-специализированный Геохронологический	Историко-геологический, фракционирование изотопов, минералогический, кристаллохимический и др.		Методы наблюдения, эксперимента, моделирования в физике, химии и геохимии изотопов (в минералах, породах, формациях, оболочках, на Земле в целом), стратиграфии

из направлений в разработке проблемы концептуального земного времени — одной из наук о планете Земля (см. табл. 1). Проблема времени важна не только в философско-методологическом, но и в теоретическом и прикладном аспектах. Не случайно методологическим проблемам времени посвящалось большое количество исследований во все времена развития человеческой мысли: Демокрит, Аристотель, Леонардо да Винчи, М. В. Ломоносов, Бюффон, Ньютон, Лейбниц, Н. Стенон, Геттон, Н. А. Головкинский, В. И. Вернадский, Б. Л. Личков, Г. П. Леонов, Б. С. Соколов, Л. Л. Халфин, С. В. Мейен, Ю. А. Косыгин, В. А. Соловьев, В. И. Опоприенко, А. М. Мостепаненко, К. В. Симаков, М. В. Круть, В. А. Зубаков, В. Ю. Забродин, Ю. С. Салин, В. И. Драгунов и многие другие.

Различают время — длительность и время — последовательность. Отношения между пространственными и временными величинами называют метрическими, эти отношения выражают длительность процесса. Отношения между пространством и временем могут выражаться топологическими характеристиками. К топологическим свойствам времени относятся одновременность, непрерывность, связность, упорядоченность, однонаправленность, необратимость, неразветвленность². Для макромира, к которому, в частности, относится мир геологии, топологические свойства времени не могут быть выведены ни в одной физической теории; они сами входят в логическую структуру теории в качестве явных или неявных постулатов³. Приемы и методы, с помощью которых выявляются топологические характеристики времени, у каждой науки свои, по ним и определяется качественная специфика реконструируемого времени: геологического, биологического, астрофизического, физического атомного, изотопно-радиологического и т. п.

Главной наукой о геологическом времени является стратиграфия. Современная стратиграфия базируется на трех фундаментальных принципах: 1) принципе Стенона — о возрастных соотношениях контактирующих тел; 2) принципе Гексли — о гомотаксисе, или одинаковой последовательности заселения территорий различными видами орга-

² См.: Аугустынек З. Два определения времени // Вопр. философии. 1970. № 6. С. 46—53; Егоров А. А. Диалектическое отношение пространства-времени к материальному движению. Л., 1976; Забродин В. Ю. Время — длительность и время — последовательность // Развитие учения о времени в геологии. Киев, 1982. С. 150—169.

³ См.: Мостепаненко А. М. Размерность времени и временной порядок // Пространство, время, движение. М., 1971. С. 35—55.

низмов в разных регионах Земли; 3) принципе хронологической взаимозаменяемости признаков, сформулированном С. В. Мейеном⁴. Развитие теории стратиграфии и биостратиграфической шкалы создает предпосылки для совершенствования геохронологической шкалы⁵. В связи с этим первоочередной задачей в стратиграфии можно считать установление качественной адекватности одноранговых стратонов и обоснование признаков в иерархии стратонов.

Введение в геологию XVIII — XIX вв. представления М. В. Ломоносова, Ж. Бюффона об адекватности понятий геологического и физического времени способствовало измерению длительности геологических событий в единицах физического времени. С открытием радиоактивности, с подсчетом констант ядерных реакций появилась возможность устанавливать физическое время больших интервалов геологической истории изотопными методами, стала развиваться новая научная концепция — радиоизотопная геохронология.

На первом этапе, этапе становления этой науки, получила развитие концепция абсолютной геохронологии, методологические недоработки которой уже обсуждались⁶. Традиции этой концепции еще сильны, новый подход внедряется с трудом, поэтому остановимся на вопросе несколько подробнее. Признавая адекватность физического и геологического времени, сторонники этой концепции умаляли (порой до полного игнорирования) специфические особенности геологического времени, абсолютизируя тем самым время физическое — радиоизотопное. Вопрос о качественной адекватности и себестоимости датированных геологических объектов (стратон, геологическое тело) ставился лишь в самом общем виде, правила получения воспроизводимых и достоверных датировок не оговаривались. Существовала лишь опосредованная проверка достоверности возраста: последовательность датировок не должна нарушать последовательности стратонов; правило оценки качественной адекватности стратонов не оговаривалось. Была нарушена по-

⁴ См.: Мейен С. В. Понятие «естественность» и «одновременность» в стратиграфии // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1974. № 6. С. 79—90.

⁵ См.: Жамойда А. И. Состояние и основные задачи стратиграфических исследований в СССР // Геологическое строение СССР. Т. 1: Стратиграфия. М., 1968. С. 650—663; Щербак Н. П. Состояние работ по изотопной геохронологии в СССР // Методы изотопной геохронологии и геохронологическая шкала. М., 1986. С. 3—7.

⁶ См.: Забродин В. Ю. Время — длительность и время — последовательность.

Взаимодействие специализированных наук в геохронологии

Специализированная наука	Уровень объекта исследования*					
	Изотоп, элемент, молекула	Минерал	Порода	Формация, стратон	Породный бассейн, формационный ряд	Сфера
Физика изотопов	+	-	-	-	-	-
Химия изотопов	+	-	-	-	-	-
Геохимия	+	+	+	+	II	+
Минералогия	-	+	+	+	-	+
Литология	-	+	+	+	+	+
Палеонтология	-	-	-	I	+	+
Стратиграфия	-	-	-	II	+	+
Палеогеография	-	-	-	+	+	+
Тектоника	-	-	-	+	+	+
Геофизика	-	-	-	+	+	+

* См.: Геологические тела: (Терминологический справочник). М., 1986.

** I, II, III — этапы развития геохронологии. Знаками + и - выделены объекты, которые изучает и не изучает (соответственно) специализированная наука.

следовательность в выявлении закономерностей поведения изотопов в геологических объектах разного ранга: минералах, породах, формациях и т. п. (табл. 2); физико-химический изотопный анализ замыкался непосредственно на стратон-надпородный уровень исследования, лишая при этом возможности корректной интерпретации изотопных данных не только на уровне физики и химии, но и минералогии и петрографии.

Чтобы эмпирическое знание стало научным фактом, оно должно удовлетворять следующим критериям: воспроизводимости при заданных условиях, проверяемости, возможности быть интерпретированным в теоретических построениях⁷. В свете этих требований основная масса фактических данных, полученных на первом этапе геохронологических исследований, не может рассматриваться в качестве научной. К основным научным достижениям этого этапа следует отнести первую изотопно-геохронологическую шкалу фанерозоя⁸. Однако и ей присущи недоработки в мето-

⁷ См.: Герасимов И. Г. Научное исследование. М., 1972.

⁸ См.: Holmes A. A revised geological time-scale. // Trms. Edinburg Geol. Soc. 1959. V. 17. P. 3.

дологии и методике, характерные для концепции абсолютной геохронологии в целом; временные оценки рубежей фанерозоя невозможно ни проверить, ни воспроизвести.

Получение множества несовместимых метрик времени для одного геологического объекта (стратона, массива, породы, минерала) привело к быстрому увеличению вариантов шкал (сейчас число их достигает многих десятков). Многофакторность становления геологического объекта, конвергентность признаков процессов, а также неполнота геологической летописи создают объективные, в настоящее время непреодолимые трудности в составлении единой абсолютной геохронологической шкалы, несмотря на то что само определение изотопного возраста в смысле аналитических возможностей приближается к абсолютному точному.

Необходимо заметить справедливость замечания⁹ относительно термина «геохронологическая шкала». Поскольку в хронометрии под шкалой понимается система единиц измерения времени, а система счета больших промежутков времени носит название календаря, геохронологическую шкалу правильнее было бы назвать календарем — геологическим или радиоизотопногеологическим.

Второй этап в развитии геохронологии (с 1965 г. по настоящее время) определяется общими успехами геохимии изотопов. Для него характерно комплексирование изотопных исследований с палеонтологическими, геохимическими, минералогическими, петрографическими, петрохимическими и разработкой интерпретации изотопных данных на геохимической, минералого-петрографической и физико-химической основе: кристаллохимических особенностях минералов, породах как парагенезах равновесно сосуществующих минералов, последовательности и стадийности минералообразования, физико-химических параметров фракционирования изотопов и показателей среды минералообразования¹⁰.

Такой подход позволил выявить новые закономерности поведения изотопов на минеральном и породном уровнях организации вещества. Установлено фракционирование стабильных изотопов в процессах равновесного минералообразования, обусловленное кристаллохимическими особенностями минералов; отсутствие тождественности изотопного

⁹ См.: Симаков К. В. Принцип измерения времени и построения стратиграфической (геохронологической) шкалы // Развитие учения о времени в геологии. Киев, 1982. С. 176—198.

¹⁰ См.: Щербак Н. П. Состояние работ по изотопной геохронологии в СССР.

состава элемента в минерале и породившем его минералообразующем растворе или расплаве. Вместе с тем выявляются закономерные изменения изотопного состава элемента в минерале в зависимости от физико-химических параметров среды минералообразования. Установлены определенные корреляции в соотношении стабильных изотопов элементов (кислорода, водорода) в гранитах с соотношением изотопов стронция и соотношением редкоземельных элементов, на основании чего удалось различить генетические типы гранитов и их пригодность для изохронного датирования¹¹.

Новые достижения в изотопной геохимии и геохронологии показывают, что с переходом от атомарного на более высокий уровень организации вещества (минеральный, породный) выявляются новые закономерности в поведении изотопов, несводимые к закономерностям, установленным на атомарном уровне. Этот вывод и определяет методологию изотопно-геохимических и геохронологических исследований — последовательное взаимодействие изотопных исследований объектов разных рангов (см. табл. 2). Интерпретация изотопно-геохимических данных с учетом всех закономерностей поведения изотопов (на атомарном, минеральном и породном уровнях) возможна, очевидно, с помощью широкомасштабного моделирования, но эта проблема еще ждет своего решения. Однако интерпретация изотопно-геохимических данных с учетом фракционирования изотопов инертных газов¹² показала важность и принципиальную возможность решения этой проблемы в геохронологии.

Новые методологические и методические разработки на втором этапе развития геохронологии создали определенную возможность для корректного датирования не только стратонов, но и формаций любого происхождения, что является предпосылкой для разработки событийной геохроно-

¹¹ См.: **Wetzel K.** Präzisionsmessungen der relativen Häufigkeit des ¹⁸O als Hilfsmittel bei der Bestimmung vom Isochronenalter zirkonischer Gesteine // *Isotopenpraxis*. 1985. V. 21, N 3.— P. 77—79; **Schutze H.** Der ¹⁸O-Index — in isotopengeochemisches Konzept // *ZfI—Mitt*. 1984. Nr. 85. S. 347—356.

¹² См.: **Шуколюков Ю. А., Мешик А. П.** Изотопные аномалии ксенона, вызванные миграцией его радиоактивных предшественников, и Xe_s—Xe_n-метод геохронологии // Тезисы докладов Советско-японского симпозиума по изотопной геологии/Ин-т геохимии АН СССР. М., 1987. С. 79—81; **Итая Т., Нагайо К.** Определение K—Ar-возраста молодых вулканических пород новым методом // Там же. С. 91—93.

логи, важной для геологической периодизации на новом научном уровне. Различные радиоизотопные шкалы можно получить по разным геологическим событиям: этапам развития биот, эпохам вулканизма, магматизма, выветривания, накопления разных типов морских осадков и т. п. Событийная геохронология может оказаться дополнительным инструментом в установлении причинных связей между разновозрастными событиями, в установлении зависимости между длительностью процессов и их последовательностью, выявлении перерывов между однотипными процессами по проявлению разделяющих их процессов иного типа, например, перерывов в морском осадконакоплении по времени развития кор выветривания, перерывов в проявлении вулканизма по времени морского осадконакопления и т. п. Можно предполагать, что на уровне формаций и фаций, формационных комплексов, бассейнов и геосфер исследователей ждет открытие новых закономерностей в поведении изотопов, однако это будет предметом третьего этапа (табл. 2) исследований в геохронологии.

