

перенесены в геофизическую схему строения коры, и ее стали разделять на гранитный и базальтовый слои. Разумеется, это не изменило сущности геофизической парадигмы. Она так и осталась исторической. Позже геофизическая концепция о земной коре стала внедряться в историко-геологическую и в 60—70-е годы получила среди геологов широкое распространение. Геологи попытались придать историчность геофизической концепции с ее континентальным и океаническим типами коры. Однако это оказалось крайне сложным, поскольку два принципиально различных типа структур, возникших в рамках историко-геологической концепции, — платформы и геосинклинали, обладали одинаковым, с позиции геофизики, континентальным типом коры.

Трудности в согласовании двух подходов при расшифровке геологических структур (историко-геологического с выделением геосинклиналей и платформ и геофизического, подразделяющего кору на континентальный и океанический типы) наиболее ярко проявились в дискуссии, возникшей вокруг гипотезы тектоники плит. Гипотеза эта является детищем геофизической парадигмы. Сущность же геофизического подхода к изучению Земли в том, что исследуется ее современное состояние. Однако сегодня никакое научное сообщество уже не может ограничиться созданием статичной модели. Необходимо было объяснить, каковы временные соотношения между различными типами коры и как эти типы коры образуются. В геофизическую концепцию необходимо было вдохнуть идею развития. Самый простой путь, с помощью которого можно и объяснить разные типы коры, и сделать концепцию развивающейся — это допустить, что один тип коры возник при растяжении и разрыве коры другого типа. На этих представлениях вырос как первый вариант мобилизма, сформулированный в 1912—1923 гг. А. Вегенером, так и развиваемые в настоящее время сложные мобилистские модели, учитывающие значительно больше геофизических данных, чем 60 лет назад.

Существует мнение, что появление гипотезы тектоники плит следует рассматривать как революцию в геологии. Такой взгляд высказал канадский геофизик Дж. Т. Вильсон [3]. Поддержал его В. Е. Хаин [4]. В свете изложенного выше автор этой статьи не может согласиться с представлениями Дж. Т. Вильсона и В. Е. Хаина. Научную революцию нельзя выделять по такому событию, как появление гипотезы тектоники плит. Эта гипотеза — лишь одно из следствий геофизической парадигмы, сформировавшейся 40 лет назад, т. е. задолго до появления гипотезы плитной тектоники. Названная гипотеза использует некоторые научные достижения, полученные в рамках геофизической парадигмы, но ни в коем случае не адекватна последней. Комплекс знаний, добытый геофизическим сообществом ученых, значительно богаче, шире и глубже, чем тот набор научных данных, который включает эта гипотеза. Мы еще не знаем, как будет развиваться в будущем гипотеза тектоники плит, однако несомненно, что подавляющее большинство достижений геофизической парадигмы является значительным вкладом в науки о Земле.

\* \* \*

Итак, в истории геологических наук в середине XIX столетия произошла лишь одна научная революция, что выразилось в разработке и внедрении исторического подхода к изучению Земли. Революция в геологии произошла одновременно с революцией в биологии (возникновение дарвинизма). В середине текущего столетия в науках геологического профиля наряду с ранее существовавшей возникла вторая парадигма — геофизическая. Обе они успешно существуют до настоящего времени.

Дальнейший путь геологии представляется в сосуществовании двух концепций и их постепенном слиянии. Такое объединение (вероятно, оно будет лишь частичным) должно произойти на базе историко-геологической парадигмы, ибо только в ней содержится эволюционистская идея и только при ее ведущей роли можно раскрыть все стадии и фазы развития Земли как планеты.

#### Список литературы

1. Кун Т. Структура научных революций. М., 1975.
2. Миклулинский С. П. Развитие общих проблем биологии в России. М., 1961.
3. Wilson J. T. A revolution in Earth science // *Geotimes*. 1968. V. 13. № 10.
4. Хаин В. Е. Происходит ли научная революция в геологии? // *Природа*. 1970. № 1.

