

# РАЗВИТИЕ ИДЕЙ И МЕТОДОВ В ГЕОЛОГИИ



«НАУКА»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР  
ИНСТИТУТ ИСТОРИИ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ И ТЕХНИКИ

# РАЗВИТИЕ ИДЕЙ И МЕТОДОВ В ГЕОЛОГИИ

Ответственные редакторы:

доктор геолого-минералогических наук  
И. А. РЕЗАНОВ,

доктор географических наук  
И. А. ФЕДОСЕЕВ

4604



МОСКВА  
«НАУКА»  
1986



**Развитие идей и методов в геологии.**— М.: Наука, 1986.

Сборник охватывает широкий круг проблем по истории и методологии в науках геологического профиля. В ряде статей освещается история формирования методологических принципов в геологии. Излагается эволюция идей в тектонике, петрографии, геомагнетизме, учении о нефти, гидрогеологии. Рассматривается история создания и становление в нашей стране аэрометодов, используемых при геологическом картировании.

Рецензенты: *С. В. Мейен, И. А. Тугаринов*

## ВВЕДЕНИЕ

Исторический анализ науки позволяет лучше понять ее современное состояние и увереннее прогнозировать пути дальнейшего развития. Настоящий сборник отражает результаты ведущихся сейчас исследований в области истории геологических наук. Эта группа наук объединяет значительное число самостоятельных научных дисциплин, чем и определяется широкий круг обсуждаемых в сборнике проблем. Ряд статей посвящен общим вопросам истории геологии. И. В. Круть показывает, что представления об уникальности эволюционных этапов Земли в наиболее общем теоретическом плане должны дополняться представлениями о региональной уникальности. Оба они составляют граничные условия номотетизации геологии. В статьях Л. И. Ивашевского и М. Гунтау раскрываются основные черты становления современной науки. Л. И. Ивашевский рассматривает значение идей Ж. Ламарка и дает новое освещение творчества Ж. Кювье применительно к созданию эволюционной картины мира. М. Гунтау убедительно показал, что формирование современной геологии завершилось к концу XVIII в.

Статьи И. А. Резанова, М. М. Романовой, И. В. Батюшковой и И. Г. Малаховой освещают историю отдельных научных идей в области геологии XIX — XX вв. В них делается попытка провести сопоставление научных концепций XIX в. с современными воззрениями.

Ряд статей сборника раскрывает отдельные малоизвестные страницы прошлого геологии. В статье Т. Д. Ильиной показана роль русских ученых в изучении магнитного поля Земли в XVIII—XIX вв., А. З. Хамарханов рассматривает ранние гипотезы о происхождении нефти, О. А. Соколова знакомит с методикой полевых геологических работ М. В. Ломоносова. В статье П. Ф. Швецова делается попытка реконструировать концептуальную историю гидрогеологии. Статья Н. С. Афанасьевой и В. А. Фараджева посвящена совсем недавней истории — созданию уже в послевоенные годы нового метода среднемасштабной геологической съемки.

И. В. Круть

**К ВОПРОСУ О ГЕОЛОГИЧЕСКОМ РЕГИОНАЛИЗМЕ  
И ИСТОРИЗМЕ**

На протяжении длительного времени, особенно с XVI и до середины XVIII в. (от У. Альдрованди до Ж. Бюффона), систематическое описание природных тел называлось «естественной историей». Это были первые научные классификации, начало выявления природной упорядоченности, через которую натуралисты нащупывали генезис объектов. Старое понятие истории, будучи тождественным понятию таксономии, имплицитно содержало тем самым и современное понятие: «Таксономия имеет дело с тождествами и различиями, это наука о сочлениях и классах, это знание существ. Генезис размещается внутри таксономии или по крайней мере находит в ней свою первую возможность... таксономия... определяет общий закон существ и в то же время условия их познания» [14, с.127]. Напомним, что существами в те времена именовались и органические и неорганические естественные тела, относимые к трем царствам природы: минеральному, растительному и животному. Развитие научных методов и все большая теоретизация естественной истории повлекли за собой превращение ее в «естественную систему» (например, у К. Линнея). При этом системы, предполагавшие дискретность тел (Ж. Бюффон, Ж. Кювье), не требовали обязательного привлечения эволюции, идеи которой оказались связанными с непрерывной лестницей существ в духе Ш. Боннета [1].

Во второй половине XVIII в. И. Кант расчлняет «естественную историю» на «естествоописание» и собственно «естественную теорию» как концепцию развития (Неба, Земли, других естественных тел). «Начиная с XIX в. История разворачивается во временном ряде аналогий, сближающих различные организованности друг с другом... История дает место аналогичным организациям, тогда как порядок открывает путь последовательным тождествам и различиям... Вещи первыми приобрели свою собственную историчность, которая высвободила их из того непрерывного пространства, которое принуждало их к той самой хронологии, что и людей. При этом человек оказался как бы лишенным того, что ранее было самым очевидным содержанием его Истории: природа уже более не говорит ему о сотворении или конце мира, о его подвластности или о предстоящем судном дне — теперь она говорит лишь о своем природном времени» [14, с. 293, 466 — 467].

И. Кант начал традицию различения наук о пространственном размещении тел, к которым была отнесена география, во-первых, и о временной последовательности событий, к которым прежде всего причисляли геологию,

во-вторых. Согласно этой концепции, названной впоследствии эксцепционализмом [2, 15; и др.], каждое естественное тело и событие уникальны уже потому, что имеют разное положение в ньютоновском абсолютном пространстве и времени. При этом предполагалась рядом положенности всех тел и строгая последовательность всех событий и причинно-следственных связей. Игнорировались не соответствующие представлению об абсолютном пространстве и времени обычные факты: включение одних тел в другие, например, минералов в горные породы; взаимопроникновения и взаимопересечения разнородных тел, скажем, атмосферы, гидросферы, литосферы, биосферы; сложные взаимоотношения природных ритмов разного рода и порядка. Не замечалось, что в «одном» пространстве размещались разные тела, в «одном» времени происходили разные события. Если же этот вопрос возникал, то объяснение чаще всего сводилось к отрицанию соответствующих объектов в качестве тел: горные породы и формации попросту назывались минеральным веществом; газы и жидкости не признавались минералами; сложные геосистемы, такие, как тектоны, стратоны, геооболочки, рассматривались как пространственно-временные сочетания тел более низкого уровня (формаций, горных пород) и т. д. Эксцепционализм был (и во многом остается) непреодолимым препятствием для выявления таксономии геосистем и экосистем, поскольку он не допускает иерархии уровней, специфичности классов, интегративной биогеоорганизации.

Итак, в XIX в. в соответствии с концепцией эксцепционализма две главные науки о Земле разделились в соответствии со своим предметом. География монополизировала региональное, или страноведческое (хорологическое) значение [9], геология же ограничивалась характеристикой ее во времени, стала исторической (хронологической) наукой, часто игнорирующей реальность геологических регионов как естественно-историческую целостность, образующую, по всей вероятности, иерархию уровней интеграции. Лишь частично объединяющим звеном служила палеогеография. В то время как с середины XIX и в XX вв. систематизируются географические регионы (зоны, страны, ландшафты и др.) и обсуждается методология географического регионализма (А. Гумбольдт, К. Риттер, затем А. Геттнер, В. П. Семенов-Тянь-Шанский, З. Пассарге, Л. С. Берг, Р. Хартшорн и др.) геология касается своей региональной проблематики как бы попутно, разрабатывая, например, принципы картирования, тектоническое и металлогеническое районирование и т. п. Геологи обсуждают преимущественно лишь методологию историзма и игнорируют проблематику регионализма; они не пытаются сформулировать понятие о геологическом районе, хотя интуитивное представление о таковом пронизывает геологическое исследование от предпосылок его до выводов.

Геологический регион не стал еще явным объектом геологической теории не только в силу эксцепционалистской традиции, но и из-за его сравнительно слабо выраженной целостности и большей гетерогенности по сравнению с региональными географическими системами. Тем не менее проблема геологического регионализма оказывается одноранговой с проблемой историзма уже потому, что пространственные и временные аспекты таксономии и развития геосистем взаимозависимы, отчасти эквивалентны и теоретически взаимопределяемы, как это можно видеть, по-новому интерпретируя законы Стефона, Иностранцева—Вальтера—Головкинского и др. [8].

В конце XIX и начале XX в. неокантианские философы баденской школы В. Виндельбанд [4] и Г. Риккерт [13; и др.] обосновали различие между

идиографическими (индивидуализирующими) и номотетическими (генерализирующими) знаниями. В России эти идеи развивали А. А. Чупров [16], Б. Л. Личков [11] и др. «Наука номографическая стремится схватить то, что есть в явлениях вечного. Наука идиографическая улавливает то, что есть в них преходящего, — их конкретный облик в условиях обстановки их времени и места» [16, с. 117]. В развернувшихся дискуссиях дело дошло до противопоставления исторических и номотетических наук, истории и теории, до отрицания самой научности истории. В этих крайностях, впрочем, были виноваты не столько упомянутые выше авторы, сколько их интерпретаторы и последователи. А. А. Чупров одним из первых со всей ясностью показал: то, что П. Лаплас [10] считал лишь гносеологической вероятностью, соответствует вполне объективному онтологическому ходу вещей и событий в их пространственном и временном следовании (в географии, в истории природы и общества). Знание об этом является в сущности индивидуализирующим (идиографическим) и в значительной мере раскрывается в статистических закономерностях: «Одностороннее увлечение ученого мира номографией и отказ в признании научной равноценности идиографического исследования, хотя и тормозят рост статистической науки и налагают на нее свою печать, заставляя приспособляться к господствующим в науке логическим предрассудкам и облекать идиографическое содержание в мало идущие к нему номографические формы, но не мешают ей донести составляющую ее специфическое содержание систему идиографических знаний до той поры, когда поворот в общей теории науки обеспечивает идиографии дальнейшее свободное развитие» [16, с. 60].

В итоге обсуждений выяснилось (хотя это не всеми признано), что в каждой науке имеется и идиографическое (историческое) и номотетическое (подчеркнем, униформистское) содержание. Сколько-нибудь общих, тем более фундаментальных, неисторических наук не существует. Эволюцию физического и химического мира изучают, например, космология, астрофизика, космохимия, геохимия, радиогеология и др. Напротив, нет наук сугубо идиографических — чисто исторических. Например, номотетическое содержание первых неявных таксономий геосистем составило основу теории геологической эволюции. Правда, можно говорить о более или менее идиографическом или номотетическом предмете тех или иных наук (геология более идиографична, чем физика и т. д.).

В методологических дискуссиях обсуждалась преимущественно лишь историческая идиография, тогда как другой ее аспект — региональная идиография — оставался обычно за бортом проблемы. Геологи, анализируя историзм, в то же время принимали регионализм самоочевидным и не требующим специального теоретического анализа. Географы, мало интересовавшиеся историзмом, много внимания уделяли регионализму, но их выводы оставались вне внимания геологов. Проблемы историзма и регионализма как аспектов идиографии исследовались раздельно и даже разными науками.