Итак, на современном этапе быстрого развития науки методология становится мощным двигателем научных исследований, гарантом целенаправленности, результативности, а также паритетного участия представителей разных наук. Это важно учитывать как в развитии традиционных научных направлений, так и при организации новых направлений, при комплексировании, при создании интеграционных наук.

АБСОЛЮТНАЯ ГЕОХРОНОЛОГИЯ, АСТРОНОМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ И ОТНОСИТЕЛЬНОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ВРЕМЯ

Ф. П. КРЕНДЕЛЕВ, чл.-кор. АН СССР

В геологии различаются по крайней мере два вида времени — абсолютное¹ и относительное. Абсолютное время базируется на явлении радиоактивного распада. При

¹ Термин «абсолютное время» был распространен в геохронологии в 60-е годы и в настоящее время не употребляется. Фактически имеется в виду изотопно-радиологическое время, которое является важнейшей разновидностью физического времени. (Прим. редколлегии).

этом постулируется, что скорость радиоактивного распада остается неизменной с момента зарождения Вселенной и всей истории геологического развития Земли как планеты Солнечной системы.

Относительное время базируется на исследовании временной последовательности процессов и явлений по пространственному соотношению геологических тел (выше — ниже, позже — раньше, сечет — пересекается, идиоморфно — ксеноморфно и т. д.). При этом размер тел может не иметь значения, т. е. под геологическими телами можно понимать сферу, формацию, пласт, слой, жилу, шток, минерал и т. д.

Полезно ввести и третье понятие времени — физическое, которое измеряется путем подсчета любых периодических процессов, длительность которых априорно считается постоянной. Это может быть время одного оборота Земли: качание маятника, скорость движения песка в песочных часах и т. д. В этом смысле абсолютное время можно отнести к физическому, так как экспериментально в условиях Земли (в глубоких горных выработках, на вершинах гор, при высоких и низких давлениях, при разных температурах, достигаемых на Земле, и т. п.) доказано, что периодичность распада радиоактивных элементов в нашу эпоху строго постоянна. Однако создание ядерных реакторов и измерение радиоактивности на поверхности Луны показало возможность создания искусственных радиоизотопов, а при ядерных реакциях скорость распада может увеличиваться настолько, что провоцирует взрыв. Иначе говоря, с помощью проникающих излучений можно интенсифицировать процесс распада, но никому еще не удавалось заморозить этот процесс, что в принципе не исключается. Если считать, что радиоактивные на поверхности Луны элементы не радиоактивны на поверхности Земли благодаря атмосфере, экранирующей проникающее излучение, то логически вполне оправдана мысль, что на глубинах Земли могут оказаться не радиоактивными те элементы, которые были радиоактивными на поверхности.

В любом случае физическое время соизмеряется с астрономическим, так как оно отождествляется с секундами, минутами, сутками, годами, измеряемыми астрономическими методами. Но было ли постоянным астрономическое время, или пужно вводить еще одно понятие абстрактного времени, как это предлагает Б. С. Соколов?

Ответ на этот вопрос могут дать геологические наблюдения. В некоторых случаях геологические тела несут в себе

Длительность года и месяца в разные геологические эпохи

Эпоха	Возраст	Число дней	
		в году	в месяце
Современная	0	365,3	28,4
Поздний мел	65—95	370,3	29,6
Пеноильванская	200	390,0	—
Карбон	285—380	385—390	—
Девон	380—440	399	30,6
Средний девон	365—385	400	—
»	365—385	—	30,53
Начало среднего девона	385	410	31,5
Средний силур	420—430	419	32,3
Ранний силур	430—440	421	32,4
Поздний кембрий	500—525	—	31,56

информацию, которая дает точное представление о длительности процессов по астрономическому времени, измеряемому сутками, годами. Иногда, особенно для молодых антропогенных отложений, удается точно датировать не только время, но и длительность событий в единицах астрономического времени. Но длительность самих этих единиц закономерно изменяется в процессе развития Земли как планеты Солнечной системы. Проследить это удастся на примере суточных циклов, хорошо отражающихся на коралловых постройках.

Внешний слой кораллов (эпитека) несет не себе ясно различимые линии роста, кольца, бороздки, валики, морщины, расположенные параллельно растущему краю, наподобие годовых колец древесных стволов в умеренных широтах Земли. Линии роста есть следствие неравномерности отложения карбоната кальция полипом, что отражает зависимость суточного цикла его жизнедеятельности в симбиозе с водорослью зооастера. Известно, что период половой длительности полипа совпадает по длительности с лунным (синодическим) месяцем. Изменение скорости отложения CaCO_3 полипом в течение суток и во время полнолуния доказано на современных коралловых рифах. Доказано статистически достоверное совпадение лунного и солнечного календарей современности с результатами расшифровки структуры полипняков.

Интереснейшие сведения можно получить, сопоставив современные данные с теми, которые получаются при исследованиях коралловых построек минувших эпох (см. таблицу), простирающихся до эпохи раннего силура, т. е. до 430—440 млн лет тому назад.

Совершенно очевидно, что число дней в синодическом месяце в прошлые эпохи геологического развития Земли было различным, так же как число суток и месяцев в году. Иначе говоря, в последние полмиллиарда лет в развитии Земли прогрессивно уменьшалось количество дней и месяцев в году. Вполне очевидно, что длительность астрономического года, измеряемая количеством суток и (или) месяцев, не была постоянной. Причины этого не ясны, и может быть предложено несколько версий уменьшения числа суток и месяцев:

- изменение скорости вращения Земли вокруг своей оси;
- смещение материков к экватору;
- изменение параметров орбиты Земли;
- изменение параметров системы Луна — Земля — Солнце;
- отрыв Луны или появление пояса астероидов;
- метеоритные удары и бомбардировки;
- изменение массы Земли за счет метеоритов.

Могут быть предложены и другие версии, но однозначных доказательств у нас пока нет.

В арсенале геологов есть и другие методы измерения длительности геологических процессов в астрономических годах, для чего используются сезонные геологические процессы (ленточные глины, ритмично-слоистые соленосные отложения, структура сталактитов и сталагмитов, натечков) или биологические циклы (годовые кольца роста деревьев, структура рогов, раковин и т. п.). Мощность толщи осадков можно использовать в качестве мерил астрономической длительности процесса, если есть доказательства постоянства или закономерно изменяющейся скорости осадконакопления.

Кстати, в некоторых типах осадков, в особенности в соленосных толщах, отчетливо проявляется 11-летняя цикличность. Академик Л. С. Берг², например изучая периодичность солнечной активности в прошлом, зафиксированную в цикличности отложения илов и других тонкослоистых пород, пришел к выводу, что существование 11-летнего периода солнечных пятен в протерозое, а возможно и ранее, заставляет признать, что в течение всей геологической истории от протерозоя до наших дней расстояние от Земли до Солнца оставалось одинаковым и приблизительно равным современному. Еще раньше 11,5-летняя периодичность в изменениях слоистости обнаружена Х. Корном в слоях

² Берг Л. С. Солнечная активность в геологическом прошлом // Природа. 1947. № 4.

Нама (протерозой) в Юго-Западной Африке; 11,4-летняя — в верхнедевонских и нижнекарбонových отложениях Тюрингии и Франции; 11-летняя — в пермских ангидридах Техаса, в цехштейновом ангидриде Германии и в олигоценových красноцветных глинах у Линца на Рейне. В. Б. Шостакович³ отмечал 11-летнюю периодичность по толщине годичных слоев у кембрийских, девонских, меловых, третичных и современных отложений. Это, по его мнению, означает, что никаких изменений эксцентриситета орбиты Земли не происходило. Поскольку 11-летняя цикличность осадконакопления зафиксирована в различных широтах, можно полагать, что наклон оси Земли к плоскости эклиптики тоже был постоянным.

Можно утверждать, что в геологии для измерения длительности и времени протекания геологических процессов используется астрономическое время. Это применимо в наибольшей степени для всего фанерозоя, и особенно для кайнозоя. Однако возникает вопрос: каким же образом соотносятся астрономическое, относительное и абсолютное (оно же физическое) время?

В последние годы измерение физического времени производится с ужасающей точностью. Априорно считается, что ныне физическое время сопоставимо с астрономическим. Мы точно знаем длительность современных суток, месяца и года в секундах, измеряемых с помощью атомных часов или часов, в основе которых лежит частота колебаний лазерного луча. Такие часы позволяют заметить отклонение, измеряемое долями секунды за 1000 лет. С их помощью замечено и измерено изменение длительности суток под влиянием, например, ветров, дующих на планете с разных румбов. Наличие таких часов позволяет оценить направленность в изменении длительности суток, месяца, года, если считать твердо установленным постоянство хода самих часов в условиях, когда изменяется интенсивность космического излучения, длительность астрономических единиц времени, возможно изменение гравитационного поля, о чем следует думать в связи со срабатыванием гравитационных систем во время рождения сверхновой звезды в Магеллановом облаке в феврале 1987 г.

В каких же единицах измеряется абсолютное время в геологии? Считается, что в астрономических годах, причем длительность такого года равна его современной длитель-

³ Шостакович В. В. Слоистые иловые отложения и некоторые вопросы геологии // Изв. Геогр. о-ва. 1941. № 3.

пости. Из приведенной выше таблицы видно, что, например, в силурийском периоде год длился 410 сут, а в месяце было 32 дня. Какова была тогда длительность секунды в сопоставлении с измеряемой современными методами, мы не знаем. Если же длительность секунды была постоянна, то, определив абсолютный возраст, например, в 500 млн лет, мы не можем утверждать, что за время, истекшее с момента образования этих пород, Земля совершила 500 млн оборотов вокруг Солнца, поскольку у нас нет никаких доказательств того, что число секунд в современном понимании физически измеряемых отрезков времени было постоянным и не зависело от скорости вращения Земли и Солнечной системы.

Другими словами, мы не можем указать однозначно соответствия физического, астрономического и абсолютного времени в прошлом. Именно поэтому представляется чрезвычайно важным введение в обиход «абстрактного» времени в приложении к геологии. Это понятие адекватно философскому пониманию времени. Абстрактный год в приложении к геологическим процессам равен числу секунд, измеряемых физическими методами в современных обсерваториях времени. Тогда абсолютное время будет измеряться отрезками, равными современному астрономическому году физического времени, но в прошлых отдаленных эпохах это равенство существенно сдвигается, нарушается. У нас нет пока данных для суждения о том, изменялась ли длительность суток, месяца, года в абстрактном времени, и вряд ли такие сведения скоро появятся, поскольку у нас нет арбитражного эталона для суждения о постоянстве хода любых самых несовершеннейших хронометров.

Следует подчеркнуть мысль Б. С. Соколова⁴ о важности исследования времени и длительности протекания процессов, и в этом отношении геология как наука получает особое значение. «Геологические феномены — это единственные конкретные и массовые носители информации о времени, проявляющиеся повсеместно и постоянно, поскольку каждая песчинка, каждый минерал, каждая окаменелость несут информацию о времени своего зарождения. Другое дело, что мы не всегда можем понять, выявить эту информацию. Но о неравномерности его хода, об абстрактном и относительном времени мы можем судить, только исследуя геологические объекты». В философском понимании времени, по-

⁴ Соколов Б. С. Органический мир Земли на пути к фанерозойской дифференциации // 250 лет АН СССР. Докл. и материалы юбил. торжеств. М., 1977. С. 423—444.

стоянстве или непостоянстве его хода геологические методы наравне с данными астрономии могут внести ясность. Так что «геологизация» многих наук, в том числе и философии, сглановится все более и более осознаваемым фактом.

ПРОБЛЕМА ГРАНИЦ СТРАТИГРАФИЧЕСКИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

В. И. КРАСНОВ, канд. геол.-минер. наук

Проблема границ стратиграфических подразделений — одна из ключевых в теории и практике геологии. От ее решения во многом зависит успех мелко- и среднемасштабного геологического картирования, а ныне, когда широко разворачиваются исследования по составлению государственной геологической карты крупного масштаба, она приобретает еще большее значение. Именно поэтому эта проблема всегда в центре внимания.

В суждениях о стратиграфических границах важное значение приобретают процессы их формирования, прямо связанные с эволюцией органического мира и с интенсивностью тектонического развития бассейнов осадконакопления. Необходимо выяснить, в результате каких процессов формируются планетарные и региональные (местные) границы, какие факторы оказывают на это формирование наибольшее влияние.