## О НАУЧНЫХ РЕВОЛЮЦИЯХ В ГЕОЛОГИИ (комментарий к статьям И. В. Назарова и И. А. Резанова)

Введение Т. Куном [1] понятия о научных революциях, об эволюционно-революционном развитии наук явилось само по себе революцией в разработке истории наук, подвело научную основу под периодизацию этой истории. В нашей стране оно было положительно оценено и развито Б. М. Кедровым [2]. Очевидно, что это понятие имеет фундаментальное значение и для правильного понимания истории геологии, ибо отражает важнейшую закономерность в развитии всех наук: естественных, общественных и технических. Оно было соответствующим образом оценено в программе курса «История и методология геологических наук», составленной для Московского и других университетов страны Д. И. Гордеевым и дополненной автором этих строк.

В отличие от Д. И. Гордеева [1] и автора данной статьи, выделяющих в истории геологии несколько научных революций, И. В. Назаров считает, что таких революций в развитии нашей науки вообще еще не было, что геология находится в кризисном состоянии (любопытно, что другой автор, И. П. Шарапов [4], оценивает его как состояние стагнации) и что настоящая революция в геологии еще впереди и должна наступить где-то в начале следующего столетия. Между тем И. А. Резанов одну революцию все же признает, относит ее к середине XIX столетия и полагая, что она была связана с разработкой и внедрением биостратиграфии. А дальше, по его мнению, развитие геологии шло под знаком взаимодействия двух парадигм: более ранней — историко-геологической и более поздней — геофизической, что также привело к кризисному состоянию геологической науки.

Должен отметить, что выводы обоих авторов (а равно и И. П. Шарапова) свидетельствуют об их недостаточном знакомстве с реальным положением вещей в современной геологии, с новейшим, а отчасти и с предыдущими этапами ее развития. Иначе чем объяснить, что И. В. Назаров проглядел, а И. А. Резанов сознательно проигнорировал ту глубочайшую революционную перестройку, которую геологические науки испытали в 60-е годы нашего столетия, т. е. на глазах поколения, к которому они оба принадлежат. Ведь эта революция обладала всеми признаками, которые характерны для научных революций, ибо привела к коренному изменению взглядов на характер развития твердой Земли, к смене фиксистой парадигмы, почти безраздельно господствовавшей, особенно у нас в стране, в 30—50-е годы<sup>1</sup>, мобилистской парадигмой, нашедшей наиболее яркое выражение в концепции тектоники литосферных плит. В самом деле, если до этой революции геологи и геофизики были убеждены в том, что ведущим типом движений земной коры являются вертикальные движения, что горизонтальные движения имеют значительно более ограниченный масштаб, порядка 10—15 км максимум, то в 60-е и последующие годы было выяснено, что амплитуда горизонтальных передвижений в действительности превосходит амплитуду вертикальных на порядок, а то и на два (размах вертикальных смещений поверхности Мохо, по данным ГСЗ, (глубокого сейсмического зондирования), — до 20—25 км, по данным подъема к дневной поверхности пород, метаморфизованных в условиях высоких давлений, — до 30—40 км; амплитуда смещений по крупным сдвигам и поверхностям шарьяжей — до 300—500 км, а по смещению линейных магнитных аномалий по трансформному разлому Мендосино в Тихом океане — 1100 км; то же относится к скорости современных движений).

Становление принципиально новой парадигмы нашло одно из своих ярких отражений в создании целого словаря новых терминов: литосферные плиты, их дивергентные и конвергентные границы, спрединг, субдукция, обдукция, трансформный разлом, тройное сочленение, комплекс параллельных даек, полосчатый комплекс, индентор, инверсия магнитного поля; некоторые из них — пропагетинг (прораствание рифта), джампинг (скачкообразное перемещение оси спрединга) — еще пока даже не нашли адекватного перевода на русский язык. Если бы кто-либо из крупных геологов или геофизиков, ушедших из жизни до конца 60-х годов, воскреснув, попытался почитать статьи в современных журналах в области наук о Земле, он многого не понял бы в их содержании —

<sup>1</sup> Наглядным свидетельством этого является документ, подписанный нашими ведущими учеными — геологами и геофизиками в 1951 г. и приведенный Ю. А. Косыгиным в его книге «Тектоника» [5, с. 9].

настолько коренным образом изменилась не только лексика, но и сам характер фактического материала, характер его подачи, стиль изложения.