Господствующая в геологии классическая парадигма, основывающаяся на понимании абсолютного пространства и времени как вместилищах тел и событий (И. Ньютон, И. Кант и др.), ныне, как нам представляется, стала сменяться неклассическими представлениями, в частности пространство и время уже рассматриваются как отношения (и свойства) сосуществования и последовательности объектов, что обосновывалось еще Аристотелем, затем Г. Лейбницем, впоследствии П. Кюри, В. И. Вернадским, Б. Л. Личковым и др. Назревшую перемену фиксирует спор об униформизме, эволюционизме,

актуализме, начавшийся в прошлом веке и ведущийся донныне, при котором, однако, редко выявлялись более глубокие слои проблематики — соотношения различных пространств и времен и т. п.

Униформизм как принцип сохранения, теоретически допускающий обратимое время и абсолютизацию пространства и времени для определенных уровней и систем объектов, оказывается граничным принципом номотетики. Актуализм же как принцип и метод, акцентирующий внимание на необратимости развития и времени, на возникновении нового и исчезновении старого, на поступательной (прогрессивной или регрессивной) эволюции (включающей и революции), есть принцип и метод исторической идиографии, который в какой-то мере может быть распространен и на региональную идиографию. Если униформизм должен теоретически постулировать абсолютное пространство и время, то актуализм обязан в принципе их отвергать и принимать релятивное (атрибутивное) пространство и время, что, к сожалению, редко осознается. С позиции же эволюционизма в качестве теории развития и самой истории в ее широком (идиографическом и надидиографическом) содержании униформизм есть признание онтологической причинности и инвариантности, которые познаются через идеализацию абсолютного пространства и времени, тогда как актуализм должен приниматься как онтологический принцип изменчивости и как гносеологический принцип историзма в узком его содержании (сравнительно-исторический метод).

Эволюционизм интегрирует униформистскую номотетику с актуалистической идиографией. Для такого рода интеграции должен быть онтологический и теоретический инвариант, общий и для униформизма (номотетики) и для актуализма (идиографии). Онтологическим инвариантом является независимо от нас существующее естественное тело-система; гносеологическим — понятие об этой системе. Понятие о естественном теле—системе инвариантно и для классического и для неклассического подходов (Аристотель, И. Ньютон, Г. Лейбниц, И. Кант, А. Гумбольдт [6], В. В. Докучаев, В. И. Вернадский [3] и др.). В соответствии с классическим эксцепционализмом и неклассическим реляционизмом, с представлениями об абсолютном и относительном пространстве и времени, с униформизмом и актуализмом, с историзмом и регионализмом каждое естественное тело, в том числе и геолого-географический регион, обладает таксономической определенностью, т. е. индивидуальностью и принадлежностью какому-либо классу систем вплоть до уровня организации и какой-то их иерархии (биосистем, геосистем, экосистем и др.). При этом эксцепционализм, базируясь на абсолютном пространстве и времени, доводит таксономическую определенность до класса и не выходит на уровни и иерархии. Таксономия системы определяет ее идиографию (уникальность) и номотетику (закономерности), естественные законы распространяются на определенные природные совокупности объектов (таксоны).

Итак, таксономия как естественный порядок лежит в основе и номотетики и идиографии, а тем самым и регионализма и историзма. В свою очередь, таксономия определяется этими же аспектами естественных систем, из которых приоритет, по всей вероятности, принадлежит историзму как принципу развития. Таксономия и развитие неразрывны и взаимообуславливают друг друга как онтологически, так и в нашем отображении (гносеологически): развиваются таксономически определенные системы, а сами таксоны появляются в итоге развития. И все же таксономия как фиксация существования вещей в онтологическом смысле более фундаментальна, чем

тот род отношений (взаимодействий) вещей, который мы именуем развитием или историей [9].

Понятие об актуализме как методе следования от «старого» к «новому» и понятие об униформизме как принципе сохранения инварианта могут прилагаться не только для установления временного развития геосистем, но и при пространственном их прослеживании, при котором также учитывается соотношение постоянного и изменчивого, повторяющегося и уникального, известного и неизвестного. Специфические информационно-исторические геосистемы-стратоны генетически связаны с географическими региональными системами. Следует иметь в виду, что географические регионы — это не просто пространственные сочетания тех или иных явлений, как принято выражаться, «на поверхности земного шара». Географические пояса, зоны, провинции, ландшафты — это пусть маломощные по протяжению, но все же объемные естественные тела-системы, которые формируются в пограничных зонах разнородных геоболочек путем интегрирования этих оболочек и их компонентов.

Что касается геологических регионов, то обычно ограничиваются рассмотрением их в качестве проекций глубинных геосистем на поверхность литосферы, что существенно для геологического, особенно для геотектонического картографирования. Последним обстоятельством объясняется и то, что в геологии определенное внимание уделяется понятию о тектоническом районе, как бы результирующему все предшествующее геологическое развитие. Не менее существенным оказывается понятие о районе в металлогении. Мы предлагаем (в порядке постановки вопроса) рассматривать и геотектонические, и минерагенические районы как объемные естественные тела-системы. Более того, кажется вполне правомерным говорить и о геологическом районе (регионе) в комплексном смысле. Тактонические и металлогенические регионы, приближающиеся к интегральным геологическим регионам, как правило, с ними совпадающие, все же остаются их частным выражением.

Геологическому региону как естественному телу-системе присущи специфические пространственно-временные свойства, которые определяются отношениями между его природными компонентами, между ним самим и другими региональными одноранговыми системами, а также подсистемами и надсистемами георегиональной иерархии. Именно с этими многомерными пространственно-временными отношениями, а не с положением в абсолютном пространстве и времени связана идиография геологического района. Вместе с тем номотетически местоположение района среди других георегионов того же уровня может фиксироваться в идеализированном (абсолютном) пространстве и времени. Районом мы уже стали называть объект определенного уровня, тогда как подобные системы разных уровней организации удобнее наименовать родовым понятием региона.

Итак, вопреки все еще доминирующему в геологии представлению об одном субстанциональном пространстве с просто координированными и, в лучшем случае, субординированными, т. е. рядом положенными и вложенными объектами, мы констатируем, что в действительности геосистемы, в том числе и георегионы (геологические и географические) характеризуются многомерностью, взаимопересечениями и взаимопроникновениями, которые обусловлены полииерархической организацией и диахроничностью развития. Расшифровываются эти соотношения только через иерархическую, уровневую, меж- и внутриклассовую таксономию естественных тел. Поэтому с естественнонаучной точки зрения неправомерно предложение Б. Рассела [12] де-

дуцировать всю географию из пространственных геодезических координат. Еще большим недоразумением кажутся призывы некоторых неомобилистов редуцировать будущую геологию к формальным пространственно-временным астрономо-геодезическим координатам. Такого рода современный эксцепционализм игнорирует онтологические основания наук о Земле — прежде всего естественную таксономию геосистем и разнородность их пространственно-временных отношений и свойств.

Если мы признаем существование географических регионов (преимущественно региональных, но все же и исторических геосистем), затем с достаточной степенью уверенности предполагаем наличие геологических регионов, то кажется возможным, пусть с некоторой долей условности, поставить вопрос о реальности геонимических регионов как естественных тел, которые интегрируют в своей геосистеме «интенсивную» (преимущественно во временном смысле) геологическую и «экстенсивную» (преимущественно в пространственном смысле) географическую организации. В этом третьем типе георегионов должны иметь место два яруса, расположенные относительно поверхности террасферы — экзоярус и эндоярус, которые взаимодействуют между собой в определенной зоне (теле), нижняя граница которой не следует глубоко за геологической организацией, а верхняя — не достигает предела географической организации. Ограничиваясь лишь постановкой вопроса о геонимическом регионе, здесь более подробно обсуждать его не будем.

Прибавим лишь следующее. Геонимический регион, подобно, например, ландшафту, первоначально может восприниматься исследователем как целостный образ. Такого рода образ не есть только визуальное восприятие, поскольку в формировании его участвуют и специальные знания, и мировоззренческие представления, и интуиция ученого. Однако подобное восприятие георегиона выходит, конечно, за рамки формального рационального объяснения, тем более с узко специальных позиций. Гносеологическая трактовка генезиса и формирования столь сложного образа, непременно содержащего и эстетическую компоненту, предлагается И. Кантом в «Критике способности суждения» [7], выводы которой в этом отношении выходят за пределы рационалистической познавательной конструкции кантовской же «Критики чистого разума» [7]. Распознавание георегиона географического и геонимического типов (в меньшей мере геологического) может быть результатом так называемого эмпирического созерцания, о котором писал А. Гумбольдт и другие мыслители прошлого века. В процессе аналитического отраслевого исследования (геовещественного, тектонического, стратиграфо-исторического, географического и др.) целостность геонимической региональной системы может отодвигаться на задний план, но не должна теряться полностью. В последующем же научном синтезе мы можем познать геонимический регион как эмпирическое обобщение (в понимании В. И. Вернадского), которое включается, по нашему мнению, в эмпирическую теорию: «Высшим было бы понять, что все фактическое есть уже теория» [5, с. 399].

Возможно, что в будущем будет осуществлен переход от имеющего место до сих пор неявного к явному картографированию геонимических регионов. В этом направлении видится вклад геологии в комплексную проблему взаимодействия природы и общества, поскольку геонимические регионы, интегрирующие геологические и географические компоненты в их идиографии и номотетике, включают в себя экосистемы прошлого и настоящего, а также потенцию экологической ситуации будущего.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Боннет Ш.* Созерцание природы. СПб., 1792. Ч. I. 246 с.
2. *Бубнов С.* Основные проблемы геологии. М., 1934. 183 с.
3. *Вернадский В. И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружение. М.: Наука, 1965. 374 с.
4. *Виндельбанд В.* Прелюдии: Философские статьи и речи. СПб., 1910. 374 с.
5. *Гёте И.* Избранные сочинения по естествознанию. М.: Изд-во АН СССР, 1957. 534 с.
6. *Гумбольдт А.* Космос: опыт физического мирописания. СПб., 1848. Ч. I. 332 с.; М., 1951 Ч. II. 462 с.
7. *Кант И.* Сочинения. М.: Мысль. Т. 3. 1964. 799 с.; Т. 5. 1966. 564 с.
8. *Круть И. В.* Исследование оснований теоретической геологии. М.: Наука, 1973. 205 с.
9. *Круть И. В.* Введение в общую теорию Земли: (Уровни организации геосистем). М.: Мысль, 1978. 367 с.
10. *Лаплас П.* Опыт философии теории вероятностей. М., 1908. 207 с.
11. *Личков Б. Л.* Границы познания в естественных науках. Киев, 1914. 258 с.
12. *Рассел Б.* Человеческое познание: (Его сферы и границы). М.: Изд-во иностр. лит., 1957. 555 с.
13. *Риккерт Г.* Границы естественно-научного образования понятий: (Логическое введение в исторические науки). СПб., 1903. 625 с.
14. *Фуко М.* Слова и вещи: (Археология гуманитарных наук). М.: Прогресс, 1977. 488 с.
15. *Харвей Д.* Научное объяснение в географии: Общая методология науки и методология географии. М.: Прогресс, 1974. 530 с.
16. *Чупров А. А.* Очерки по теории статистики. СПб., 1910. 443 с.