По-видимому, планетарные стратиграфические подразделения имел в виду А. П. Карпинский, когда говорил, что «... в интересах науки не следовало бы включать промежуточные осадки, по своему палеонтологическому характеру столь же принадлежащие к одной системе, как и к другой, непременно в какую-нибудь из них, а просто означать именем переходных между данными системами»¹. Философский смысл этого положения подчеркнул Б. М. Кедров: «В содержательной классификации главным становится не проведение максимально четких разграничительных линий между различными группами, а раскрытие переходов между ними, обнаружение связующих областей»².

¹ Карпинский А. П. Об аммонейх артинского яруса и о некоторых сходных с ними каменноугольных формах // Собр. соч. М.; Л., 1945. Т. 1. С. 133 (Первая публикация была в 1891).

² Философская энциклопедия. М., 1962. Т. 2. С. 523.

· Это же положение отстаивал Л. Л. Халфин, который представление А. П. Карпинского о промежуточных слоях называл принципом Карпинского и полагал, что «процесс выделения переходных слоев является процессом прогрессивным, процессом совершенствования МСШ, он связан с общим прогрессом развития палеонтологии в геологии»³. Такого же мнения придерживаются и многие другие исследователи.

Итак, реально существует планетарная шкала стратиграфии, признана ее биологическая основа, заключающаяся не только в возможности определения по ископаемым организмам принадлежности геологических образований соответствующим подразделениям шкалы, но и прежде всего в самой сути эволюции органического мира. Это подтверждается и смешанным комплексом ископаемых организмов в переходных слоях, которые, естественно, при всей сложности развития органического мира формируются постепенно. Если это признается большинством специалистов и соответствует основному закону развития органического мира, то между подразделениями планетарной шкалы нет резких границ. Вся практика стратиграфических работ доказывает это.

На протяжении многих десятков лет дискутируется проблема границы между силуром и девоном, докембрием и кембрием, палеогеном и неогеном. В этих дискуссиях представители различных школ ищут способы доказать свою точку зрения, но все они сходятся в одном стремлении изыскать резкую границу там, где этой границы быть не может. Отсюда дискуссии становятся бесконечными. Возникает труднообъяснимое противоречие. С одной стороны, признается эволюционная основа планетарной шкалы с ее переходными подразделениями, а с другой — доказывается важность проведения резких плоских границ между ее подразделениями. Для этой цели привлекается и комплексность подхода, заключающаяся в том, что якобы буквально все группы ископаемых организмов прекращают свою жизнь сразу в одно время. Конечно, мы испытали бы глубокое удовлетворение, если бы буквально все группы ископаемых организмов изменялись на уровне одной плоскости. Но это явление, если и имеет место в природе, то, скорее, носит исключительный характер и возникает лишь при условии резких изменений среды обитания. Это оказывает влияние на эволюцию, но не является глобальным процессом. Следовательно, та комп-

³ Халфин Л. Л. Теоретические вопросы стратиграфии. Новосибирск, 1980. С. 21.

лекность, которую мы хотели бы применить для однозначного проведения плоскостных границ, некорректна.

Научное обоснование этому явлению дал О. Шиндевольф⁴. Он писал, что по комплексу ископаемых организмов провести плоскостные границы невозможно, что развитие групп фауны происходит неодинаково во времени и каждая из них дает свою границу. Это явление получило название ступеней Шиндевольфа.

В последние годы обсуждается проблема естественности и объективности стратиграфических подразделений и их границ, но поскольку для ее решения используется прием договоренности, то объективность в этом случае практически исключается.

Ведь граница силура и девона, установленная в Баррандиене по подошве слоев с *Monograptus uniformis*, объективна лишь по признаку договоренности и нет уверенности, что в других геологических регионах будут обнаружены ее точные аналоги. Действительно граница между силуром и девоном в Горном Алтае является весьма условной. Там нет слоев с *Monograptus uniformis*, не обнаружены они и во многих других районах. В этом случае граница проводится с использованием других признаков. Выявляется лишь подобие аналогов этой границы.

Итак, основные критерии, используемые в целях проведения границ планетарной шкалы стратиграфии, сводятся к этапности в развитии организмов, комплексности в их изучении, выявлению новых таксонов и архистратиграфических групп, к удобству, приоритету и договоренности. Первые три критерия, безусловно, являются прямым результатом целеустремленных научных исследований, что касается удобства, приоритета и договоренности, то к ним мы чаще всего обращаемся в тех тяжелых случаях, когда недостает научного обоснования решения проблемы.

Важно подчеркнуть, что стратиграфические границы, проводимые по изменениям в составе ископаемых организмов, есть прямой результат степени различия между старым и новым качеством, зависящим от количественных изменений в рассматриваемом объекте⁵. Эти изменения являются постепенными, поэтому формируются нечеткие границы.

Появление новых организмов говорит и о новых условиях среды их обитания, которые зарождаются в недрах старых условий, где еще преобладают организмы, привыкшие к этим

⁴ Шиндевольф О. Стратиграфия и стратотип. М., 1975.

⁵ См.: Большая Советская Энциклопедия. 3-е изд. М., 1975. Т. 19. С. 1197.

условиям, и только позднее возникают условия для развития качественно новых организмов. «Где есть расцвет, движение, там всегда есть переходы одного в другое, исключаящие резкие границы»⁶. Это полностью согласуется с другим положением диалектического материализма, выражающимся «в единстве поступательности, прогрессивности и преемственности в развитии, возникновении нового и относительной повторяемости некоторых элементов, существовавших прежде»⁷, и тесно связано с учением о скачкообразности. «В процессе развития можно выделить два основных вида скачков: скачок как «точечное» во времени изменение, т. е. резкий переход от одного качества к другому, и скачок как некоторый процесс определенной длительности. Скачок может длиться миллиардную долю секунды в микропроцессах, миллиарды лет — в космических процессах...»⁸ Очевидно, что для скачков короткой длительности характерны резко выраженные границы, для скачков, в которых смена старого новым происходит медленно, они не столь четки. Важно определить, каким процессам природы отвечают резкие и нерезкие границы.

Таким образом, рассматривая проблему границ планетарной шкалы стратиграфии с позиций развития земной коры, мы неизбежно приходим к заключению о постепенном изменении органического мира во времени от проблематичных и примитивных групп в протерозое до человека в современную эпоху. Именно на этой основе разработана планетарная шкала стратиграфии, в которой резкие границы проведены лишь условно с целью показать наиболее общие различия соседних стратиграфических подразделений. При конкретном исследовании пограничных слоев мы часто сталкиваемся с проблемой, как провести такие границы, и всякий раз при отсутствии убедительных научных аргументов призываем на помощь различные «принципы» — договоренности, приоритета, удобства, которые хотя и используются в науке, но не вытекают из самих процессов научных исследований. Это лишь способы и приемы, оказывающие помощь там, где сегодня трудно найти другой выход. В связи с появлением новых фактов обычно возникают сомнения в правильности

⁶ Кедров Б. М. Оперирование научными понятиями в диалектической и формальной логике // Диалектика и логика. М., 1962. С. 116.

⁷ Большая Советская Энциклопедия. 3-е изд. М., 1972. Т. 8. С. 234.

⁸ Там же. М., 1975. Т. 19. С. 1198.

приятых согласованных действий, что вынуждает возвращаться к необходимости решать проблему заново.

В рассуждениях о границах планетарной шкалы стратиграфии мы чаще всего имеем в виду их условность и нередко включаем в орбиту исследований объемы целых зон и ярусов, и здесь нам еще трудно отказаться от тех глубоких традиций, которые связаны с представлением об абсолютной исключительности и удобстве резких границ. Это удерживает нас от приятия в какой-то степени уже осознанных решений, соответствующих методологии диалектического материализма. Очевидно, многие из нас опасаются, что в ранге ярусов, отделов и систем придется принимать новые подразделения со смешанным комплексом ископаемых организмов, и тогда планетарная шкала будет значительно расширена за счет таких подразделений, но в этом нет никакой необходимости.

Усовершенствование шкалы заключается вовсе не в этом. Оно состоит в признании существования переходных слоев и отражении их на геологических картах.

Иногда приходится слышать, что они неудобны для геологических карт. Так ли это? Ведь в практике геологического картирования часты случаи, когда специалисты дают двойные возрастные индексы. Такие индексы свидетельствуют о несостоятельности решить проблему возраста отложений однозначно. Почему бы не признать целесообразность двойной индексации и для пограничных образований со смешанным комплексом ископаемых организмов? Ведь этим самым мы зафиксировали бы лишь положение, созданное самой природой, отразили бы постепенные, поступательные изменения в органическом мире.

Другая сложность проблемы планетарных стратиграфических границ заключается в чрезвычайно малом количестве доказанных фактов на уровне отдельных видов, родов и семейств, позволяющих от признака к признаку проследить постепенность изменений. Проблемы эволюции в геологической истории органического мира еще очень далеки от разрешения и, несомненно, относятся к категории фундаментальных. Они требуют новых углубленных научных исследований.

Здесь самое время обратиться к идеям Ж. Кювье, которому в свое время ставили в вину учение «о божьем творческом акте». На самом же деле Ж. Кювье никогда не связывал исчезновение фауны с творением бога. Он писал «В конце концов, когда я утверждаю, что каменные пласты содержат кости многих родов, а рыхлые слои кости многих видов, ко-

торые теперь не существуют, я не говорю, что нужно было новое творение для воспроизведения ныне существующих видов, я говорю только, что они не существовали в тех местах, где мы их видим теперь, и что они должны были прийти из других мест»⁹. Отсюда стремление Ж. Кювье выявить зависимость жизнеобитания организмов от условий среды. Говоря о катастрофах, он имел в виду этапы развития и гибели фауны. «...Ископаемые животные свидетельствуют о том, что были *последовательные эпохи* (курсив наш. — В.К.) в истории Земли, различающиеся по своей фауне»¹⁰.

Какое же отношение катастрофы имеют к проблеме стратиграфических границ? К границам планетарной шкалы стратиграфии, по существу, никакого, к границам местных стратиграфических подразделений — самое непосредственное. Именно в геологических регионах устанавливаются различия по изменению вещественного состава геологических тел, и поэтому границы определяются четко, нередко они подчеркиваются перерывами. Однако и здесь известны примеры постепенной смены одних пород другими, зависящей от многих причин и, в первую очередь, от тектонической активности региона.

Когда мы говорим о катастрофах и перерывах в осадконакоплении, то переходим в область региональной и местной стратиграфии, связанной с конкретными литостратиграфическими подразделениями с резкими границами. В историческом плане они отражают события различной интенсивности. Перерывы, связанные с катастрофами, могут соответствовать значительному отрезку геологической истории — от века до эпохи и более.

Неверно думать, что процессы формирования геологических тел с резкими и даже диахронными границами связаны только с катастрофами. Такие границы характерны для активного режима тектонического развития структуры, но есть примеры образования резких границ и при медленных подъемах отдельных участков земной коры, когда нет условий для накопления, скажем, эффузивных или осадочных образований. Такие условия могли иметь место в течение целых эпох и периодов. Например, в прибортовых частях Минусинского и Тувинского прогибов на эффузивах нижнего девона во многих районах не формировались даже современные отложения и мы наблюдаем резкую границу, очевидно не имеющую отношения к катастрофам, но в том же Ми-

⁹ Цит. по: Канаев И. И. Журж Кювье. Л., 1976.

¹⁰ Там же. С. 109.

нусинском прогибе наблюдаются и переходные слои практически между всеми подразделениями среднего и верхнего девона. Исчезнувшая солоновато-водная и пресноводная фауна времени накопления осадков илморовской свиты сменилась фауной мелководного моря времени осадконакопления бейской свиты. С позиций резких изменений состава ископаемых организмов это — катастрофа, но между отложениями илморовской и бейской свит содержится переходная пачка до 56 м. Здесь имеют место резкие изменения в составе фауны, но не ощущаются резкие изменения вещественного состава. В этом явлении можно усмотреть некоторое сходство с природой границ планетарной шкалы стратиграфии и региональными стратиграфическими подразделениями биологического обоснования, но на этом сходство их заканчивается. Если постепенные переходы около границ биологического обоснования связаны с медленными пассивными изменениями в составе организмов, то постепенные переходы литостратиграфических подразделений зависят прежде всего от пассивного изменения вещественного состава и в своей основе имеют тектоническую природу. В этом случае на геологических картах, особенно крупных масштабов, следовало бы выделять переходные пачки, сохраняющие в себе признаки вмещающих осадков.