Каждая конкретная научная революция в своих предпосылках, в своих движущих силах отличается от предыдущей и последующей, как правильно отметил Б. М. Кедров. Новейшая революция имела своей предпосылкой техническое перевооружение в науках о Земле, в геофизике в первую очередь, в морской геофизике в особенности. Появление палеомагнетизма, открытие инверсий геомагнитного поля, возможность изучения магнитного и теплового полей океанов, механизма землетрясений и более точная локализация их очагов, эхолотирование ложа океанов, установление существования астеносферы, коренных отличий океанской коры от континентальной — все это и привело к коренному пересмотру взглядов на развитие земной коры и Земли в целом. А в дальнейшем это было подкреплено результатами глубоководного бурения с оснащенных самым современным оборудованием судов «Гломар Челленджер» и «Джойдес Резолюшн», с подводных спускаемых аппаратов, в том числе наших «Миров», определением смещений литосферных плит методами космической геодезии, успехами сейсмической томографии, раскрывшими картину конвекции в мантии Земли... Добавим к этому замечательные достижения изотопной геохимии, впервые позволившие расшифровать, хотя еще и не до конца, докембрийскую историю Земли (7/8 ее общей истории!), пролить свет на происхождение магматических пород, осадочных и рудных полезных ископаемых. Поскольку все это связано с тем, что геологи получили в свое распоряжение новейший научный инструментарий, можно с полным основанием считать последнюю научную революцию в геологии проявлением общемировой научно-технической революции. А уж сомневаться в том, что это была настоящая революция, теперь уже просто непростительно. Только со времени этой революции геология стала подлинно глобальной наукой (на что она претендовала своим названием), а не только наукой о фанерозойском развитии континентов.

Теперь относительно предыдущей революции — на рубеже XIX и XX вв. И. А. Резанов и И. В. Назаров ее также отрицают, но, на мой взгляд, без достаточных оснований. И. В. Назаров мотивирует свою позицию тем, что революция в естествознании на этом рубеже была «связана в основном с открытиями в микромире и на теоретических положениях геологии почти не отразилась, ибо объекты ее относятся к области макромира, подчиняются законам классической механики». Позвольте, а открытие радиоактивности разве не было одной из причин, приведших к крушению контракционной гипотезы, являвшейся во второй половине XIX в. неоспоримой парадигмой теоретической геологии? А открытие лучей Рентгена, приведшее через рентгеноструктурный анализ к рождению кристаллохимии и новой, структурной минералогии?

Правда, контракционная парадигма не сразу сменилась новой парадигмой, восторжествовавшей в 30—50-е годы благодаря усилиям главным образом Р. В. ван Беммелена и В. В. Белоусова. Этому предшествовал довольно длительный кризис, в течение которого выдвигались новые, во многом противоположные идеи дрейфа материков, подкорковых течений, пульсации, расширения Земли. Они не исчезли бесследно и в той или иной форме и с той или иной степенью влияния возродились на новом этапе развития геологии. Но само это долгое кризисное состояние, давшее основание американскому геологу Ч. Лонгвеллу назвать современную ему тектонику «сумасшедшим домом», — одна из особенностей революции в геологии рубежа XIX—XX вв., как, впрочем, и революции в естествознании этого времени вообще.

Перейдем к революции середины XIX в. — единственной признаваемой И. А. Резановым, но отрицаемой, как и остальные, И. В. Назаровым. Смысл этой революции, на мой взгляд, определяется торжеством эволюционного учения в геологии, подготовленного «Основами геологии» Ч. Лайелля, нанесшими смертельный удар катастрофизму, закрепленного «Происхождением видов» Ч. Дарвина и появлением учения о геосинклиналях — месте рождения складчатых горных сооружений, дополненного учением о платформах, что нашло свое воплощение в работе Э. Ога «Геосинклинали и континентальные области», увидевшей свет на рубеже веков. Да и контракционная гипотеза — руководящая парадигма второй половины XIX в. — имела в своей основе эволюционистскую идею о вековом охлаждении Земли и прогрессивном уменьшении ее радиуса. В конце века эволюционистское мировоззрение распространилось и на геоморфологию — учение о циклах развития рельефа У. Дэвиса.

В середине XIX в. качественное изменение претерпела и та ветвь геологии, которая изучает вещество. Я имею в виду изобретение поляризационного микроскопа, открывшего новую эру в петрографии.