УДК 550.9(091)

**Л. И. Ивашевский**

### **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИДЕЙ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ В ПЕРИОД СТАНОВЛЕНИЯ ГЕОЛОГИИ**

Конец XVIII—начало XIX в. характеризуются противоречивой обстановкой в естествознании. Если в физике и математике, несмотря на всю сложность их развития, прослеживается стабильный прогресс, то в естественных науках это был период становления и формирования основополагающих идей и принципов. Т. Кун в своей книге «Структура научных революций» называет такие периоды допарадигмальными и указывает, что для них характерны частые споры о правомерности методов, проблем и стандартных решений, которые служат скорее размежеванию школ, чем достижению согласия. Он имеет в виду борьбу двух основных направлений в геологии начала XIX в.— теории катастрофизма и униформизма [4, с. 75].

Действительно, становление геологии как науки происходило в обстановке острой идейной борьбы, столкновения альтернативных концептуальных представлений и методологических подходов. Середину XVIII в. принято считать периодом, когда начался процесс оформления геологии как самостоятельной науки. Во-первых, к этому времени был накоплен определенный эмпирический материал по геологическому строению некоторых районов Земли. Во-вторых, благодаря трудам таких выдающихся естествоиспытателей

телей, как Р. Декарт, Г. Лейбниц, И. Ньютон, Н. Стенон, Ж. Бюффон, М. Ломоносов, П. Паллас, Д. Геттон и др., были в том или ином виде сформулированы основные идеи, определившие дальнейшее успешное развитие геологии.

Появились первые космогонические гипотезы (Ж. Бюффона, И. Канта), из которых исходили при геологических построениях. На этой основе сложились взгляды на внутреннее строение Земли и формирование ее поверхности. Но главным было зарождение представлений об историческом развитии Земли и огромной длительности времени ее существования.

Таким образом, развитие естествознания конца XVII и первой половины XVIII в. подготовило почву в науке о Земле для восприятия передовых материалистических идей и подорвало авторитет метафизики, которая стала превращаться в это время в серьезный тормоз развития науки. С середины XVIII в. идеи развития и исторического подхода к исследованию явлений окружающего нас мира начинают все более решительно пробивать себе дорогу и проникать в самые различные отрасли естествознания, характеризуя становление нового этапа в развитии науки. Первая брешь в метафизическом воззрении на природу, по выражению Ф. Энгельса, была пробита И. Кантом, который представил Землю и всю Солнечную систему как «ставшие» во времени. Но отсюда прямой вывод: «Если Земля была чем-то ставшим, то чем-то ставшим должны были быть также ее теперешнее геологическое, географическое, климатическое состояние, ее растения и животные, и она должна была иметь историю не только в пространстве — в форме расположения одного подле другого, но и во времени — в форме последовательности одного после другого»<sup>1</sup>.

С проникновением идеи историзма в естествознание геология, как и многие другие науки о природе, вступает в новый этап развития. Разрозненные знания и представления о различных сторонах строения Земли необходимо связать в единое целое. Предмет геологии как самостоятельной науки начинает формироваться в виде историко-геологического процесса, вскрывающего генетические связи и отношения различных явлений, которые до этого рассматривались, как правило, изолированно друг от друга. Этот период явился весьма примечательным в истории развития геологических идей, в становлении основных принципов и методов познания Земли. В трудах естествоиспытателей первой половины XIX в. Ж. Ламарка, Ж. Кювье, П. Лапласа, К. Гоффа, Ч. Лайеля и др., в столкновении их взглядов и идей был заложен фундамент научной геологии.

Детальный исторический анализ этого периода имеется в трудах отечественных и зарубежных авторов (И. В. Батюшкова, Б. П. Высоцкий, Д. И. Гордеев, А. И. Равикович, В. В. Тихомиров, М. Гунтау, Р. Хойкас и др.). В то же время сложность этого периода, бурная и обширная полемика по принципиально важным вопросам науки между крупнейшими ее представителями, последующие наслоения идеологического и личностного, субъективного характера явились причиной неоднозначных оценок ряда важных моментов характеризуемого периода. Необходимо отметить, что история развития конкретной науки, ее основных идей и теоретических воззрений не может быть абсолютной по своей завершенности. Даже наиболее полные и детальные труды по истории науки требуют критического подхода, так как

<sup>1</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 351.

всегда несут на себе печать своего времени и отражают субъективное восприятие исследователя. Все это обуславливает необходимость переосмысления исторического материала в контексте современных методологических идеалов и норм познавательной деятельности. Б. П. Высоцкий [1, с. 92] отмечает, что освещение фактов истории этой науки и общая характеристика отдельных ее периодов мало обоснованы, одной из причин чего является выборочное изучение явлений эпохи. Некоторые исследователи абсолютизируют роль отдельных фактов в развитии науки, недоучитывают взаимное влияние различных отраслей естествознания друг на друга, воздействие общего социокультурного фона на развитие научных идей и т. д. Историки науки справедливо указывают на важность исторического освещения общих методологических проблем в науках о Земле [23, с. 103]. Современная историография и методология науки исходят из требования всестороннего учета самых различных факторов, оказывающих прямое или опосредованное влияние на развитие исторических форм знания. Реализация этого важного положения на деле есть конкретизация диалектического принципа, согласно которому: «Чтобы действительно знать предмет, надо охватить, изучить все его стороны, все связи и "опосредствования"»<sup>2</sup>. Для истории науки в связи с этим важно максимально полно раскрыть закономерности развития научного знания. С. Р. Микулинский [9, с. 4] отмечает: «Смысл исторического подхода, принципа историзма не просто в установлении изменений, выявлении их последовательности, но также в том, чтобы раскрыть конкретную историческую обусловленность каждого явления, его связь с конкретными историческими условиями».

Учитывая высказанное, осветим некоторые моменты идейной и теоретической борьбы в геологии в период ее становления как науки.

На рубеже XVIII и XIX вв. с прогрессивными взглядами на строение и развитие Земли выступил крупнейший французский натуралист Ж. Б. Ламарк. Более известный как реформатор биологии, создатель первой целостной эволюционной теории он в то же время оказал большое влияние на развитие общих геологических представлений. Основная мысль, которую он настойчиво пытался утвердить в естествознании своего времени, заключалась в признании древности земного шара и постоянных и неотвратимых изменений на его огромной поверхности [7, с. 812]. Позднее Ч. Лайель, признавая влияние на себя Ламарка, писал: «Его теория восхитила меня больше, чем какие-либо другие, о которых я когда-либо имел возможность читать... Земля действительно очень древняя; так он считает, но это давно является и моим кредо» (цит. по: 11, с. 43).

Осознал Ж. Ламарк и необходимость для познания природных явлений исторического метода, хотя последний разработан у него еще недостаточно. «После того, как поняли важность изучения отложений, появились, особенно за последние годы, попытки разработать так называемый естественный метод, представляющий собой не что иное, как предложенный человеком набросок того пути, по которому шла природа, создавая свои произведения» [7, с. 114]. К сожалению, большинство современников не смогли оценить всю важность методологических взглядов французского ученого в силу того, что естественноисторический тип мышления не получил к тому времени еще широкого развития в науках о природе. Опираясь на взгляды

Бюффона, Геттона и Дэмаре, Ламарк развил униформистские и актуалистические представления применительно к геологическим явлениям.

Эволюционные идеи, проникая в сознание естествоиспытателей, в то же время еще не могли получить распространения. В этот период они не были оформлены в целостную теоретическую систему, не могли объяснить ряд фактов, хорошо известных натуралистам того времени (резкое различие ископаемой фауны и флоры, тектонические нарушения и т. п.). Ответы на возникшие вопросы попытались дать представители нового направления в геологии — катастрофизма.

Это течение тесно связано с именем широко известного французского натуралиста Ж. Кювье, который сумел на определенное время привлечь на свою сторону многих ученых. Его отрицательное отношение к эволюционному учению явилось своеобразной реакцией приверженца экспериментальной науки с ее строгим естественнонаучным методом на натурфилософские претензии эволюционистов того времени. Выступив против взглядов Ж. Ламарка, Ж. Кювье в основу своей теории положил метафизический принцип неизменяемости органических видов и идею появления новых форм жизни после грандиозных переворотов на поверхности Земли. Несмотря на противоречивость и ограниченность ряда положений, теория катастроф быстро получила широкое распространение. Катастрофизм как научное направление представлял собой явление вполне закономерное, отражавшее определенный уровень знания своей эпохи. Эта теория позволила объяснить ряд естественнонаучных фактов, заставила обратить внимание ученых на неравномерность развития Земли, что, как правило, игнорировали эволюционисты. На основе катастрофических идей были разработаны и успешно использовались методы исследования, такие, как биостратиграфический, сравнительно-анатомический, актуалистический. Правда, в связи с последним бытует мнение, что катастрофизм явился серьезным препятствием для его успешного развития. Однако сам Кювье широко пользовался сравнением ископаемых раковин с ныне живущими и указывал на необходимость изучения современных и ближайших нам геологических явлений для выяснения далекого прошлого.

Серьезным недостатком теории катастрофизма, как впрочем и многих других теорий той эпохи, был ограниченный, односторонний подход к сложным и многообразным явлениям окружающей действительности, тенденция к абсолютизации отдельных природных сил и процессов. Можно сказать, что все эти теории несли на себе печать не преодоленного еще метафизического образа мышления. Научное содержание этой теории не заключало в себе ничего реакционного. Тот факт, что Ж. Кювье в своих трудах не попытался объяснить причины катастроф, нельзя ставить ему в вину, как это делали многие противники теории катастрофизма. Кювье понимал, что наука его времени еще не в состоянии дать ответа на такие вопросы. Любая попытка такого рода с неизбежностью приводила к спекулятивным построениям. Можно упомянуть Ньютона, который в свое время отказался рассматривать по тем же мотивам природу сил тяготения.

Необходимо отметить, что Ж. Кювье в трактовке катастрофизма не занимал тех крайних радикальных позиций, которые ему иногда приписывают. Наряду с катастрофическими он признавал периоды спокойного развития Земли, причем катаклизмы носили у него региональный характер, акты божественного творения им отрицались. В своем известном труде

он отмечает: «... я не говорю, что нужно 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 придти из других мест» [5, с. 150]. В связи с этим можно указать, что Ламарк, будучи последовательным эволюционистом и резко выступая против теории катастроф, сам признавал наличие частичных или местных катаклизмов [7, с. 822]. Все это говорит о том, что под влиянием объективных, неопровержимых фактов ученые вынуждены вносить в свои теоретические концепции изменения и дополнения, идущие иногда вразрез с их основной идеей.