Схема классификации границ стратиграфических подразделений приведена в таблице. Она не претендует на всеобъемлющее освещение проблемы, но отражает различия между природой границ планетарных и региональных (местных) подразделений и указывает на важность учета режима тектонического развития.

Рассуждения о границах тесно связаны с их определениями¹¹, но они, с моей точки зрения, малосодержательны и основаны на тех же приемах соглашений и договоренностей. «Стабильное понимание объемов стратиграфических подразделений и положение их границ должно основываться на соглашениях»¹², «идентификация зоны и ее границ является, по существу, вопросом интерпретации принятой точки зрения»¹³; «границы зоны распространения таксона постоянно подвержены изменениям в связи с новыми открытиями»¹⁴, «стратотипы границ систем (и отделов) устанавли-

¹¹ **Международный стратиграфический справочник**. М., 1978; **Стратиграфический кодекс СССР**. Л., 1979; **Геологический словарь**. Т. 1. М., 1973.

¹² **Геологический словарь**. С. 48.

¹³ **Международный стратиграфический справочник**. С. 71.

¹⁴ Там же. С. 74.

Схема классификации границ стратиграфических подразделений

Режим тектонического развития		Класс региональных и местных границ (литологического обоснования)	Класс латеральных границ (фациального обоснования)	Класс планетарных, провинциальных и региональных границ (биологического обоснования)
Платформенный	Пассивный	Неконтрастные границы; переходы между литологическими разностями спокойные; характерно наличие переходных пачек и слоев, содержащих элементы ниже- и вышезалегающих отложений	Неконтрастные	<p>Преимущественно неконтрастные границы, проводимые на основе изменений в составе организмов; они ограничивают пределы:</p> <p>а) распространения комплекса организмов, характеризующего стратиграфическое подразделение;</p> <p>б) распространение таксона;</p> <p>в) расположения комплекса ископаемых организмов, являющихся диагностическими для зоны;</p> <p>г) совместного распространения таксонов в зонах, установленных по иным биологическим характеристикам;</p> <p>д) распространения быстро эволюционирующих таксонов</p>
	Активный	Преимущественно контрастные границы; переходные пачки и слои выражены слабо. Перерывы.	Контрастные	
Орогенный	Пассивный	Преимущественно неконтрастные границы, определяемые условно по исчезновению или появлению пород, свойственных для ниже- или вышезалегающих отложений; характерны переходные пачки	Неконтрастные, контрастные	
	Активный	Границы резкие, контрастные, характерны перерывы и угловые несогласия	Резко контрастные	
Континентальный	Пассивный	Преимущественно контрастные, реже неконтрастные границы. Литологическая смена пород четкая; характерны перерывы		

Геосинкли	Активный	Преимущественно контрастные границы; литологическая смена пород четкая; характерны перерывы и угловые несогласия	Резко контрастные	
Характер разреза, в котором предпочтительнее устанавливать границы	Полифациальный	Монофациальный, полифациальный	Монофациальный (карбонатный)	
Обоснованность границ	Условная, четкая	Условная, четкая	Условная	
Характер границ	Контрастные и неконтрастные, чаще диахронные, особенно в геосинклиналии, а также в орогенном режиме тектонического развития	Только диахронные	Изохронные, преимущественно неконтрастные	
Предпочтительные условия формирования осадков	Разнообразные	Разнообразные	Морские	

ваются путем соглашений геологов разных стран»¹⁵; «...сами стратиграфические подразделения, так и их границы устанавливаются самими исследователями и неизбежно представляют в значительной мере условные понятия»¹⁶; «...проведение плоскостных границ между хроностратиграфическими подразделениями следует проводить согласно *принципу* (курсив наш.— В. К.) международной договоренности»¹⁷.

Все эти комментарии в сущности отражают сложное состояние проблемы стратиграфических границ и приводят к постоянному ощущению неудовлетворенности в кажущемся на сегодня таком единственно правильном решении проблемы. Именно поэтому нам довольно часто приходится возвращаться к ней вновь и вновь, находя выход лишь в компромиссах, договоренностях и удобствах. Конечно, в какой-то мере это связано с малой разрешающей способностью методов, которыми мы располагаем сегодня, и все же ряд достижений в этой области безусловен. Поэтому, когда решается проблема границы, необходимо учитывать природу образования геологических тел и их границ, класс стратиграфической границы, этапность в развитии органического мира, на основе которой разработана планетарная стратиграфическая шкала, биологическую природу границ планетарных стратиграфических подразделений, свойство природы формировать переходные организмы на рубеже планетарных и региональных изменений, тектонический режим формирования геологических тел.

Возможно, все это позволит ближе подойти к определению стратиграфических границ и понизит ценность приемов, мало имеющих отношения к науке. Границы планетарных и региональных стратиграфических подразделений должны иметь биологическое обоснование: границы планетарных и региональных стратиграфических подразделений есть плоскости, ограничивающие внешние пределы вертикального распространения смешанных групп организмов (зоны, ярусы, отделы). Отложения, ограниченные этими плоскостями, должны иметь индекс: K_1^{ap-al} ; $K_1 - K_2$; $P - T$ и т. д.

Границы же региональных и местных стратиграфических подразделений не правомерны без литологического обосно-

¹⁵ Степанов Д. Л., Месежников М. С. Общая стратиграфия. Л., 1979. С. 326.

¹⁶ Степанов Д. Л. Верхний палеозой западного склона Урала. Л., 1951. С. 42. (Научн. тр./ВНИГРИ. Нов. сер.; Вып. 54).

¹⁷ Тесленко Ю. В. Основы стратиграфии осадочных образований. Киев, 1976. С. 54.

вапия, ибо границы региональных и местных стратиграфических подразделений есть плоскости, ограничивающие внешние пределы распространения смешанного комплекса отложений, характерного для вмещающих отложений, сформированных в тектонически пассивных геологических регионах (платформы, орогенные области позднего развития), и плоскости, резко разделяющие геологические тела по вещественному составу в тектонически активных регионах (геосинклинали, орогенные области раннего развития).

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ АСПЕКТ ПРОБЛЕМЫ ЗОНАЛЬНЫХ СТРАТОНОВ (на примере изучения древнейших остракод)

А. В. КАНЫГИНИ, д-р геол.-минер. наук

Понятие зоны является одним из центральных в современной биостратиграфии. Д. Л. Степанов и М. С. Месежников, характеризуя различные аспекты зональной стратиграфии, подчеркивают, что «использование зон основано на необходимости иметь в основании системы стратиграфической иерархии... элементарную стратиграфическую единицу, свободную от субъективных взглядов отдельных авторов, независимую от теоретических представлений. В этом смысле зона является как бы „абсолютным стратоном“, „атомом“ стратиграфии, а стратиграфическая классификация, основанная на зонах, представляется наиболее объективной и универсальной»¹. Однако зоны, как справедливо заметил М. А. Пергамент², это абстрагированные понятия, а действительной материальной основой стратиграфии может быть только реальное геологическое тело (конкретный стратон) со всей заключенной в нем информацией.

Процедуры выделения зон разных типов основаны главным образом на эмпирическом опыте, который по сути не осмыслен пока с позиций эволюции биот и экологической разнотипности составляющих их элементов (конкретных групп фауны или флоры), на которых основаны автономные зональные шкалы. Уже по этой причине зональные стратоны не могут быть свободными от субъективных взглядов и априорно заданных теоретических посылок.

¹ Степанов Д. Л., Месежников М. С. Общая стратиграфия. Л., 1979. С. 361.

² Пергамент М. А. Биостратиграфия и биоцерамы сенона (сантон—мастрихт) тихоокеанских районов СССР. М., 1974.

Пожалуй, наиболее красноречивой иллюстрацией сложности проблем, связанных с зональной стратиграфией, можно считать огромное многообразие самих зон, которых насчитывается уже свыше ста разных типов. К этому надо добавить разнообразие теоретических интерпретаций и еще больший разноречивый в их практическом использовании.

Тем не менее скепсис в отношении зон со стороны наиболее прагматических стратиграфов, усматривающих в нарастающей терминологической инфляции непреодолимый кризис зональной стратиграфии, представляется неоправданным. По-видимому, главными итогами «зонального бума» можно считать существенную активизацию ревизии общей стратиграфической шкалы, усилившийся акцент на региональные аспекты общей стратиграфии, поиски новых подходов к определению стандартов стратиграфических границ, разработку понятия о «корреляционной трансмиссии». Зоны разных видов, выполняя функции типизации палеонтолого-стратиграфических данных, помогли сфокусировать внимание на слабых звеньях традиционных стратиграфических представлений и наметить наиболее перспективные пути совершенствования общих принципов биостратиграфии. Выявились главные трудности применения зональных стратифонов как инструментов корреляции: неустойчивость горизонтальных (хронологических) границ и биостратифоническая дискретность исходных палеонтологических данных, которая предопределена хронологическими особенностями биот разного возраста. Поэтому путем абстрагирования или простых эмпирических обобщений данных по фаунистическим или флористическим ассоциациям, без анализа палеоэкосистем по конкретным бассейнам вряд ли можно осуществить надежду преодолеть основное ограничение зон — их провинциальность и перейти к «мировым зонам».

Вероятно, главная проблема современной биостратиграфии — в недостаточном знании закономерностей эволюции биот и их отдельных элементов (на которые как раз и опирается зональная стратиграфия), особенностей их биоэкономической и биогеографической дифференциации на разных этапах развития в геологическом прошлом. Этот тезис представляется настолько очевидным, что не требует особых доказательств. Однако по сути он не приобрел пока значения реальной методологической основы палеонтолого-стратиграфических исследований из-за трудностей его операционного воплощения.

Для оценки значения эволюционного фактора при обосновании зональных стратифонов особенно эффективными могут

оказаться результаты изучения таксономических групп, имеющих длительную геологическую историю. Одной из таких групп можно считать класс остракод, который по ряду особенностей — широте освоения разнообразных биомических зон в морских и континентальных акваториях, длительности геологического существования, численности и устойчивости оставляемых в геологической летописи следов жизни, высокой экологической валентности, морфологическому разнообразию — является уникальным представителем древнего и современного органического мира. Изложенные ниже результаты — итог многолетних исследований ордовикских остракод Колымо-Сибирской зоогеографической провинции, сопоставления с данными по другим ордовикским палеобассейнам, анализа основных этапов экологической истории остракод — от становления до современности. Это позволило выявить основные черты эволюции сообществ остракод, этапы коренных структурно-биоценологических перестроек, морфологической эволюции и особенностей хорологии, что, в свою очередь, дало возможность по-новому подойти к обоснованию и оценке выделяемых по ним биостратов.

Отсчет геологической истории класса остракод можно начинать с разных геохронологических уровней в зависимости от таксономической интерпретации его филогенетических корней.

Однако независимо от таксономических трактовок ранних этапов эволюции остракод можно уверенно утверждать, что заметную биоценологическую роль в экосистемах геологического прошлого они стали выполнять только с конца раннего — начала среднего ордовика, когда почти мгновенно (в геологическом масштабе времени) заселили шельф. Остракоды в это время принадлежали к числу основных компонентов бентосной фауны. В некогерентных (т. е. с ослабленной экологической конкуренцией) экосистемах раннего — среднего ордовика сообщества остракод отличались упрощенной структурной организацией при высоком уровне таксономической дивергенции и максимальными за всю геологическую историю масштабами расселения в пределах крупных седиментационных бассейнов.

Установлено несколько этапов пространственной экспансии сообществ остракод, отмеченных сменами доминантных групп и экоморфотипов, а также изменениями общего таксономического разнообразия: средний ордовик — монополизация шельфа и возникновение субпелагических форм (начальный этап заселения пелагиали), девон — появление планк-

топных форм, карбон — заселение континентальных водоемов, юра — заселение психросферы. Освоение новых экологических ниш сопровождалось вспышками таксономического полиморфизма, преобладанием инадаптивных форм. Особенно отчетливо это выражено на начальном этапе эволюции остракод — в ордовике.