Эту революцию середины XIX в. не следует смешивать с революцией самого начала данного века, главным в которой действительно явилось зарождение биостратиграфии, а на ее основе раз-

работка международной шкалы относительной геохронологии фанерозоя, в главных чертах завершившаяся в начале 40-х годов. Создание стратиграфической основы обеспечило развитие геологического картирования, что в свою очередь привело к формированию основных понятий структурной геологии, закрепленных позднее в сводке А. Гейма и Э. Маржери. Благодаря этим достижениям региональная геология уже в первой половине века получила быстрое развитие в странах Европы, а затем и Северной Америки, чему способствовало создание национальных геологических служб. Между тем в области теоретических представлений до середины века еще господствовали идеи плутонизма и катастрофизма, даже креационизма, несмотря на появление еще в начале 30-х годов трудов Эли-де-Бомона и Лайелля.

Таким образом, в истории геологии на протяжении последних двух веков достаточно четко намечается проявление четырех научных революций и соответственно оправдывается выделение четырех этапов развития геологических наук. Первый из них — первая половина XIX в. — уже давно был назван героническим, второй — вторая половина XIX в. — заслужил название классического (он еще может быть назван эволюционным), третий — первые шесть десятилетий нашего века — можно назвать критическим, а четвертый — последние 30 лет — просто современным. По характеру своего проявления, относительно спокойному или более бурному, и по факторам, вызвавшим наступление революционных перемен, каждая из революций имела свои особенности. Первая и вторая революции проявились одновременно в геологии и биологии, третья стимулировалась физическими открытиями, четвертая — техническими усовершенствованиями. Каждая революция сопровождалась радикальной сменой геотектонических парадигм: гипотезы «кратеров поднятия» — на контракционную; контракционной, после некоторых колебаний, на гипотезу глубинной дифференциации Белоусова или близкую к ней ундационную Беммелена; последней — на тектонику литосферных плит. Любопытно при этом циклическое повторение идей о господстве либо вертикальных (первая и третья гипотезы), либо горизонтальных движений (вторая и четвертая гипотезы), хотя в масштабе всей Земли эти движения, очевидно, равноправны и тесно взаимосвязаны. Во время каждой из революций происходило не только изменение взглядов на характер основных геологических процессов, но и скачок в изучении вещества, слагающего земную кору. В первой революции это проявилось в появлении гониометрии кристаллов минералов, во второй — в переходе петрографии на микроскопический уровень, в третьей — в переходе минералогии на атомарный уровень, в четвертой — в переходе геохимии на изотопный уровень.

Как видно из вышесказанного, я не отношу к революциям само становление геологической науки, произошедшее во второй половине XVIII в. Несомненно, что это был крупный скачок — от донаучного периода развития геологических представлений к собственно научному. Но революция в науке — это ведь смена одной системы взглядов на другую, кардинально отличную. Между тем до середины XVIII в. никакой системы взглядов на развитие Земли еще не было — были отдельные разрозненные высказывания, в чем-то предвосхищавшие идеи основоположников геологической науки. Впервые общие представления о развитии Земли мы находим в сочинениях Ломоносова, Бюффона и Хаттона (Геттона, в традиционной у нас транскрипции). Итак, к выделенным четырем этапам развития геологической науки надо добавить пятый по порядку этап ее становления — от «Слоев земных» Ломоносова до «Теории Земли» Хаттона.

В заключение рассмотрим вопрос о перспективах дальнейшего развития геологии. Этому вопросу касаются оба автора рассматриваемых здесь статей. По мнению И. А. Резанова, «дальнейший путь геологии... представляется в сосуществовании двух концепций (историко-геологической и геофизической. — В. Х.) и их постепенном слиянии. Такое объединение должно произойти на базе историко-геологической парадигмы, ибо только в ней содержится эволюционистская идея...». Подобное противопоставление историко-геологической и геофизической концепций, их отнесение к категории парадигм и обвинение геофизической концепции в неисторичности мне представляется надуманным и неправильным по существу, ибо современная геофизика — историческая наука не в меньшей мере, чем геология. Разве палеомагнетизм не историческая наука? Разве изучение полосовых магнитных аномалий океанов и их интерпретация по гипотезе Вайна — Мэтьюза не открыли путь к наиболее точным реконструкциям очертаний океанов за последние 160 млн. лет, а формула Слейтера — Сорохтина о зависимости глубины океана от возраста его коры — к восстановлению изменений их глубин за тот же период времени? А исследование изменения величины теплового потока в истории Земли по данным петрологии? Суммируя эти и подобные данные, можно констатировать, что геофизика (и изотопная геохимия) вносит теперь в изучение истории Земли не меньший вклад, чем собственно геологические методы, и этот вклад, несомненно, будет возрастать в будущем.