Общеизвестна оценка, которую дал Ф. Энгельс теории катастроф, охарактеризовав ее как революционную на словах и реакционную на деле<sup>3</sup>. По-видимому, такая резкая оценка направлена не столько против самого Кювье, поскольку он вряд ли ее заслуживает, сколько против тех реакционных выводов, которые были сделаны некоторыми ортодоксальными последователями катастрофических идей. Использование этой теории церковью является лишь свидетельством той практики, которую применяли ее идеологи по отношению к науке и ее достижениям, используя их в своих интересах. К началу XIX в., отмечает Б. П. Высоцкий, даже отдельные упоминания о библейском летосчислении в геологии считались уже пережитком [1, с. 90]. Последовательные антиклерикальные позиции занял он как руководитель университета против иезуитов, пытавшихся проникнуть в него и распространить там свое влияние. Даже отдельные последователи Кювье (Агассис, Орбиньи и др.), доведя до крайности определенные положения катастрофической теории, не обращались к библейскому чуду как объяснению причины всеобщих катастроф, а основывали свои взгляды на гипотезе контракций. Хотя нельзя не признать, что в некоторых своих работах они демонстрируют конформистское отношение к тем научным вопросам, которые связаны с мировоззренческими и идеологическими оценками.

Можно отметить и такой факт, что ограниченность теории катастроф, ее слабые стороны невольно способствовали усиленным поискам доказательств, опровергающих несостоятельные идеи. Советский ученый И. А. Ефремов [2] указывал, что борьба между актуалистическим направлением в геологии и сторонниками принципа геологической неповторимости была чрезвычайно плодотворна для тафономии, так как сосредоточила внимание крупных исследователей на объяснении причин отсутствия многих фаций в древних осадочных напластованиях.

Но может быть самым парадоксальным является то, что, будучи противником эволюционизма, Ж. Кювье своими обширными исследованиями создал прочную базу для успешного развития этого учения на последующем этапе развития науки. А. А. Борисяк в предисловии к книге Ж. Кювье отмечал: «Кювье не создал эволюционного учения, но он дал метод — точный научный метод, который опрокидывал натурфилософские абстракции и подготавливал почву для современного естествознания, а тем самым открывал путь к научному эволюционному учению» [5, с. 50].

Современником Ж. Ламарка и Ж. Кювье был другой выдающийся

<sup>3</sup> См.: Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 352.

преобразователь естествознания — П. Лаплас. С его именем связано развитие небесной механики и создание космогонической гипотезы, которая оказала большое и длительное воздействие на развитие геологических представлений. Как известно, космогонические идеи Канта, хотя и были высказаны им раньше (в 1755 г.), но по ряду обстоятельств оказались почти неизвестными большинству естествоиспытателей того времени. П. Лаплас, не знакомый с кантовской работой, пришел к близким выводам в своем фундаментальном труде «Изложение системы мира» (1796 г.). Однако во взглядах И. Канта и П. Лапласа были определенные различия. Более того, гипотеза И. Канта явилась следствием гениальной прозорливости выдающегося немецкого мыслителя, сумевшего преодолеть ограниченность метафизического взгляда на природу и ввести в естествознание идею развития. У П. Лапласа космогоническая гипотеза оказалась связанной с хорошо разработанной им системой небесной механики, хотя и не вытекала из нее непосредственно. Взятая на вооружение геологией, эта космогоническая гипотеза до начала XX в. служила основой для различных геотектонических построений.

Космогонические воззрения П. Лапласа не были лишь следствием развития его небесной механики. Большое влияние на формирование естественнонаучных взглядов ученого оказало развитие эволюционных идей, прежде всего в трудах Ж. Ламарка и Ж. Сент-Илера. До П. Лапласа в геологии развивались космогонические взгляды Бюффона, изложенные последним в 1749 г. в «Теории Земли», в основе которых лежала идея катастрофизма. Взгляды П. Лапласа опирались на эволюционистские представления, становящиеся господствующими в естествознании того времени. Когда П. Лаплас говорил о том, что мы должны рассматривать настоящее состояние вселенной как следствие ее предыдущего состояния и как причину последующего [8, с. 9], то он, по сути дела, высказывал мысль, которая выражала умонастроение большинства естествоиспытателей той эпохи. Особенно четко это было выражено в работах Ж. Ламарка.

Приведенная мысль П. Лапласа считается одним из определений его механистического принципа детерминизма, который был сформулирован на основании абсолютизации законов классической механики. Определенное влияние на формирование этих взглядов оказали эволюционистские идеи. «Хотя исторические памятники не восходят к самой глубокой древности, — писал он, — они все-таки указывают на довольно большие изменения, следовавшие от медленного и продолжительного действия естественных агентов» [8, с. 163]. Причем для П. Лапласа развитие Земли не представлялось в виде следования однообразных процессов друг за другом, приводящих к сходным результатам. Он считал, что поверхность Земли должна была испытывать громадные изменения, даже небо, несмотря на порядок в своих движениях, не является неизменным (с. 163). П. Лаплас, вопреки существующему мнению, не ставил перед собой задачи распространить жесткий принцип детерминизма на все науки. Он понимал, что только астрономия и геометрия приближаются к такому идеалу, другие же науки о природе имеют дело с более сложными объектами. «Явления природы, — подчеркивал он, — сопровождаются по большей части столькими посторонними обстоятельствами, влияние многочисленных возмущающих причин настолько к ним примешивается, что становится очень трудным познавать их» (с. 75). Далее П. Лаплас предлагал эффективный и единственно возможный метод

изучения таких сложных природных явлений. «Достигнуть этого можно, — указывал он, — только повторным наблюдением и опытом, чтобы посторонние влияния взаимно уничтожались, и средние результаты сделали бы очевидным эти явления и их различные элементы. Чем многочисленнее наблюдения и чем менее они расходятся, тем ближе их результаты к истине» (с. 75). Таким образом, П. Лаплас дал для изучения многообразных природных явлений, естественный ход которых постоянно нарушается различными причинами, метод теории вероятностей, который в дальнейшем геология с успехом взяла на вооружение.

К концу первой трети XIX в. катастрофизм как научное направление исчерпал свои возможности и стал тормозить дальнейшее развитие геологической науки. Ограниченно понимая характер и темпы исторического развития Земли, катастрофизм препятствовал становлению научного метода и более последовательной и полной теории в геологии. Многие геологи начинают выступать все смелее с критикой основных положений теории катастрофизма. Решительный удар по теории был нанесен трудами К. фон Гоффа и Ч. Лайеля, которых не без основания считают основателями классической геологии с ее научным актуалистическим методом. В своих ранних работах К. фон Гофф отчетливо проводит идеи о длительности геологического времени и постепенности изменений земной поверхности. Сама эта мысль не была чем-то необычным и новым в этот период, так как явно или имплицитно содержалась во многих естественнонаучных трудах. Но последовательно развивая свои идеи, опираясь на огромный фактический материал и критически анализируя известные ему теории развития Земли, Гофф пришел к мысли об ограниченности существующих способов исследования.

Пользуясь в своей работе методом индуктивных построений, он формулирует положение о возможности на основе изучения современных процессов познавать далекое прошлое Земли. В то же время К. фон Гофф очень осторожно относился к сравнению современных и прошлых явлений и не абсолютизировал свой метод, считая, что при современных знаниях невозможно объяснить большую часть геологических явлений. Используя предложенный им метод против катастрофистов, Гофф оставлял право за «частными катастрофами», которые, хотя и редко, но имеют место в истории Земли (например, землетрясения, вулканические извержения и т. п.). Выступив в период острой борьбы различных геологических течений и революционной ломки многих теоретических представлений в геологии, Гофф создал предпосылки для развития униформистского направления и явился основателем актуалистического метода.

Тогда же с критикой катастрофизма выступил английский ученый Ч. Лайель, который опирался в своих исследованиях на достижения предшественников и анализ собранного им большого фактического материала. Униформистская идея, сводившаяся к признанию того, что законы природы остаются неизменными на всех этапах развития Земли, была воспринята Лайелем у Геттона и его последователей (Д. Плейфера, Ж. Ламарка и др.). Разрабатывая на основе этой идеи свою гипотезу, Лайель руководствовался рядом принципов, определивших характер его теоретических построений и соответствующего им метода исследования<sup>4</sup>. К числу таких

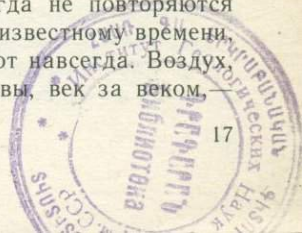
<sup>4</sup> Этот вопрос детально рассмотрен в работе А. И. Равикович [11].

исходных положений относятся прежде всего во многом ограниченный и метафизический по своей сути принцип тождества сил (принцип однообразия), из которого следовало, что геологические процессы близки по своей интенсивности на протяжении всей истории Земли. Лайель говорил о «сходстве между состоянием земного шара в отдаленных эпохах и в настоящее время» и о том, что «существует однообразие в законах, управляющих изменениями на земном шаре» [6, с. 80]. Следующим был принцип непрерывности и постепенности геологических сил, исключая всякую внезапность их проявления. В общей форме этот принцип был сформулирован еще Г. Лейбницем. И наконец, принцип огромной длительности геологического времени — на его особую важность для развития геологии настойчиво указывал Ламарк.

4697

Содержанию униформистской гипотезы наиболее соответствовали актуалистические идеи, которые были окончательно конституированы Ч. Лайелем в самостоятельный геологический метод. Идея о неизбежности законов природы с необходимостью приводила к мысли о близкой аналогии процессов далекого прошлого и современности, о том, что на основании изучения современных явлений и процессов можно познать или лучше выяснить историю Земли. Ч. Лайель считал, что во многих случаях вообще нельзя обойтись без метода актуализма, так как специфика и сложность геологического исследования заставляет геолога обращаться прежде всего к изучению современных процессов и на основе их вскрывать закономерности прошлого. В своем основном труде он подчеркивал эту мысль: «Если исследователь твердо усвоит верование в сходство или тождество древней и настоящей системы земных изменений, то в каждом факте, указывающем на причины, повседневно действующие, увидит ключ к истолкованию какой-нибудь тайны в прошлом» [6, с. 228]. То, что было создано Лайелем, нельзя воспринимать как простую реминисценцию или компиляцию идей своих предшественников. Лайель обобщил разрозненные идеи и на их основе придал конкретность униформистским представлениям. В результате была создана единая система геологии со своей теорией и научным методом исследования. Получили наконец теоретическое обоснование многие важные проблемы геологии, до тех пор не разрешенные.