Эти этапы коррелируются с кардинальными структурно-функциональными перестройками экосистем, выражающимися в появлении новых групп продуцентов и редуцентов, изменениях пространственного распределения ранее возникших таксономических групп и в усложнении трофических связей.

На фоне биоценотической истории остракод отчетливо вырисовываются резкие отличия ордовикских сообществ от более поздних. Они выражаются в максимальном полиморфизме с преобладанием инадаптивных таксонов, исключительно быстрой смене экоморфотипов, глобальном распространении однотипных сообществ в пределах целых бассейнов, в минимальной зависимости от сопутствующих групп фауны, в резко выраженных показателях доминирования в разнообразных морских биотопах, в высокой плотности популяций. Это определяет особое стратиграфическое и биогеографическое значение ордовикских остракод.

Анализ пространственно-временных, таксономических, морфологических и общих эволюционных закономерностей развития сообществ с учетом указанных параметров позволяет сделать следующие выводы.

1. Ранние этапы развития сообществ остракод были резко прерывистыми. Каждый этап характеризовался почти полным таксономическим обновлением на уровне родов и видов и кардинальной перестройкой пространственной структуры сообществ. Начиная с середины среднего ордовика усиливаются тенденции таксономической и структурно-биоценотической унаследованности сообществ.

2. Для начальных этапов характерны исключительно высокая степень полиморфизма популяций и очень резкие морфологические хиатусы между родственными видами и родами. Отдельные морфологические признаки нередко выходят за рамки соответствующей таксономической группы. Каждый из ранних этапов сопровождается созданием нового экоморфотипа бентосных остракод.

3. Другие тенденции наблюдаются в эволюции сообществ субпелагических остракод. Возникнув в начале среднего ордовика, они длительное время сохраняли первоначально установившийся экоморфотип и сравнительно узкие морфо-

логические hiatusы на видовом и родовом уровнях. Эволюционная стабильность этого экоморфотипа легко объяснима с позиций экологической концепции эволюции С. С. Шварца³. Субпелагические остракоды обитали в более гомогенной среде по сравнению с бентосными остракодами и обладали способностью к более широким миграциям, поэтому у них было больше шансов сохраниться в рефугиях. Эти особенности сообществ определяют неадекватность зоохорий разных стратиграфических интервалов и различную протяженность корреляционных уровней, фиксированных представителями разных экоморфотипов.

Высокий уровень таксономической дивергенции ордовикских остракод, сложившийся в условиях беспрепятственного расселения однотипных сообществ по всей шельфовой части палеобассейнов, не согласуется с одним из главных положений синтетической теории эволюции об определяющей роли пространственной изоляции в видообразовании, но полностью отвечает экологической концепции эволюции С. С. Шварца, согласно которой главным фактором эволюционного процесса являются экологические механизмы формообразования (физиологические и популяционные). Суть этой новой концепции можно сформулировать словами: «Вид образуется экологической нишей, а не биотопом», т. е. освоением новой экологической „профессии“, а не изменением местообитания. С этих позиций хорошо объясняются закономерности биономической и географической дифференциации как древних, так и современных остракод.

Изначальная морфологическая гетерогенность таксонов, проявляющаяся в общем высоком уровне полиморфизма и неизбежном доминировании в начале эволюционного процесса специализированных (инадаптивных) форм, является, как это видно на примере остракод, не исключением, а правилом. Поэтому инадаптацию, вопреки традиционным представлениям, приходится рассматривать как необходимый элемент эволюционного процесса.

Принципиальные различия в пространственной дисперсии и эколого-морфологической эволюции древнейших и более поздних сообществ остракод заставляют по-новому подойти к оценке выделяемых по ним разновозрастных зоохорий и хронологических ограничений биостратиграфических границ.

Анализ распространения сообществ остракод, как и других групп фауны, показывает, что географические связи между разными частями этой зоохории были достаточно ши-

³ Шварц С. С. Экологические закономерности эволюции. М.: 1980.

рокими в течение всего ордовикского периода. Они усиливались в трансгрессивные эпохи, когда очень близкие по составу донные и отчасти субпелагические сообщества расселялись по всем однотипным батиметрическим зонам обширной территории. Максимум таких трансгрессий приходится на средний ордовик (лланвири, лландейло). В регрессивные эпохи эти связи резко ослаблялись, что приводило к формированию автохтонных сообществ. В это время происходило отчетливо разделение провинции на две подпровинции: в трансгрессивные этапы глобальное распространение однотипных сообществ по всему бассейну приводило к резкому сглаживанию этих различий, которые выражались только в особенностях популяционно-биоценотической организации сообществ.

Бентосные сообщества имеют автохтонное происхождение. Большинство таксонов видового, родового и семейственного ранга, составляющих доминантные ядра сообществ, не известно за пределами Сибирской зоогеографической провинции. Морфологическое сходство одновозрастных экоморфотипов разных провинций объясняется явлениями гомеоморфии в параллельно развивающихся филогенетических линиях.

Субпелагические остракоды имеют более глобальное распространение, почти все они принадлежат к космополитным родам. Географическая дифференциация субпелагических сообществ по отдельным бассейнам выражена только на видовом уровне. В трансгрессивные эпохи происходит обмен с другими бассейнами, поэтому они характеризуются общим для всех бассейнов экоморфотипом. По сравнению с экоморфотипами бентосных остракод он имеет наибольшую эволюционную стабильность. По комплексам субпелагических видов устанавливаются зоогеографические связи с Балто-Скандинавской провинцией, которые особенно отчетливо выражены в максимуме трансгрессии ордовикских морей.

Остракодные зоны названы в соответствии с общепринятой практикой по видам-индексам. Фактически каждый вид-индекс является лишь доминирующей частью сообщества, который не исчерпывает, а только олицетворяет биологический смысл и хронологический интервал биозоны.

Наиболее четко коррелируемыми границами являются основания биозон. Это связано с тем, что темпы адаптивной радиации в некогерентных системах принципиально отличаются от когерентных. Развитие новых таксонов почти начинается с максимума таксономической дивергенции. Угасание сообществ происходит путем последовательной элимина-

ции отдельных элементов. Доминанты обычно имеют максимальную продолжительность существования.

Одновозрастные экоморфотипы остракод в разных бассейнах развиваются по типу ортогенеза, т. е. в параллельных ветвях развиваются морфологически сходные структуры (гомеоморфия). Это может служить основой для межрегиональной корреляции по экоморфотипам (по типу викарирующих видов).

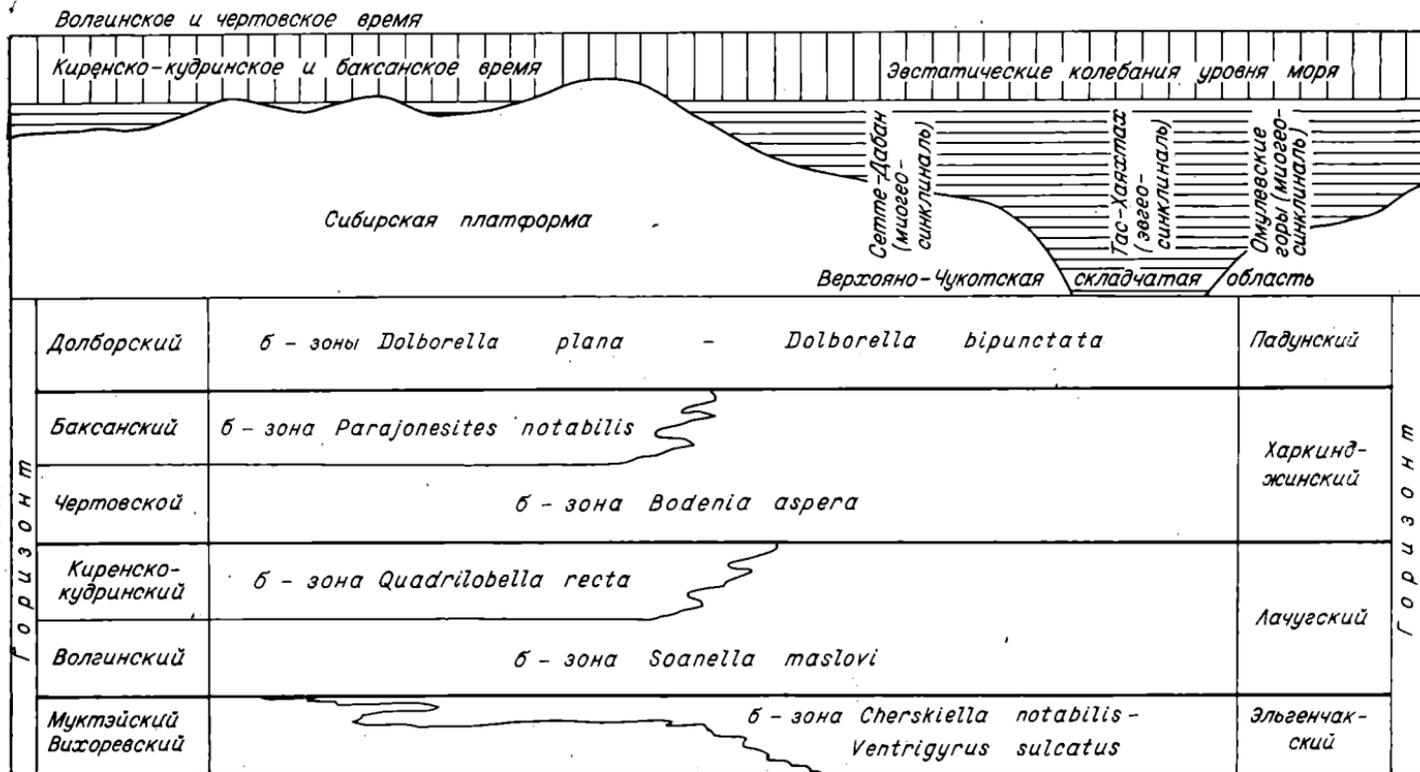
Особенности биономической и зоогеографической дифференциации сообществ остракод на разных этапах развития бассейнов и их биот были различными. На обобщенной пространственно-временной модели (см. рисунок) видно, что биозоны бентосных (б-зоны) и биозоны субпелагических (п-зоны) остракод имеют разные контуры, совпадая только в центральных частях ареалов, т. е. в наиболее стабильных биономических зонах.

Бентосные сообщества пространственно распределены в бассейне более равномерно. Смена трансгрессивных фаз регрессивными в эпиконтинентальной части бассейна имела катастрофические последствия для бентосных сообществ, приведшие к почти полной смене таксонов. В миогеосинклинальных зонах продолжали существовать те же сообщества, но в них постепенно происходила структурная перестройка. Поэтому хронологические диапазоны остракодовых биозон в разных частях бассейна различны.

Субпелагические остракоды, занимающие в пределах бассейна меньшее жизненное пространство по сравнению с бентосными (в пространственно-временном измерении), в моменты максимальной трансгрессии благодаря повышенной вагильности резко расширяли свои ареалы, проникая и в смежные бассейны. Поэтому б-зоны имеют наибольшую корреляционную ценность для внутрорегиональной корреляции, а п-зоны — для межрегиональной.

Таким образом, биоценотическая роль и пространственное распределение сообществ остракод были неадекватными в разновозрастных экосистемах. Эволюционные смены доминантных групп и экоморфотипов на начальном этапе развития (в ордовике) отличались максимальными темпами и фиксируются наиболее резкими фенотипическими преобразованиями (преобладание инадаптивных таксонов). Это определяет специфику остракодовых зон ордовика.

Зоны остракод, отражающие пространственно-временные параметры распределения сообществ по доминирующим видам, имеют разный хронологический диапазон в разнородных биономических зонах палеобассейнов, различающиеся



Пространственно-временная модель остракодовых зон Колымско-Сибирской биогеографической провинции

темпами эволюции. Выделено два типа зон: б-зоны (по бентосным остракодам), представленные многочисленными видами, обычно с очень высокой популяционной плотностью и максимальными диапазонами расселения в пределах палеобассейна, являются главным инструментом внутрорегиональной корреляции; п-зоны (по субпелагическим остракодам), уступающие по количеству ассоциирующих видов и общей численности популяций б-зонам, но представленные более вагильными видами, могут быть использованы для определения реперных уровней межрегиональной корреляции.