И. В. Назаров видит перспективы развития геологической науки в формализации геологических

понятий, в реформе геологической терминологии, в построении абстрактных моделей геологических процессов и т. п., что, по его мнению, должно привести к «коренному изменению содержательных и методологических основ геологических наук».

Прогнозирование развития науки на далекую перспективу вообще дело принципиально бесполезное, ибо наука не развивается по заранее накатанным рельсам; ее прогресс осуществляется отдельными прорывами, возникающими в неожиданных местах и в неожиданное время. Но вполне ясно одно: в основе этого прогресса лежит накопление новых фактов, как правило, добываемых новыми методами, новыми приборами, а не умозрительное, абстрактное теоретизирование натурфилософского толка. Если говорить о ближайшей, а не отдаленной перспективе, то можно предвидеть, что наибольший прогресс в создании подлинно глобальной теории Земли, глобальной геодинамической модели принесут успехи сейсмического зондирования глубоких недр Земли и расшифровка тонкой структуры литосферы, с одной стороны, и дистанционное изучение геофизических полей и изменений скорости вращения, фигуры Земли и геоида — с другой. Плюс дальнейшее накопление радиогеохронометрических, изотопно-геохимических и палеомагнитных данных. А там видно будет, какие сюрпризы преподнесет нам наука.

#### Список литературы

1. Кун Т. Структура научных революций. М., 1975.
2. Кедров Б. М. Ленин и научные революции. Естествознание. Физика. М., 1980.
3. Гордеев Д. И. История геологических наук. Ч. II. М., 1972.
4. Шарпов И. П. Логический анализ некоторых проблем геологии. М., 1977.
5. Косыгин Ю. А. Тектоника. Изд. 2-е. М., 1983.

И. В. ШУЛЬГИНА

## ФИНАНСИРОВАНИЕ И ОРГАНИЗАЦИЯ НАУКИ В СССР: УРОКИ ИСТОРИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Не отрицая большие достижения и результаты, имевшие место в прошлом, признавая прочные позиции советских ученых в разработке некоторых современных направлений, следует признать, что исторически сложившееся современное состояние науки в СССР в целом сейчас является в высшей степени тревожным.

В какой-то мере это обусловлено неэффективной системой современной организации научной деятельности, как бы вобравшей в себя негативные стороны опыта всей общественной системы, претворения в жизнь многочисленных постановлений, решений и регламентаций, касающихся научных учреждений.

Формирование науки как социального института неразрывно связано со всеми трагическими страницами нашей истории. Поэтому в научной деятельности, ее структуре, организации, методах управления в не меньшей степени, чем в других сферах, отразился период репрессий и застоя, командно-бюрократических методов управления и «лакировочной» статистики, остаточных принципов выделения ресурсов и других более общих недостатков. Все это привело к глубоким гипертрофированным изменениям пропорций во внутренних элементах научной деятельности в сравнении с общемировыми пропорциями и тенденциями. Такие перекосы существенно понизили эффективность научного труда. Более того, они привели к возникновению своего рода злокачественной опухоли, создающей собственные факторы роста, противодействующие и отторгающие всякие внешние усовершенствования.

Но одно дело совершать ошибки, другое — их повторять. Чтобы избежать этого, все производимые в науке прогрессивные преобразования должны учитывать сложившуюся в ней противоречивую практику организации. Именно этому — вопросам финансирования и внутренней организации научных коллективов — и посвящена настоящая статья.

\*  
\*   \*  
\*

Важнейшим рычагом управления системой деятельности являются финансы. Финансы в науке — система денежных отношений, возникающих в процессе проведения научных исследований. К финансовым отношениям относится формирование и использование источников финансирования научных исследований в целом, в отдельных регионах, отраслях, ведомствах, центрах, научных учреждениях.

Основными показателями финансирования приняты общие расходы на науку, включающие текущие и капитальные затраты. Как обобщающий показатель используется объем затрат науки в процентах к национальному доходу и объем затрат к валовому общественному продукту. В литературе применяется оценка ассигнований по категориям исследований, отдельным секторам науки, отраслям знаний, по видам используемых ресурсов. В качестве средних расчетных показателей, характеризующих уровень финансирования, принимаются затраты на одного занятого в науке,