Лайелевское учение привлекло много сторонников и на протяжении ряда десятилетий было господствующим в геологии. В то же время недостатки этого учения не могли не привлечь внимание естествоиспытателей, многие из которых были в целом сторонниками и соратниками Ч. Лайеля. Прежде всего критике подвергся униформизм с его односторонней направленностью. Принцип однообразия слишком упрощенно представлял реальную картину природы и, будучи возведенным униформистами в закон, препятствовал развитию подлинно эволюционных идей. Например, один из приверженцев Лайеля, английский геолог Д. Пэдж, защищая униформизм, вынужден был вносить соответствующие поправки в это учение. «Признавая учение об однообразии проявления сил природы, — отмечал он, — мы должны однако помнить, что имеем дело с миром явлений, в котором происходят не просто преобразования, но есть и прогресс... Результаты физических изменений одной эпохи никогда не повторяются в последующей. Органические формы, принадлежащие известному времени, вымирают вместе с условиями этого времени и исчезают навсегда. Воздух, суша, вода, — так как действия их постоянно одинаковы, век за веком,



производят сходные результаты, но никогда не производят они результатов тождественных [10, с. 31]. С критикой униформизма (в рецензии на книгу Лайеля) выступил известный английский геолог Г. Скроп. Немецкий геолог Б. Котта высказал мысль о необходимости изменений в лайелевской теории и т. д.

Несмотря на противоречивость и ограниченность теории униформизма, она оказалась плодотворной и безраздельно господствовала в геологии до конца первой половины XIX в. На смену идеям Ч. Лайеля пришла более последовательная, материалистическая теория Ч. Дарвина. Горячий сторонник лайелевского учения, он воспринял наиболее ценные его стороны и сумел продолжить то, на чем остановился Ч. Лайель. Если последний в понимании тождества древних и современных процессов оставался на догматических позициях, то Ч. Дарвин доказал, что развитие в органическом мире происходит прогрессивным путем, т. е. от низших форм к высшим. Он считал, что при сравнении древних и современных процессов необходимо учитывать не только чисто количественные изменения, но и качественные. Тем самым он ввел в понимание актуализма очень важную идею необратимости развития. Творчески переработав и дополнив идеи Лайеля, великий биолог поднялся над ортодоксальным пониманием принципа униформизма, а идея необратимости процесса эволюции привела его к представлению о глубоко историческом характере развития природы.

Академик Н. С. Шатский так оценивал вклад Ч. Дарвина в развитие геологии: «Актуализм Лайеля — этот метод геологического анализа — не мог бы дать результатов, какие он дал после появления теории развития Дарвина, так как только после 1859 г., когда Дарвин показал и огромную продолжительность геологического времени и сложность геологической истории, появилась возможность критически применять актуализм для решения конкретных вопросов геологии» [14, с. 279]. Идея развития природы с учетом качественного ее преобразования сразу же подняла геологию на более высокую ступень по сравнению с эпохой господства униформизма и актуализма в их ограниченной, метафизической форме. Теория Дарвина способствовала признанию в геологии концепции необратимой эволюции, что означало наступление качественно нового этапа в познании Земли.

Такова в общих чертах картина «героического периода», связанного со становлением и интенсивным развитием научных взглядов на геологическую историю Земли. Революционная ситуация, возникшая в естественноисторических науках, породила ряд научных направлений и школ, борьба между которыми в итоге привела к созданию научной системы геологии. Основные научные идеи, которые разрабатывались в это время, не были чем-то новым и многие из них своими истоками уходили еще в античную мысль. Позднее в науке широко развивались такие взгляды на основе наблюдения природы, аналогий и натурфилософских спекуляций. Но эти идеи не получали дальнейшего развития, так как в тех условиях еще не созрели предпосылки для их трансформации в соответствующие принципы, теории и методы. Этот процесс стал происходить значительно позднее в соответствующей социально-экономической обстановке и в иных условиях развития науки. Идеи всеобщего движения и развития в природе, представления о происхождении этого движения, характера его проявления, темпов развития и т. д. стали рассматриваться в этот период большинством натура-

листов не как результат умозрительных построений, а как следствие, вытекающее из опытного изучения явлений и фактов природы, т. е. в качестве апостериорного знания. «Диалектика вещей,— отмечал В. И. Ленин,— создает диалектику идей, а не наоборот»<sup>5</sup>. Это положение во многом объясняет возникновение таких течений, как катастрофизм и униформизм, а также характер борьбы между ними.

Накопленный к этому периоду в геологии фактический материал, полевые наблюдения позволили при одностороннем подходе находить подтверждение любой из альтернативных точек зрения. Кювье, являясь блестящим экспериментатором и опираясь на строго установленные и индуктивно обработанные факты, создал теорию, которая была адекватным отражением геологической реальности, хотя и не в полной мере. Одной из заслуг катастрофизма явилось то, что он заполнил пробелы, которые не мог объяснить ранний эволюционизм и униформизм. Кювье разработал сравнительный метод изучения животных, на его основе создал детальную классификацию животного мира, обосновал принцип корреляции, с помощью которого успешно восстанавливал облик ископаемых животных, заложил основы исторической геологии и т. п. В свою очередь униформизм позволил избежать того тупика, в который мог завести геологию катастрофизм с его отрицанием идеи эволюционного развития.

Несомненно, что оба научных направления — катастрофизм и униформизм были исторически обусловленным этапом в развитии геологии, соответствовали ее внутренним возможностям и позднее во вскрытом виде вошли в более целостную и детально разработанную теоретическую концепцию. Ретроспективный анализ позволяет избежать крайних оценок и противопоставления этих двух научных направлений тем более, что такого резкого разграничения, которое им приписывается иногда в нашей литературе (особенно в учебной и популярной), не было у самих основоположников рассматриваемых научных течений. Как Ж. Кювье, так и Ч. Лайель признавали возможность частных катастроф и периодов медленного, спокойного развития Земли. Работы того и другого были пронизаны идеями актуализма. Кювье был противником эволюционизма, но это не означало отрицания им развития в природе, он лишь иначе, чем все эволюционисты, понимал характер этого развития. Интересно, что Кювье признавал космогоническую гипотезу Лапласа, хотя она в основе своей была типично эволюционистской, а Лайель отвергал ее, так как она не согласовывалась с узко понимаемым им принципом однообразия природных сил.

Дискуссионность оценок катастрофизма и униформизма обусловлена также тем, что их возникновение и коллизии между ними некоторые исследователи пытаются объяснить только внешними, вненаучными факторами. Так, возникновение теории катастроф, ее успех и широкое распространение связывают с тем, что достижения геологии того времени стали противоречить библейским догмам и якобы объяснение, предложенное Кювье, разрешило эту трудность. Основанная таким образом на «священном писании» теория катастрофизма объявлялась реакционной [3, с. 62]. Ее сменила прогрессивная униформистская концепция Лайеля. Однако прогрессивность последней достаточно относительна. Оценивая историческую роль этих теорий, мы видим, что каждая из них решала свой определенный круг вопросов,

<sup>5</sup> Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 29, с. 178.

в какой-то мере они дополняли друг друга, и сравнивать их по степени прогрессивности не представляется возможным. Теория Лайеля была также ограниченной и не вызвала особых возражений со стороны церкви. Известно, что Лайель долгое время не принимал ряд выводов, вытекающих из прогрессивной теории Дарвина, а именно она нанесла сокрушительный удар по религиозному учению. Известный русский геолог А. П. Павлов высоко оценивал идеи Кювье. «Когда теперь читаешь,— писал он,— программу исследований, завещанных Кювье будущим исследователям, так и кажется, что эта программа написана для Лайеля. Настолько точно и полно он ее выполнил» [2, с. 115].

Чем же объяснить успех этих двух направлений в геологии, заключавших в себе ограниченность и многие противоречия своей эпохи, в то время как более прогрессивные взгляды некоторых ученых (Ж. Ламарка, П. Лапласа, Г. Скропа, К. Гоффа и др.) не получили широкого признания. По-видимому, тем, что Кювье и Лайель, избрав альтернативные идеи, смогли выдвинуть и обосновать целостную научную программу.

В науке господствуют и оказываются эвристически действенными отдельные идеи и теории, а парадигма, т. е. система взаимосвязанных между собой идей, принципов, гипотез или теорий, на основе которых вырабатывается единая стратегия. Последняя выступает как совокупность наиболее общих исследовательских стратегий, методов и операций. В куновском понимании парадигма выступает как модель и образец решения исследовательских задач, и именно это мы находим в трудах Кювье и Лайеля. Парадигма легче усваивается научным сообществом и максимально соответствует тем задачам, которые стоят перед наукой на данном этапе ее развития. Так, Ламарк и Лаплас высказывали более передовые взгляды, чем Кювье, но их идеи не были оформлены в единую систему, не был разработан действенный метод, эмпирическое обоснование их идей было еще крайне недостаточно. Теория же Кювье имела четкую программу, определенную методологическую направленность и привлекала внимание тем, что успешно решала задачи, непосредственно стоящие перед естествознанием в тот период. Даже теория Лайеля, появившаяся позднее трудов Ламарка и Лапласа, уступила им в смысле идейного содержания.

Многие современники и соратники Лайеля высказывали более прогрессивные взгляды, указывали на слабые места в униформистской концепции и критиковали ее. Но заслугой Лайеля является то, что он сумел связать в единое целое идеи и принципы, высказанные его предшественниками, на их основе построить теоретическую схему развития Земли и изложить нормативные требования соответствующего метода исследования, который впоследствии был назван актуалистическим. Он подошел к решению вопросов геологии в духе традиций, широко распространенных в естествознании со времен Ньютона. Задача науки виделась в том, чтобы объяснить многообразный и сложный мир природных явлений на основании немногих четких принципов. Так, принцип однообразия позволил Лайелю упростить сложную картину природных процессов, сделать ее доступной и легко познаваемой. Представление о простой повторяемости и цикличности в природе позволяло устанавливать закономерности в ее развитии, ибо повторяемость есть существенный признак всякого закона.

Все это обусловило господство лайелевской концепции на определенный период, ее действенность в решении ряда важных геологических вопросов.

Но, исчерпав свои возможности, униформизм столкнулся с такими контрверсами, которые сам уже разрешить не мог, и вынужден был уступить более прогрессивным взглядам, сформировавшимся под влиянием работ Дарвина.

Таким образом, современная историко-геологическая концепция своими истоками уходит к периоду зарождения и столкновения основных идейных течений в геологии начала XIX в. Естественно, что за это время геологическая наука существенно изменилась. Влияние НТР проявилось созданием мощного арсенала новых методов и новых средств исследования. Новейшие достижения фундаментальных наук способствовали бурному развитию теоретической мысли. В то же время сама парадигма геологии изменилась незначительно. Цели и задачи геологического исследования существенно не изменились. Теоретические методы ее сохранили по преимуществу дескриптивный характер, их структура и функции остались теми же. Повышение их эффективности происходит в основном за счет заимствования методов фундаментальных наук в специфическом их преломлении.