ПАЛЕОБИОГЕОГРАФИЯ И БИОСТРАТИГРАФИЯ: ВЗАИМОСВЯЗИ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗВИТИЯ

В. Н. ДУБАТОЛОВ, д-р геол.-минер. наук

Современная палеобиогеография — развивающаяся наука, тесно связанная с геологией, главным образом со стратиграфией, а также палеонтологией и географией. Теоретической базой ее являются биогеография — наука о закономерностях географического распространения современных животных и растений и палеонтология. Однако палеобиогеографии присущи свои специфические задачи — изучение биогеографии отдельных этапов развития жизни на Земле, изменение ее в геологическом времени.

Несмотря на крупные достижения современной палеобиогеографии, создание оригинальных палеобиогеографических конструкций для различных периодов фанерозоя, в этой науке остается немало нерешенных вопросов и проблем. Наиболее актуальными и сложными из них, как представляется автору, является познание взаимосвязи палеобиогеографии и стратиграфии и в первую очередь значение палеобиогеографического районирования для стратиграфии. Это обусловлено общностью объекта изучения сложной существующей в природе системы биос — осадок, отражающей взаимосвязь живых организмов с косной средой.

Исследования по биостратиграфии основываются на изучении особенностей послойно описанных разрезов и анализе пространственно-временного распространения организмов в геологическом прошлом. Сложность в изучении разрезов вызвана тем, что первичная слоистая последовательность

под влиянием тектонических процессов разделена на фрагменты¹ — отдельные блоки. Чтобы восстановить первичную естественную слоистость, стратиграфу и палеобиогеографу необходимо владеть всеми методическими приемами стратиграфического и биогеографического исследований.

Взаимосвязь между отдельными элементами системы биос — осадок изменялась как по латерали, т. е. в пространстве, так и по вертикали, т. е. во времени, так как в геологическом времени и органический мир, и осадконакопление непрерывно изменялись, развивались. Следовательно, эволюционировала система биос — осадок.

Сложные и многообразные палеобиогеографические явления реконструируются по осадкам, образующим серии геологических тел. Они создавали различные сложные сочетания из стратонов — сложных геологических тел. Различаются литологические стратоны — тела со скользящими границами: свиты, толщи, серии, формации. Скольжение границ обусловлено фациальной обстановкой, существовавшей в палеобассейне в процессе осадконакопления, оно фиксировало особенности осадконакопления и условий существования организмов. Однако для палеобиогеографии наибольшее значение имеют биостратиграфические стратоны, поэтому в настоящей работе внимание сосредоточено на последних. К ним также применимо понятие «геологическое тело»². Биостратоны, как и литологические стратоны, представляют собою объемные тела и могут совпадать с литологическими стратонами, если палеобассейн заселяли организмы стенофациальные, однако обычно они секут литостратоны и имеют горизонтальные или приближающиеся к горизонтальным границы.

Биостратиграфические подразделения тесно связаны в первую очередь с такой биогеографической единицей, например, как *ареал*, представляющий собой акваторию (или территорию), на которой был распространен представитель вида, рода или другого таксона. Ареал изменялся, расширялся или уменьшался в геологическом времени в зависимости от условий существования в палеобассейне. Ареал и его изменение «записаны» природой в геологическом теле, сформировавшемся во времени и в палеобассейне, где существовал

¹ Соколов Б. С. Палеонтологические подходы к геологической истории древних бассейнов // Палеонтология и реконструкции геологической истории палеобассейнов. Л., 1987. С. 5—14.

² Соловьев В. А. Принципы классификации геологических тел // Методология геологических исследований. Новосибирск, 1985. С. 235—241.

Корреляция фаз развития ареалов вида, рода или другого таксона и палеобиохорий

Фаза развития ареала вида, рода или другого таксона в геологическом времени	Название стадии развития таксона	Акватория, соответствующая ареалу вида, рода
Четвертая заключительная	Реликтоэндемик	Участок или несколько участков в палеобиогеографической провинции
Третья	Полипровинциал	Несколько палеобиогеографических провинций или областей
Вторая	Полирегионал	Несколько районов в палеобиогеографической провинции
Первоначальная	Неоэндемик	Участок или район в палеобиогеографической провинции

представитель рассматриваемого таксона. Таким образом, палеобиогеограф имеет дело с трехмерным геологическим телом, в котором зафиксированы не только ареал, но и любая другая палеобиохория.

Ареал вида, рода или другого таксона в геологическом времени проходил ряд фаз³. Рассмотрим корреляцию их в геологическом времени в связи с изменением акватории, занятой ареалом (табл. 1).

Виды или роды первоначальной фазы называются *неоэндемиками*. Они после появления, не получив еще широкого распространения, имеют небольшой ареал.

Вторая фаза развития вида или рода совпадает с расширением ареала на соседние районы, иногда принадлежащие нескольким районам сопредельных провинций. Такие виды и роды называются *полирегионалами*.

Третья фаза развития вида или рода характеризуется максимально широким ареалом, распространяющимся на акватории нескольких соседних провинций, иногда расширяющимся на биогеографическую область. Виды и роды этой фазы называются *полипровинциалами*. Примерами таких видов среди табулят, достигших третьей фазы, являются *Favosites goldfussi* Ord., *Thamnopora cervicornis* (Blainv.), *Pachyfavosites polymorphus* (Golgf.) и многие другие, долго живущие и широко распространенные таксоны.

³ Спасский Н. Я. Пути распространения девонских четырехлучевых кораллов // Зап. Ленингр. горного ин-та. 1967. Т. 52, вып. 2. С. 51—68; Дубатов В. Н., Спасский Н. Я. О принципах биогеографического районирования // Среда и жизнь в географическом прошлом. Поздний докембрий и палеозой Сибири. Новосибирск, 1973. С. 11—18.

В дальнейшем развитии наступает четвертая фаза, когда вид или род сохраняется на остаточных, часто расчлененных и удаленных от первичного ареала остаточных акваториях, т. е. становится опять эндемиком. Такие виды и роды называются *реликтоэндемиками*. Ареалы их иногда были разорванными.

Исследование пространственно-временных отношений показывает, что различные виды, роды и представители других таксонов не всегда проходят эти четыре фазы развития. Могут выпадать вторая или третья фазы, а иногда развитие вида или рода завершается на первой, когда таксоны остаются неэндемиками, например роды *Neoroemeria* Rad., *Aulostegites* Lejen et Pel, виды *Squameofavosites eximius* J. Dubat., *Thamnopora polytre mata* Dubat., *Tyrganolites eugeni* Tchern., *Natalophyllum geveticum* Rad. и др.

Закономерности развития в пространстве и времени представителей населения древних бассейнов запечатлены в геологической летописи и отражены в стратонах. Таким образом, биогеография и биостратиграфия не только дополняют одна другую, но и в процессе познания контролируют друг друга. Поэтому нам представляется ошибочным мнение, что палеобиографические реконструкции должны разрабатываться только после того, как создана детальная стратиграфическая основа. На каждом этапе познания все более детально разработанная стратиграфия позволяет создавать палеобиогеографические реконструкции для более узких временных интервалов и с наибольшей точностью и детальностью, а биостратиграфия будет постоянно детализироваться по мере получения новых данных по палеобиогеографии.

Современное районирование по бентосным организмам проводится для шельфовых и глубоководных зон раздельно. В настоящей статье рассматриваются шельфовые среднепалеозойские моря, так как объектом моих исследований являются кораллы, которые обитали преимущественно в шельфовой зоне палеобассейнов. Географию населения в палеобассейнах формировали биотические и абиотические факторы. Поэтому при составлении палеобиографических реконструкций необходимо учитывать следующие обстоятельства.

1. Таксономическое разнообразие населения в различных палеобассейнах было различным. В природе существует известная закономерность: тропические палеобассейны характеризовались наибольшим таксономическим разнообразием населения, бореальные и нательные палеобассейны были заселены однообразной в таксономическом отношении фауной

и флорой, арктические и антарктические характеризовались очень бедным таксономическим разнообразием населения⁴. Таким образом, таксономическое разнообразие населения палеобассейнов следует использовать как при палеобиогеографическом районировании, так и для установления климатических поясов.

2. Количество представителей разных таксонов в тропических палеобассейнах, так же как и в современных, было велико. Наибольшее количество экземпляров каждого таксона характерно для бореальных и патальных бассейнов. В арктических и антарктических палеобассейнах и таксономическое разнообразие, и количество экземпляров каждого таксона незначительно.

3. Палеобассейны заселяли представители отдельных таксонов, находящиеся на разных фазах развития, т. е. в каждом палеобассейне жили представители всех четырех фаз — неозндемики, полирегионалы, полипровинциалы и реликтоэндемики. Соотношение их является характерной особенностью палеобассейна. Присутствие значительного количества неозндемиков и реликтоэндемиков свидетельствует о географической дифференциации, т. е. о существовании в акваториях Земли на определенном отрезке времени значительного количества провинций и других биохорий среднего и небольшого ранга. Наоборот, распространение в палеобассейнах большого количества полипровинциалов свидетельствовало о слабой географической дифференциации фауны, о ее географической интеграции, о слиянии, объединении провинций. Таким образом, анализ эндемичности населения палеобассейнов дает материалы для палеобиогеографического районирования, для создания биогеогеографических моделей акваторий геологического прошлого.

4. В большой степени определяли состав населения в палеобассейнах пищевые ресурсы и связанные с ними трофические взаимоотношения организмов. Однако этот биотический критерий используется палеобиогеографами редко ввиду слабой изученности распространения в палеобассейнах планктона, находящегося на низших уровнях трофических взаимоотношений в экосистемах геологического прошлого.

5. Абиотические особенности экологии (соленость, гидродинамика, освещенность, чистота воды, характер грунта и др.) обуславливали географическое распространение различных фаун и флор. Однако эти факторы имеют большое значение при детальном палеобиогеографическом реконструк-

⁴ Бобринский Н. А. География животных. М., 1972. С. 3—382.

циях единых палеобассейнов. Они обуславливали формирование относительно малых биохорий, и их необходимо учитывать при выделении палеобиогеографических районов или субпровинций. Из абиотических факторов наиболее важными для палеобиогеографии представляются глобальные циркуляции вод Мирового океана, которые обуславливали географическое распространение организмов в пелагиали.

Таким образом, изучение глобальных циркуляций в акваториях геологического прошлого имеет большое значение для палеобиогеографии, особенно для районирования пелагиали в палеобассейнах. И наоборот, палеобиогеографические реконструкции позволяют делать выводы о глобальных циркуляциях. Другие особенности гидродинамики в палеобассейнах имели местное значение: они характеризовали фациальную обстановку.

На географическое распределение организмов в палеобассейнах большое влияние оказывали крупные географические барьеры (границы суши и моря, зон шельфовых и глубоководных, цепи островов и т. п.). Они ограничивали крупные палеозоохории: области, провинции.

Таким образом, биотические и абиотические факторы обуславливали формирование различного ранга биохорий в морях и океанах геологического прошлого, а изучение таксономического разнообразия, количества представителей разных таксонов, фаз развития ареалов, абиотических факторов среды обитания и осадконакопления позволяет устанавливать как целостность биохорий, так и их дискретность, т. е. положение их границ.

Рассмотрим биохории различного ранга. Наименьшая биохория — *палеобиогеографический район*, соответствующий участку моря (части провинции), в слоистой последовательности земной коры, т. е. в стратиграфическом аспекте, представляет собою отложения, образующие геологическое тело, сложное комплексом фаций.

Более крупная (и наиболее четкая в палеобиогеографии) биохория — *провинция*, представляющая собою палеобассейн с целостным населением, с сочетанием центров зарождения и этапов вымирания видов и родов. В основу выделения палеобиогеографических провинций следует положить, по мнению автора, степень эндемизма населения, выражающуюся в присутствии в ее акватории родов неэндемиков и реликтоэндемиков, отражающих наличие центров зарождения таксонов или заключительных этапов — вымирания.

Для установления палеобиогеографической области необходимо учитывать таксономический состав не только на уров-

не родов, но и более крупных таксонов: подсемейств, семейств и т. д.