Подобную ситуацию нельзя расценивать как слабость и инертность данной науки: в этом ее специфика, обусловленная сложностью объекта познания, его историческим характером. Данная особенность проявляется в частности в том, что современная геологическая мысль часто обращается к наследию прошлого, к полузабытым идеям для того, чтобы лучше оценить их в свете современного состояния науки, взять то рациональное и ценное, что составляет непреходящую имманентную сущность последней.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Высоцкий Б. П.* Проблемы истории и методологии геологических наук. М.: Наука, 1977. 280 с.
2. *Ефремов И. А.* Тафономия и геологическая летопись. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. 184 с. (Тр. ПИН; Т. 24. Кн. 1).
3. История геологии. М.: Наука, 1973. 388 с.
4. *Кун Т.* Структура научных революций. М.: Прогресс, 1977. 288 с.
5. *Кювье Ж.* Рассуждение о переворотах на поверхности земного шара. М.; Л.: Биомедгиз, 1937. 368 с.
6. *Лайель Ч.* Основные начала геологии. М., 1966. Т. 1. 399 с.
7. *Ламарк Ж. Б.* Избранные произведения. М.; Изд-во АН СССР, 1955. Т. 1. 967 с.
8. *Лаплас П.* Опыт философии теории вероятностей. М., 1908. 206 с.
9. *Микулинский С. Р.* Контрверза: интернализм—экстернализм — мнимая проблема. М.: Наука, 1977.
10. *Пэджд Д.* Философия геологии. СПб., 1867.
11. *Равикович А. И.* Развитие основных теоретических направлений в геологии XIX в. М.: Наука, 1969. 246 с. (Тр. ГИН АН СССР; Вып. 169).
12. *Равикович А. И.* Чарлз Лайель. М.: Наука, 1976. 206 с.
13. *Резанов И. А.* Состояние и ближайшие задачи исследований по истории геологических наук. М.: Наука, 1981. 103 с. (Вопр. истории естествознания и техники; №1).
14. *Шатский Н. С.* Дарвин как геолог. — В кн.: Дарвин Ч. Соч. М.; Л.: Биомедгиз, 1936, т. 2.

**ВОЗНИКНОВЕНИЕ ГЕОЛОГИИ КАК НАУКИ**

Вопрос о возникновении какой-либо науки как самостоятельной дисциплины по-прежнему является актуальной проблемой в марксистско-ленинской историографии и нуждается в дальнейшей углубленной разработке. В последние годы стали широко обсуждаться причины, способствовавшие возникновению отдельных дисциплин, таких, как горное дело, кристаллография, химия. В этих исследованиях описывается, «как» происходил конкретный исторический процесс. Вопросы же о том, «почему» и «вследствие чего» исторически в этом процессе появлялись новые дисциплины, еще не получили должного ответа.

Очевидно, что для анализа динамики связей формирующейся отрасли решающее значение имеет расшифровка содержания такого понятия, как наука и ее дисциплины. Мы рассматриваем дисциплину (отрасль науки) как подсистему, входящую в состав общей системы науки, изучающей соответствующую область реальности. Таким образом, дисциплина есть исторически развивающаяся система научной деятельности, возникающая под влиянием общественных требований. Она характеризуется соответствующим предметом исследований (с четко ограниченным классом объективных законов) и вырабатывает понятия, гипотезы, теории, методы и т. п. Последние представляют собой основные логические элементы структуры (блоки) науки. Воспроизводство основных элементов научной деятельности возникает в процессе исследований. Успех таких исследований обеспечивается расширением коммуникаций, ростом кадров, появлением новых форм организации (исследовательские институты, высшие учебные заведения, журналы, общества). Через эти организации отдельные науки оказывают общественное воздействие. Новая дисциплина формируется, если: 1) возникает общественное требование, которое стимулирует научную деятельность в данной области знания; 2) процесс познания приводит к развитию обобщающих теоретических концепций и принимает характер сравнительно замкнутой системы; 3) для изучения предмета дисциплины основываются научные институты.

Несомненно, что можно привести другие предпосылки. Однако на основе приведенной выше схемы удобно анализировать по частям очень сложный общественный процесс возникновения научных отраслей знания, которые в конкретном историческом плане тесно связаны между собой.

Как и многие другие исследователи, В. В. Тихомиров [4] считает, что вторая половина XVIII в. была эпохой формирования геологии как самостоятельной науки. Он усматривает главные факторы, способствовавшие становлению современной геологии, в разработке теории развития и методов мелкомасштабных исследований обширных областей континентов Земли. Эти новые качественные элементы геологического познания оказались под влиянием совершенно определенных общественных условий, который способствовали появлению геологической деятельности как самостоятельной области научной работы.

Важная предпосылка для появления таких работ создалась в результате усиления связи между геологическим знанием и получением материального

продукта горного производства. С развитием мануфактур и началом индустриальной революции во второй половине XVIII в. в некоторых странах Европы отмечается значительное увеличение потребности в металле и угле, что вызвало интерес к новым богатым месторождениям: их систематические поиски становятся актуальной задачей. Особое значение приобретали геологические исследования тех районов, где горное дело уже существовало много столетий, например в Рудных горах. В Саксонии это нашло отражение в правительственных мероприятиях. В 1766 г. Главная ревизионная комиссия, изучавшая состояние Саксонской горной промышленности, пришла к выводу о необходимости геологического картирования страны, чтобы определить связь между рудами и вмещающими породами, а также выяснить вопрос о генезисе месторождений. Такое положение, вытекавшее из требований промышленности, отмечалось и в других странах, в том числе в Австро-Венгрии и России.

До наступления капиталистической фазы общественного развития геологический производственный опыт в горном деле почти не накапливался. Хотя начиная с эпохи Возрождения он стал заметнее, производством не могло пользоваться полученными данными в полной мере. Настоятельная потребность в накоплении геологических знаний возникла одновременно с ростом горного производства в эпоху перехода к индустриальной революции. С появлением класса буржуазии и буржуазного порядка изменилось отношение к природе и науке. Это нашло выражение в стремлении к изучению природы малоизвестных стран и континентов в надежде открыть новые источники сырья. Были организованы большие экспедиции в Азию, Австралию, Африку и Южную Америку. Во второй половине XVIII в. многочисленные экспедиции такого рода проводились по инициативе Академии наук в Петербурге и по планам М. В. Ломоносова с целью изучения гигантских просторов России. Они служили примером естественноисторических наблюдений на обширных территориях и содействовали комплексному подходу к познанию геологического строения соответствующих районов. На их основе были получены первые эмпирические и теоретические обобщения планетарного порядка. Эти работы совпали по времени с наметившимися изменениями в отношениях между геологическими знаниями и горным производством.

В XVIII в. в развитии геологических знаний все большую роль стали играть глубокие перемены в мировоззрении естествоиспытателей. Еще физикотеологи Дж. Вудворд и И. Шейхцер пробовали привлечь библейские тексты для толкования наблюдаемых геологических явлений. Распространение естественноисторических методов исследований в XVIII в. привело к постепенному отходу от религиозных взглядов. Существенный вклад в этом отношении внесли Ж. Бюффон, И. Кант, И. Вальх, М. В. Ломоносов [2] и И. Юсти.

Установление истинной природы окаменелостей, ископаемых форм организмов помогло преодолеть библейское представление о возрасте Земли (6000 лет) и осознать, что ее история — длительный процесс. Это повлекло за собой внедрение индуктивного подхода к изучению геологических явлений, основанного на прямых наблюдениях и экспериментальных данных. Тем самым божественная сила (в форме творения или потопа) как первопричина природных процессов была заменена научными представлениями и «геология стала постепенно высвобождаться из пучины фантастических гипотез». Одновременно началось формирование системного характера научных изысканий. На этой основе развивалась первая общая теоретическая концепция.

Для ее создания были использованы важнейшие элементы познания, накопленные еще в донаучный период. Появление такого рода соотношения в конкретном историческом развитии геологических знаний позволяет говорить о становлении геологии как сравнительно самостоятельной отрасли.

В истории геологической науки существовали направления, которые в течение длительного времени развивались относительно независимо. Так, имеются описания минералов, классификации пород и типов месторождений, созданные еще в эпохи античности и средневековья. Эти описания объединяют элементы наблюдений и измерений геологических факторов. С XVI в. известны работы по поискам месторождений на основе определенных выработанных критериев. Развивались также экспериментальные работы с целью подтвердить геологические представления [5].

Типичным явлением в предыстории геологической науки нужно считать то, что обобщения основывались лишь на наблюдениях, которые вписывались в гипотетическую картину жизни Земли. Существенно, что с середины XVIII в. возникли разнообразные специально проводимые геологические исследования. Но при этом наметилась интеграция ранее независимых направлений. Данная тенденция проявилась в том, как, например, Г. Фюксель и Ж. Бюффон понимали историю Земли. Эти натуралисты категорически восставали против любой спекуляции в науке и, опираясь на наблюдения над характером напластования пород и их структуры, развивали общие теоретические представления о прошлом Земли. На основе полевых наблюдений построена работа М. В. Ломоносова «О слоях земных». В ней автор использовал свою геологическую гипотезу для прогнозирования поисков месторождений полезных ископаемых. Эти труды принципиально отличались от многих существовавших в то время фантастических высказываний о прошлом Земли, в основе которых лежала Библия.

Итак, во второй половине XVIII в. определился системный характер геологии. Системность сказывалась в том, что различные формы научной деятельности организовались в единое целое. На этой основе складывались понятия о формациях, горных системах, разрывах и т. п. со своим специфическим геологическим содержанием и специальным языком. В тесной связи с данным процессом возникли первые индуктивные методы. Был создан важнейший геологический метод — геологическое картирование [7].

Геологические исследования привели к накоплению большого объема фактического материала. Необходимость обобщения многообразия геологических фактов и представлений привела к созданию общепланетарной гипотезы. Такая всеобъемлющая гипотеза, однако, не в состоянии была ответить на все вопросы. Гораздо важнее то, что она привлекла в качестве решающего фактора идею времени, которая, с одной стороны, стала ориентиром, а с другой, давала принципиально новое содержание вновь формирующейся дисциплине.

Возможность такого рода антиномии имела большое значение для возникающей отрасли знания. В астрономии в свое время аналогичная стадия развития характеризовалась противоречием между геоцентрической и гелиоцентрической системами, а в химии — противопоставлением теории флогистона теории кислородного горения. Речь идет о фундаментальных внутренних противоречиях в теоретическом здании науки, способствовавших ее постепенному прогрессу. Роль такой фундаментальной концепции играл непутизм, давший первую всеобъемлющую геогенетическую теорию.

Вождем непутизма был А. Г. Вернер, который с 1775 г. преподавал минералогию во Фрейбергской горной академии (Саксония). В сущности, он заложил основы общей геологии в широком смысле слова [1]. А. Г. Вернер в своих обобщениях исходил из ведущей роли воды в геологических процессах. Он пробовал, опираясь на этот принцип, объяснить все явления в истории нашей планеты. Ему было чуждо представление о повседневном вмешательстве в дела природы высшего существа, и он сознательно стремился установить объективные ее законы. Его гипотеза, объясняющая ход земной истории как результат сокращения первобытного океана, соответствует в значительной мере представлению об эволюции природы, до него высказанному Ж. Бюффеном и И. Кантом.