Самой крупной биохорией является *палеобиогеографический пояс*. Для его выделения следует изучать не только таксономический состав, но и учитывать количество представителей таксонов (в первую очередь количество экземпляров каждого вида), населяющих палеобассейн, а также проводить палеоклиматический анализ по палеонтологическим и литологическим критериям, поскольку географические пояса — это и климатические зоохории. Климат и таксономический состав — тесно связанные между собой категории, однако приспособляемость к различным климатическим условиям может быть различной и у представителей близких видов. Поэтому выделение такой крупной зоохории, как палеобиогеографический пояс, не может определяться только систематическим составом населения.

На формирование биохорий разного ранга влияли биотические и абиотические факторы, однако соотношение этих факторов было различным. Так, формирование палеобиогеографического района обусловило видовой состав населения, выраженным в степени эндемизма, а такой крупной зоохории, как пояс, — не только биотическими факторами, но и важным абиотическим фактором — климатом. Например, в раннедевонских морях земного шара в полосе Урал — Алтай — Юго-Западный Китай — юго-восток Австралии, т. е. в Австрало-Азиатской области, в Западной полушарии, а также в Аппалачской провинции было наибольшее таксономическое разнообразие, на основе чего сделан вывод, что эта полоса относится к тропическому поясу⁵. В подтверждение этого вывода говорит и слабо развитая периодичность в росте полипняков кораллов, обусловленная климатической сезонностью. Наоборот, параллельно тропическому поясу располагалась полоса акваторий Северо-Тихоокеанской области, относящихся к умеренному поясу, для кораллового населения которых было характерно относительно бедное таксономическое разнообразие, присутствие большого количества экземпляров каждого вида и часто наблюдаемая периодичность в росте полипняков. Это подтверждают особенности распространения красноцветов, эвапоритов⁶, следы древнего оледенения, холодолюбивых растений в бассейне

⁵ Дубатовол В. Н. Зоогеография девонских морей Евразии. Новосибирск, 1972. С. 5—126.

⁶ Лотце Ф. Распространение эвапоритов в пространстве и времени // Проблемы палеоклиматологии. М., 1968. С. 321—336.

р. Парапа в Южной Америке, на Фолклендских островах.

Целостность всех биохорий, т. е. непрерывность в пределах акватории, определяется четко. А дискретность их различная: чем меньше ранг зоохории, тем резче проявляются границы между ними. Иерархию зоохорий можно рассматривать как систему, представляющую собою динамическое множество элементов (биогеографические районы; провинции, области, пояса), находящиеся между собою в определенных связях. Динамичность их проявляется в изменении очертаний, размеров, структуры населения во времени.

Взаимосвязь палеобиогеографии и стратиграфии заключается в том, что биохории определенных рангов определяют площади и границы корреляционно связанных с ними стратонов. Необходимо осмыслить соотношения, соответствия биостратиграфических и палеобиогеографических единиц, т. е. рассмотреть, какие палеобиогеографические подразделения запечатлены в геологических телах, каким палеозоохориям соответствуют определенные геологические тела, какая существует между ними корреляция. Этот комплекс вопросов изучен еще слабо. Начинать анализ этих связей, по-видимому, следует с наименьших единиц — ареалов и зональных биостратиграфических подразделений. В. П. Макридин и М. С. Месежников в одной из статей отмечали, что корреляция между рангами палеозоохорий и стратонов невозможна⁷. Наоборот, В. В. Меншер и Ю. Б. Гладенков, а также В. Н. Верещагин видят тесную связь между палеобиогеографией и стратиграфией и считают, что пути к детализации стратиграфических шкал лежат в повседневном использовании палеобиогеографии и палеоэкологии⁸. О. В. Юферев полагал, что практической стороной биогеографического районирования является апробация с его помощью биостратиграфических схем⁹. По нашему мнению, биостратиграфические зональные подразделения тесно связаны с палеобиогеографическими подразделениями и корреляция между ними существует.

⁷ Макридин В. П., Месежников М. С. Палеобиогеографическое районирование и его значение для биостратиграфии // Сов. геология. 1987. № 1. С. 59—65.

⁸ Меншер В. В., Гладенков Ю. Б. К детализации стратиграфических схем // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1986. № 11. С. 5—17; Верещагин В. Н. Методы корреляции зональных шкал различных седиментационных бассейнов и биогеографических провинций на примере бассейнов мелового периода // Палеонтология. Стратиграфия. М., 1980. С. 137—146.

⁹ Юферев О. В. Палеобиогеографическое районирование и биостратиграфия. Новосибирск, 1977. С. 5—8.

Корреляция палеобиогеографических биохорий и биостратиграфических подразделений

Палеобиогеографическая биохория	Геологическое тело или серия геологических тел, корреляционно соответствующее палеобиогеографической биохории
Пояс	Серии рядов комплексных зон, пространственно разъединенных (дискретных) различными фаунами и флорами, но объединенных климатическими факторами
Область	Ряды пространственно связанных комплексных зон, разъединенных различными родовыми комплексами
Провинция	Ряд пространственно связанных комплексных зон, объединенных близкими видами и родовыми комплексами
Палеобиогеографический район	Комплексная зона
Ареал (палеоареал)	Биозона

Рассмотрим наиболее употребительные зональные биостратоны, т. е. совокупности горных пород, охарактеризованные органическими остатками (границы биостратонов, как известно, приурочены в разрезах к стратиграфическим уровням смены состава характерных комплексов фауны или флоры). К их числу относятся:

биостратиграфические зоны — совокупность горных пород, содержащих определенный комплекс видов, отличающийся от видовых комплексов, характерных для подстилающих и покрывающих комплексов¹⁰. В сформировавшихся в палеобассейнах комплексах смежных биостратиграфических зон редко имеет место филогенетическая преемственность. Как правило, изменение систематического состава отражает только смену условий существования. Из биостратиграфических зон наиболее употребительными являются биозоны, в которые включаются отложения, образованные в интервале, отвечающем полному стратиграфическому распространению какого-либо вида (или другого таксона) животных или растений. В слоистой структуре изучаемого региона это будет трехмерное геологическое тело, корреляционно соответствующее последовательно надстраиваемым прослоям, содержащим вид-индекс биозоны, т. е. это палеоареалы вид-индексов (табл. 2);

¹⁰ Стратиграфический кодекс СССР. Л., 1979. С. 11—80.

комплексные зоны — содержат отложения, охарактеризованные определенным ископаемым комплексом видов, родов или других таксонов животных и растений. В палеобиогеографической модели, т. е. в реконструкции палеобиогеографического районирования, корреляционно комплексная зона соответствует палеобиогеографическому району;

экозоны включают отложения, в которых комплекс видов (или родов) отражает их прижизненную экологическую ассоциацию — тафономические особенности ориктоценоза. Смена экозон в разрезе обуславливается сменой условий существования в палеобассейне. Это может быть обусловлено появлением или исчезновением каких-либо географических барьеров, изменением климата и другими средне- или крупномасштабными изменениями в палеобассейне. Экозона соответствует части биогеографического района, характеризующейся близкими условиями среды обитания населения палеобассейна, т. е. представляет собой единую фацию или группу близких фаций.

Палеобиогеографической провинции корреляционно будет соответствовать серия комплексных зон, между которыми существуют определенные связи в формировании таксономического состава населения палеобассейна. Эти связи отражают развитие их в единой провинции.

По-видимому, палеобиогеографической области соответствуют ряды, или сумма пространственно связанных между собой соседних групп комплексных зон (корреляционно соответствующих провинциям), объединенных близкими фаунами или флорами, на уровне групп родов и семейств. То есть между таксономическим составом населений, образовавших эту группу комплексных зон, существовали исторические связи при формировании таксономического состава населения.

Палеобиогеографическому поясу корреляционно соответствуют сложные серии рядов пространственно разъединенных комплексных зон, латерально и пространственно дискретных, однако имеющих общие черты в комплексах видов и родов, отражающих климатические связи (табл. 2). Палеобиогеографические пояса, по существу, объединяют акватории, относящиеся к единому климатическому поясу.

Общим стратиграфическим подразделениям — эратеме, системе, отделу, ярусу — соответствуют крупные серии биостратиграфических тел. Корреляционные связи между ними установить значительно труднее, так как они представляют собой слабо связанные или совершенно не связанные группы комплексных зон, образовавшихся в соседних или удаленных

палеобассейнах. Однако связи между ними, по-видимому, существуют, и они требуют дальнейшего специального изучения. В палеонтологическом аспекте их объединяют биоты, характерные для единых этапов эволюции фауны и флоры. Все вышеизложенное позволяет сделать вполне определенный вывод, что между палеобиогеографией и стратиграфией существует диалектическая связь.

Изучение пространственно-временного распространения кораллового населения в девонских морях Евразии выявило интересные биологические события.

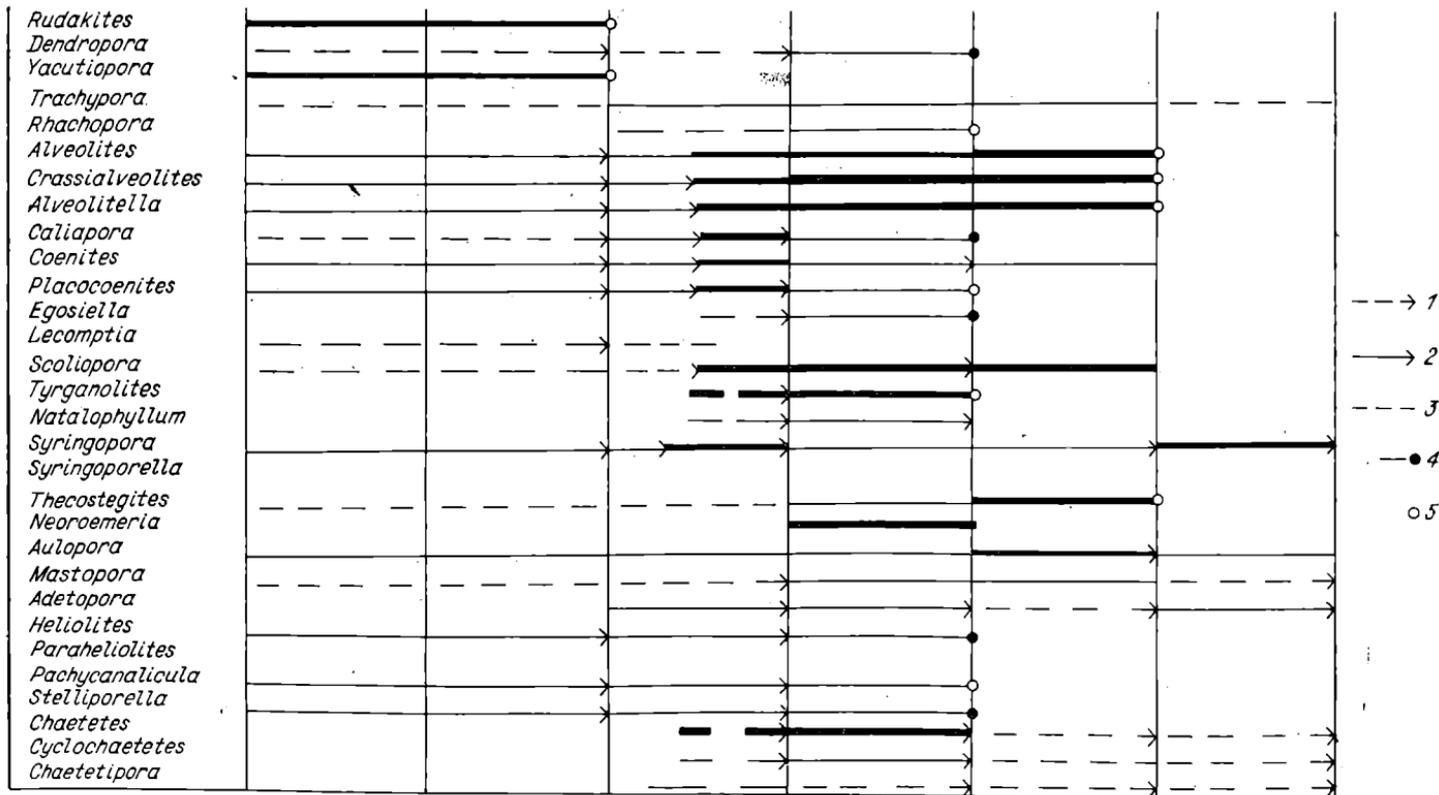
В ходе эволюции населения палеобассейнов девонского периода можно выделить шесть этапов¹¹, каждому из которых присущ тот или другой таксономический состав населения. Кроме того, каждый из этапов характеризуется свойственной ему степенью эндемизма биот. На первом этапе, самом длительном, соответствующем лохковскому и пражскому векам, произошла значительная географическая дифференциация фауны кораллов, обусловившая наивысший в девонский период эндемизм населений в палеобассейнах (см. рисунок, где 1 — время появления рода и первый этап существования; 2 — время существования рода; 3 — предположительное время существования рода; 4 — время исчезновения рода; 5 — предположительное время исчезновения рода).