Данная идея была положена в качестве ведущего принципа при интерпретации известных в то время фактов стратиграфии, строения горных систем и палеонтологии. А. Г. Вернер выработал на этой основе генетическую классификацию горных пород и теорию образования рудных жил. Его взгляды не привели к противоречию между геологическими знаниями и потребностями горной промышленности. С большим успехом он проводил (1792 г.) геологическое картирование в Саксонии, знакомясь с важнейшими источниками минерального сырья своей страны. Эта целенаправленность в решении теоретических и практических задач привела к тому, что в последней четверти XVIII в. непутизм получил признание и широкое распространение.

Таким образом, быстро растущий объем геологических знаний оформился исключительно в виде непутистических представлений, которые тогда были достаточны для практических потребностей горного производства. Непутизм долго оставался господствующей концепцией, но все же он оказался научно недостаточно аргументированным (прежде всего это касалось вопроса генезиса базальтов) и поэтому был вытеснен плутонизмом. Идею плутонизма как целостную концепцию впервые сформулировал в 1780 г. шотландец Дж. Геттон. Хотя эта теория вследствие ее научного превосходства по сравнению с непутизмом сразу же нашла многочисленных последователей, победила она окончательно лишь в первой четверти XIX в., после выявления неоспоримых фактов. Спор между непутистами и плутонистами получил известность не только среди геологов, он привел в конце XVIII—начале XIX в. к жарким дискуссиям, которые ознаменовали первые шаги молодой научной дисциплины. Плутонизм и непутизм — это тезис и антитезис в истории науки.

Как указывалось выше, наука — не только совокупность человеческой деятельности, способствующей получению системы знаний, но также и процесс воспроизведения знаний, их коммуникаций (обмена) и практического использования. Для этого существуют определенные формы учреждений (институтов). Их возникновение — свидетельство зрелости и жизнеспособности научной отрасли, выражение ее признания в обществе. В конкретном историческом процессе институты появились на основе требований, запросов производства, либо в рамках политических мероприятий, либо самой науки. Поскольку эффективность научных поисков реализовалась через институты, они строились по отраслевому принципу. Вот почему в конце XVIII в. стали возникать различные геологические организации в форме учебных заведений и кафедр, научных журналов и обществ.

Замечательно, что формирование геолого-минералогического учения

началось не в старых университетах, а во вновь организуемых горных академиях. В течение трех десятилетий XVIII в. такого рода высшие учебные заведения открылись в Саксонии, Австро-Венгрии (Хемниц, 1770 г.), Пруссии (Берлин, 1770 г.), России (Петербург, 1773 г.), Испании (Альманден, 1777 г.), в Мексике (Мехико-Сити, 1792 г.), Франции (Париж, 1795 г.). Здесь обучались первые специалисты в области минералогии и геологии, впоследствии успешно трудившиеся как преподаватели горных академий и других учебных заведений, в том числе и университетов. В этом процессе распространения геологических знаний Фрейбергская горная академия сыграла важную роль. В ее стенах под руководством А. Г. Вернера сформировалась первая научная геологическая школа. Эта школа содействовала своим большим авторитетом признанию геологии как самостоятельной науки [6].

Наряду с горными академиями возникли геологические кафедры. Так, в 1763 г. в Праге Т. Пайтнер назначается профессором «общих горных наук», и с этого времени он занимается главным образом геолого-минералогическими исследованиями. В 1781 г. в Иенском университете И. Г. Ленц начал читать курс лекций по минералогии. В 1793 г. в Парижском музее естественной истории один из старейших сотрудников Ф. де Сент-Фонд назначается профессором геологии.

Приблизительно в это же время возникли первые периодические издания, специализировавшиеся по минералогии и геологии. К ним принадлежат «Минералогические развлеченья», начавшие выходить в Лейпциге с 1768 г., а также «Журнал по минералогии и минералогической технологии», издававшийся в Галле. Правда, этим журналам была суждена короткая жизнь. Но они были выражением возросшей потребности в обмене научной информацией.

Обмен геологическими идеями и мнениями продолжался также и в других естественно-исторических журналах, прежде всего издаваемых научными обществами. В 1798 г. в Тюрингии возникло «Иенское общество по общей минералогии», объединявшее 1500 членов и развившее значительную и разностороннюю деятельность. Впоследствии были основаны «Лондонское геологическое общество» (1807 г.) и «Минералогическое общество» в России (1817 г.) [3], которые функционируют до настоящего времени.

Возникновение геологии как самостоятельной науки было связано с многочисленными событиями. Изучение эпохи становления геологии свидетельствует о том, что этот процесс не мог происходить под влиянием одной причины (например, благодаря творчеству отдельного ученого или созданной им школы, появлению фундаментальной книги и т. п.), как бы важна она ни была. Процесс этот сложный и зависел от ряда условий, которые должны были совпасть, чтобы привести к становлению новой науки.

Возникновение геологии как науки, происшедшее между 1760 и 1820 гг., было событием большой важности, поскольку оно привело к качественным изменениям в некоторых сферах социальной жизни. В этом процессе приняли участие ученые разных стран.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гунтау М. Геолого-минералогические науки в Германии в конце XVIII в.—В кн.: Тр. 13-го Междунар. конгр. по истории науки. Москва, 1971. Секция VIII. М.: Наука, 1974, с. 99—106.

2. Ломоносов М. В. Первые основания металлургии или рудных дел. СПб., 1763. 632 с.
3. Соловьев С. П. Всесоюзное минералогическое общество 1817—1967 гг. Л.: Наука, 1967. 232 с.
4. Тихомиров В. В. Опыт анализа процесса развития геологии как науки.— Изв. АН СССР. Сер. Геол., 1970, № 4, с. 27—37.
5. Хабаков А. В. Очерки по истории геологических знаний в России. М.: МОИП, 1950. 212 с.
6. Guntau M. Die Entwicklung der geowissenschaftlichen Lehre an der Bergakademie Freiberg seit Gründung der Hochschule im Jahre 1765.— Ztschr. geol. Wiss., 1975, Bd. 3, H. 12, S. 1579—1593.
7. Steiner W. Zur Geschichte der geologischen Karte.— Ztschr. angew. Geol., 1957, Bd. 3, S. 417—424.

УДК 551.24(091)

**И. А. Резанов**

### **ЭВОЛЮЦИЯ ВЗГЛЯДОВ НА ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ**

В геотектонике значительное место занимают выявление и классификация тектонических движений, проявляющихся на земной поверхности. Существуют четыре основных метода изучения тектонических движений, основанных на: анализе геологического разреза и тектонической структуры, расшифровке форм современного рельефа и коррелятных ему отложений, исторических источниках и инструментальных измерениях. Каждый из этих методов позволяет оценить проявление тектонических движений за определенный интервал времени. В соответствии с этим различаются движения земной коры: 1) древние, характерные для всей геологической истории жизни Земли (до неогена); 2) новейшие (неоген-четвертичное время); 3) современные, отвечающие последнему (историческому) отрезку времени и в частности тому, когда уже велись инструментальные наблюдения. Истории изучения тектонических движений посвящена большая литература — работы М. М. Тетяева [14], В. В. Белоусова [3], Н. И. Николаева [9], Ю. А. Косыгина [6], В. Е. Хаина [17].

Приступая к анализу типов тектонических движений и их классификаций, необходимо обратить внимание на принципиальные различия в возможностях выявления древних тектонических движений, изучаемых геологическими методами, с одной стороны, и современных движений, исследуемых инструментальным путем, — с другой стороны. Выделяя древние тектонические движения, исследователь видит лишь их конечный результат, нашедший отражение в геологическом разрезе и в структуре. В этом случае не удастся полностью восстановить периодичность этих движений, если она не отражена в разрезе. Мощности отложений (даже если имела место полная компенсация прогибания) передают лишь суммарный результат опусканий, но ничего не говорят о крайних величинах отдельных колебаний. Положительные движения практически не поддаются анализу геологическими методами, так как мы не знаем местонахождения этих поднятий, хотя их результат и фиксировался в разрезе. Еще меньше информации о характере прошедших движений получаем мы, изучая складчатую струк-

туру, поскольку не можем однозначно определить величину, направления, ритмичность, спектр складкообразовательных движений и т. д.

Иначе обстоит дело с расшифровкой современных движений, изучаемых с помощью повторных нивелировок, триангуляций и других геодезических методов. В этом случае возможно установление всех компонент движений коры — направления, знака, амплитуды, частоты, спектра и т. д.

## РАННИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ТЕКТЕНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЯХ

Мысль о том, что земная поверхность испытывает как воздымание, так и опускания, возникла в глубокой древности и была сформулирована греческим философом Аристотелем (еще раньше об этом упоминается у Пифагора). Наблюдая такие природные явления, как заполнение морей осадками, принесенными реками, а также испарение воды, Аристотель пришел к выводу о постоянно происходящем изменении земной поверхности, о смене во времени моря и суши.

«Одни и те же области земли не остаются постоянно либо влажными, либо сухими, но меняют [свои свойства] в зависимости от появления и иссякания рек. Поэтому и суша и моря меняются [местами], и земля не остается на все время [землей], а море [морем], но там, где была суша, возникает море, а где ныне моря, там снова будет земля» [1, с. 63, 64].

Дальнейшее развитие представлений о непостоянстве земной поверхности принадлежит Страбону. Опираясь на накопленные к тому времени наблюдения современных геологических процессов, Страбон полагал, что и суша и морское дно с течением времени поднимаются и опускаются, вследствие чего площадь материков и размеры морей могут увеличиваться и сокращаться: «Одна и та же местность иногда поднимается, а иногда оседает, а потому и море одновременно то прибывает, то убывает так, что оно или затопляет землю, или снова возвращается в свое ложе... не только малые, но и большие острова, не только острова, но и целые материки могут быть приподняты вместе с морем, равным образом большие и малые пространства Земли могут оседать» (цит. по: 7, т. 1, с. 17—18).

По представлению М. М. Тетяева: «Здесь уже это перемещение суши и моря получает свое теоретическое объяснение в том смысле, что все эти изменения происходят вследствие вертикальных колебаний земной поверхности» [14, с. 12].

Следующий шаг в развитии взглядов на тектонические движения сделали ученые средневековья. В трактате Омара аль-Аалем (IX в.) «Отступление моря» высказаны интересные мысли о движениях земной поверхности. Аалем утверждал, что на Земле и в ее недрах существует много неоспоримых доказательств поднятия суши и моря, уровень которого систематически понижается. Передовым для этой эпохи был вывод Аалема о продолжительности геологических процессов. Опираясь на данные о скорости накопления современных морских осадков, он утверждал, что формирование мощных толщ с морскими раковинами должно продолжаться в течение нескольких тысяч лет. Свои идеи о постепенном воздымании суши из моря он подтвердил сравнением древних географических карт и сохранившихся описаний берегов и островов с новейшими для того времени данными. Аль-Аалем установил скорость погружения уровня моря, равную примерно 7,5 см в столетие.