Для второго этапа, соответствующего эмсскому веку, характерна значительная смена систематического состава населения в палеобассейнах. В это время начал сокращаться эндемизм в составе населений. Однако все 12 палеобиогеографических провинций еще сохранились, хотя связи между ними, обусловившие миграции и обмен видами, стали интенсивнее.

Наивысшего расцвета достигли табуляты на третьем этапе — в эйфельский век. Они стали очень многочисленными и весьма разнообразными. На этом этапе произошла интенсивная интеграция фауны, многие виды и видовые комплексы распространились на обширные акватории. Возникшее однообразие населения, по-видимому, отражает исчезновение существовавших в раннем девоне многочисленных географических барьеров. Однообразие или близость таксономического состава населения в эйфельский век обуслови-

¹¹ Дубатов В. Н. Стратиграфическое и географическое распространение табулят, геолитид и хететид в девоне СССР // Стратиграфический и географический обзор девонских кораллов СССР. М., 1964. С. 4—66.

Род	Д е в о н					
	Н и ж н и й		С р е д н и й		В е р х н и й	
	Ложков-Прагиен	Эмс	Эйфель	Живет	Фран	Фамен
<i>Favosites</i>	—————>		—————>		-----○	
<i>Pachyfavosites</i>	—————>		—————>		-----●	
<i>Oculipora</i>	----->	----->	----->	-----●		
<i>Gephyropora</i>	----->	----->	----->	-----○		
<i>Squameofavosites</i>	—————>		-----○			
<i>Dictiofavosites</i>		-----○				
<i>Emmonsia</i>		—————>	----->		-----	----->
<i>Emmonsella</i>	-----●					
<i>Riphaeolites</i>		-----●				
<i>Echyropora</i>		-----○				
<i>Squamites</i>		-----○				
<i>Xenoemmonsia</i>		-----○				
<i>Pleurodictyum</i>	-----	----->	----->	-----●		
<i>Michelinia</i>						----->
<i>Roemeria</i>			----->	-----		
<i>Pseudoroemeria</i>	-----	-----	-----●			
<i>Roemeripora</i>	----->				-----	----->
<i>Roemerolites</i>			-----			
<i>Armalites</i>		—————>				
<i>Parastriatopora</i>			-----○			
<i>Fomitchevia</i>			-----●			
<i>Thamnopora</i>			—————>		-----○	
<i>Striatopora</i>	----->		----->	----->	-----○	
<i>Cladopora</i>	----->		----->	----->	-----○	



Этапы в развитии фауны табулят в девонский период.

вает сравнительную легкость корреляции стратиграфических разрезов.

Ч е т в е р т ы й этап в развитии морских бентосных фаун соответствует живетскому веку, в течение которого продолжалась интеграция систематического состава населения в палеобассейнах, обусловленная сокращением географических барьеров, приведших к дальнейшему слиянию провинций.

К началу п я т о г о (франского) этапа полностью вымирают геолитиды, многие ценитиды, а такие виды, как, например, *Thamnopora cervicornis* (Blainv.), *Th. polyforata* (Schloth.), *Scoliopora denticulata* (M.-Edw. et H.) и др., становятся полипровинциальными. Интеграция фауны достигает наивысшей в девоне стадии.

Последний ш е с т о й (фаменский) этап в развитии девонских фаун характеризуется исчезновением многих девонских семейств и родов табулят. На этом этапе началось формирование новых фаун, произошла новая географическая дифференциация кораллового населения.

Таким образом, население бентоса шельфов в девонских морях формировалось неравномерно. Интенсивное развитие и резкое преобразование систематического состава населения в шельфовых зонах девонских акваторий произошли дважды: сначала в начале лохковского, затем в фаменский век. В другие века девонского периода наблюдалось относительно медленное развитие систематического состава кораллов. На последующих этапах преобладала преемственность населения. По-видимому, на границах пржидольского и лохковского, а также франского и фаменского веков произошли экологические катастрофы, приведшие к вымиранию многих представителей крупных таксонов. Очевидно, этапность отражает ритмичное развитие организмов.

Эти закономерности свидетельствуют о тесной связи между биостратиграфией и палеобиогеографией и имеют большое значение для детальной стратиграфии, особенно для корреляции разрезов. Наибольшую роль они могут сыграть для межрегиональной и межконтинентальной корреляции одновозрастных отложений.

Предисловие	3
Ч А С Т Ь I	
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ СТАТУС ПРИНЦИПОВ РАЗВИТИЯ И ИСТОРИЗМА В ГЕОЛОГИИ	
Р а з д е л 1	
Методологический статус принципов развития и историзма в геологии	7
<i>Хаин В. Е.</i> , акад. АН СССР. Проблема развития в геологии	—
<i>Ивашевский Л. И.</i> , д-р филос. наук. Методологические принципы в геологии и их место в системе научного знания	21
<i>Зубков И. Ф.</i> , д-р филос. наук. О двух концепциях развития в геологии	28
<i>Елисеев Э. Н.</i> , канд. геол.-минер. наук. Наиболее общие законы естествознания — теоретическая основа идеи развития в геологии	34
<i>Рыжик В. И.</i> Принцип развития в геологических исследованиях	43
<i>Мороз С. А.</i> , д-р геол.-минер. наук, <i>Онопrienko В. Н.</i> , д-р филос. наук, <i>Кравчук А. А.</i> Историзм в формировании картины геологической реальности	50
<i>Черникова И. В.</i> , канд. филос. наук. О развитии историзма в геоло- логии	59
Р а з д е л 2	
Формы реализации принципов развития и историзма в геологических исследованиях	68
<i>Рундквист Д. В.</i> , чл.-кор. АН СССР. Две категории законов в геологии и фактор времени	—
<i>Кузнецов Г. А.</i> , д-р геол.-минер. наук. Фактор времени в геоло- гических процессах	74
<i>Вески Р. Э.</i> , канд. техн. наук. О развитии Земли	81
<i>Ясаманов Н. А.</i> , д-р геол.-минер. наук. Катастрофизм или эволю- ционизм: проблемы и суждения	88
<i>Соловьев Ю. Я.</i> Значение историзма в становлении теоретических основ палеогеографии	98

<i>Малашова Н. Г.</i> , канд. геол.-минер. наук. Принципы историзма в современных взглядах на орогенез	106
<i>Павлов А. Н.</i> , д-р геол.-минер. наук. Квантовые принципы развития Земли — новая парадигма геологии	115
<i>Лузин В. Ф.</i> , канд. геол.-минер. наук. Информационно-энтропийный критерий развития в геологии	123
<i>Николаева И. В.</i> , д-р геол.-минер. наук, <i>Яровикова Р. Т.</i> , канд. филос. наук. Методологические проблемы в познании эволюции седиментогенеза	131
<i>Назаров И. В.</i> , д-р филос. наук. История развития стиля научного мышления в геологических исследованиях	137
<i>Мезенцев Б. А.</i> Проблема реализации принципа развития в ценностно-нормативном содержании геологии	147
<i>Трифонов Г. Ф.</i> , канд. геол.-минер. наук. Научные открытия и периодизация истории геологии	154
<i>Киркинский В. А.</i> , д-р геол.-минер. наук. О специфике научных революций в геологии	162
<i>Чиликин В. А.</i> К методологии палеогеографии	169

Ч А С Т Ь II

РАЗВИТИЕ ЖИЗНИ НА ЗЕМЛЕ

Р а з д е л 1

Развитие жизни на земле и геология	175
<i>Круть И. В.</i> , д-р геол.-минер. наук. Чарльз Лайель как эволюционист и эколог	—
<i>Казанский Ю. И.</i> , д-р геол.-минер. наук. О роли абиотических факторов в развитии органического мира	184
<i>Ивановский А. В.</i> , д-р геол.-минер. наук. «Катастрофы» в истории Земли и эволюция кораллов	189
<i>Журавлева И. Т.</i> , д-р геол.-минер. наук, <i>Мяжкова Е. И.</i> , канд. геол.-минер. наук. Низшие многоклеточные в системе органического мира	198
<i>Репина Л. Н.</i> , д-р геол.-минер. наук. Эволюция сообществ трилобитов в раннекембрийских бассейнах	206
<i>Талимаа В. Н.</i> , д-р геол.-минер. наук. Ранние этапы эволюции позвоночных и проблемы стратиграфии разнофацальных отложений	212
<i>Бетехтина О. А.</i> , д-р геол.-минер. наук. Аспекты эволюции и практика стратиграфии (на примере неморских двустворок позднего палеозоя)	220
<i>Дмитриев А. Н.</i> , д-р геол.-минер. наук. Участие необратимо направленных процессов в становлении и развитии жизни	226
<i>Борисенко Ю. А.</i> , канд. геол.-минер. наук. Эволюция карбонатной биоминерализации и система двустворчатых моллюсков	236
<i>Архипенко Д. К.</i> , д-р физ.-мат. наук, <i>Гончар А. М.</i> , канд. мед. наук, <i>Григорьева Т. Н.</i> , канд. физ.-мат. наук, <i>Толмачев В. Е.</i> Возможности структурной кристаллографии в изучении костно-минеральной ткани зубов человека	245
<i>Вышемирский В. С.</i> , д-р геол.-минер. наук. Развитие жизни и формирование горючих ископаемых	252
<i>Клесмент И. Р.</i> , д-р хим. наук, <i>Бондарь Е. Б.</i> , д-р хим. наук. Биогеохимические аспекты эволюции сапропелитов по данным молекулярной палеонтологии	259

Методологические проблемы стратиграфии	268
<i>Симаков К. В.</i> , д-р геол.-минер. наук. Геологическое время и глобальные события	—
<i>Гурари Ф. Г.</i> , д-р геол.-минер. наук. Актуальные проблемы теории и практики в стратиграфии	281
<i>Николаева И. В.</i> , д-р геол.-минер. наук. Методологические основы совершенствования изотопно-геохронологических исследований	292
Кренделев Ф. П. , чл.-кор. АН СССР. Абсолютная геохронология, астрономические циклы и относительное время	299
<i>Краснов В. И.</i> , канд. геол.-минер. наук. Проблема границ стратиграфических подразделений	305
<i>Каньгин А. В.</i> , д-р геол.-минер. наук. Эволюционный аспект проблемы зональных стратонов (на примере изучения древнейших остракод)	315
<i>Дубатовов В. Н.</i> , д-р геол.-минер. наук. Палеобιοгеография и биостратиграфия: взаимосвязи и закономерности развития	323

Научное издание

**ПРИНЦИП РАЗВИТИЯ
И ИСТОРИЗМА
В ГЕОЛОГИИ
И ПАЛЕОБИОЛОГИИ**

Редактор издательства *С. П. Исаков, К. Д. Павлова*
Художественный редактор *Л. Л. Мордохович*
Технический редактор *Г. Я. Герасимчук*
Корректоры *Е. Н. Зими́на, С. В. Блинова*

ИБ № 34968

Сдано в набор 30.08.89. Подписано в печать 07.02.90. МН-01011. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага газетная. Обыкновенная гарнитура. Высокая печать. Усл. печ. л. 17.6. Усл. кр.-отт. 17,7. Уч.-изд. л. 19,5. Тираж 1000 экз. Заказ № 817. Цена 3 р. 90 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Наука», Сибирское отделение. 630099 Новосибирск, ул. Советская, 18.
4-я типография издательства «Наука». 630077 Новосибирск, ул. Станиславского, 25.