Выдающийся энциклопедист начала X в. Абу-Али Ибн-Сина (Авиценна), обратив внимание на наличие окаменелостей в толще слоистых пород, пришел к выводу, что некогда на их месте было море: «...кажется, что современные населенные области в прошлом были необитаемыми, погребенными под морем. И окаменение произошло или после того, как они освободились от воды, постепенно в течение эпох, даты которых не поддаются определению, или же под водой, в результате действия подземного жара» [5, с. 48].

Бируни писал, что в результате накопления осадочных пород могут образоваться возвышенности, которые со временем разрушаются, для чего требуется значительное время. Перенос обломков приводит, по мнению Бируни, к смещению центра тяжести планеты, что в свою очередь вызывает перемещение крупных участков земной поверхности и приводит к смене суши и наоборот.

Пять столетий спустя мысль об ископаемых раковинах как свидетельствах колебаний суши и моря была высказана Леонардо да Винчи. Доказательства движений в прошлом он видел в расположении на разных высотах окатанного речными водами гравия, в обнаружении в земных слоях окаменевших листьев, морских водорослей, животных.

В XVII в. следующий значительный шаг в изучении тектонических движений стал возможен благодаря геологическим исследованиям Н. Стенона. Хотя, как отмечает М. М. Тетяев, «Земля у Стенона представляет собой инертную массу, без движения...» [14, с. 15], четыре сформулированные им принципа в геологии впервые показали возможность использовать геологический разрез в качестве материала для расшифровки древних движений земной поверхности. Второй принцип Стенона — слой отлагался в горизонтальном положении, если же он наклонен, то служит отправной точкой для выделения действовавших впоследствии разновозрастных складкообразующих движений. Третий его принцип объясняет причину несогласованного залегания двух слоев и является ключом для выявления в разрезе фаз складчатости и тектонических движений положительного знака (поднятий). Четвертый принцип — горы не представляют постоянной величины — стал основой для разработки геоморфологических методов изучения тектонических движений.

В XVIII в. представления о тектонических движениях получили дальнейшее развитие в работах М. В. Ломоносова, шотландского геолога Д. Геттона и шведского натуралиста А. Цельсия. В работе Ломоносова «О слоях земных» [8] предложена первая классификация тектонических движений. Он различал: 1) «дрожание мелкими и частыми ударами», 2) перпендикулярные поверхности движения вверх и вниз, 3) «поверхности земной наподобие волн колебания», 4) передвижения по горизонтали. Помимо этих быстрых движений, под которыми подразумеваются главным образом землетрясения, Ломоносов выделял длительно действующие движения поверхности Земли, вызывающие наступание и отступление морей: «На некоторых местах берега морские отступлением моря со временем так прирастают, что оттуда произошел вопрос от некоторых ученых, куда вода морская убывает и теряется? однако напрасно: ибо в других местах напротив того береги со временем уходят под воду. И так сей вопрос тщетен; потому что без ушербу воды поднятием и опущением земной поверхности, для внутренних движений, обое легко произойти может» (с. 59, 60). Мысль Ломоносова предельно ясна: колебания уровня моря есть следствие тектонических движений земной поверхности.

Г. Г. Лемлейн отмечает, что «волнообразное колебание земной поверхности описывается и научно устанавливается им [М. В. Ломоносовым] впервые на 59 лет раньше Юнга, которому обычно приписывалось это открытие».

Ломоносову принадлежит важное наблюдение, что тектонические движения в горных областях часто проявляют себя в виде сопряженной пары — поднятие контрастно граничит со впадиной: «Ибо когда рождаются горы, должны купно происходить и доли; и напротив того долин происхождение есть горам рождение. Разность, что в первом случае горы окружаются долинами, во втором долины горами» [8, с. 63]. Таким образом, образование гор и разделяющих впадин Ломоносов объяснил одной причиной. А. Цельсий первым обратил внимание на колебания уровня Балтийского и Северного морей, положив начало длительной дискуссии о медленных движениях Фенноскандии. Д. Геттон в книге «Теория Земли», опубликованной в 1788 г., отводит тектоническим движениям ведущую роль в геологических процессах разрушения суши в местах поднятия и накопления осадков на погружающемся дне моря. Д. Геттон поднял вопрос о причинах движений. Он объяснил поднятие земной коры и образование континентов как результат расширяющегося действия подземного жара.

В XIX в. в связи с бурным развитием всех направлений в геологии взгляды ученых на тектонические движения сильно расширились. В эту эпоху было сформулировано представление о многообразии тектонических движений, возникли новые методы и способы их регистрации. Помимо быстрых движений, первая классификация которых была предложена Ломоносовым, устанавливаются медленные движения. Они доказываются разными методами: анализом геологического разреза, палеогеологическими реконструкциями, изучением террас (геоморфологический метод) и т. д. В этот период все более и более часто ставится вопрос о причинах движений.

Анализу тектонических движений отводил значительное место в своих работах Л. Бух, автор гипотезы кратеров поднятия, в которой в наиболее законченном для той эпохи виде изложен механизм горообразования. Бух полагал, что горы возникают вследствие вертикально направленных движений, вызванных накопившимися в недрах парами и расплавленной лавой. Следующее за поднятием опускание объяснялось реакцией на выход наружу вулканических продуктов.

Изучению тектонических движений много внимания уделял Ч. Лайель. Широко известно его описание движений земной коры в Неаполитанском заливе, выявленных при сопоставлении анализа геологического разреза с наблюдениями в храме Юпитера Сераписа, колонны которого были источены морскими организмами (фолладами). Сопоставив данные (исторические) о времени опускания, а затем поднятия храма с характером осадков в прилегающих районах, Лайель определил скорость движения земной коры. Он показал, что колебания были разного знака (поднятия и опускания) и происходили они постепенно. Будучи сторонником представлений о постоянстве уровня океана, Лайель считал, что «земля, а не море, подвержена попеременному поднятию и падению» [7, с. 201]. А. И. Равикович [13, с. 137] отмечает: «В первых трех изданиях «Основ геологии» Лайель разделял общепринятое мнение (тектонические движения возможны лишь в активных вулканических областях. — *И. Р.*). Лишь после личного осмотра берегов Швеции (1834 г.) он убедился в своей ошибке, найдя следы недавних поднятий по берегам Балтики». Позже Лайель пришел к выводу о том, что подземные силы в одних мес-

тах проявили себя активно, что выразилось в горообразовании, а в других слабо, не вызвав существенных изменений на земной поверхности. Вывод о неравномерном, но повсеместном проявлении движений Лайель распространил и на прежние геологические эпохи. Ему принадлежит первая попытка использовать мощность осадочных толщ для оценки амплитуды тектонических движений. Ссылаясь на данные по Южному Уэльсу, он отмечал, что там в условиях мелкого моря произошло накопление мощной (более 2 км) толщи осадков, сопровождавшееся опусканием земной коры. Поддерживал Лайель и взгляды Ч. Дарвина о крупных опусканиях океанического дна, установленных на основании изучения коралловых рифов.

Проблема тектонических движений занимает видное место в «Лике Земли» Э. Зюсса. Будучи контракционистом, Зюсс рассматривал процесс складкообразования и сопутствующего ему горообразования как результат тангенциального сжатия. Одновременно он уделил внимание изучению трансгрессий и регрессий морей, что привело его к анализу современных колебаний уровня моря — перемещению береговой линии в Европе (Скандинавия, Северное, Балтийское, Средиземное моря) и на других материках. Зюсс объяснил изменения береговой линии поднятием и опусканием уровня гидросферы, а не разнонаправленными движениями суши. Он ввел в литературу представление об эвстатических колебаниях — поднятиях и опусканиях уровня океана. Зюсс пришел к выводу, что вследствие сокращения земного шара происходит опускание морских бассейнов, вызывающее эпизодически отрицательное движение. Накопление осадков в морях и океанах обуславливает противоположное положительное движение морского уровня.

Последующие исследователи часто ставили Зюссу в упрек отрицание им разнонаправленных тектонических движений, однако далеко не всегда обращалось внимание на то, что Зюсс впервые в четкой и развернутой форме поставил вопрос о связи изменения объема океанических впадин со смещением береговой линии. Бурением океанического дна, проведенным в 70-е годы XX в., установлены грандиозные изменения объема океанических впадин в геологическом прошлом, подтверждающие идею Зюсса о связи эвстатических колебаний уровня океана с изменением объема океанических впадин.

## **ВЗГЛЯДЫ НА ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ДВИЖЕНИЯ В КОНЦЕ XIX — НАЧАЛЕ XX В.**

В 1890 г. американский геолог Г. К. Джилберт выделил два главных типа тектонических движений — медленные, создающие континенты (эпейрогенез), и быстрые — создающие горы (орогенез). Эта классификация, получившая широкое признание в XX в., связывается с именем Джилберта, однако такое разделение тектонических движений (может быть не в столь четкой форме) намечилось уже в работах его предшественников: М. В. Ломоносова, немецкого геолога Л. Буха, английского натуралиста Ч. Лайеля. Почему же автором этой широко распространенной классификации тектонических движений всегда считают Джилберта? По-видимому, причина в том, что Джилберт был первым, кто связал воедино две различные характеристики движений: 1) их интенсивность (быстрые, медленные) и 2) тип геологической структуры, ими создаваемой (ороген, смятый в складки, и континент). Такая более емкая, чем у его предшественников (количественно-генетическая), классификация движений способствовала ее популярности. Однако эта же

особенность вскоре стала основной причиной ее критики. Было обращено внимание на то, что горообразование (орогенез) часто не сопровождается складкообразованием и, наоборот, складкообразование может происходить без формирования горного рельефа (см. ниже).

Однако вернемся к понятию орогенеза и эпейрогенеза в работе Г. К. Джильберта. Представления об этих двух типах тектонических движений возникли у него на материале Большого Бассейна — крупной бессточной области в Кордильерах Северной Америки. Здесь он установил структуры двух типов: протяженные вогнутые формы и относительно локальные горные формы. Тектонические процессы, которые создают горные формы, Джильберт назвал орогеническими, движения широкого охвата, которые создают крупные формы (континенты, плато, океанические бассейны), — эпейрогеническими. Эпейрогенические движения могли иметь как положительный, так и отрицательный знак. Орогенез по Джильберту — это совокупность процессов, которые в противоположность «широким сводам» создают более узкие «географические волны», т. е. горные хребты.

Г. Штилле в 1919 г. был, по-видимому, первым, кто обратил внимание на то, что Г. К. Джильберт дал двойное определение понятий эпейрогенеза и орогенеза: «В первую очередь определение по возникающим морфологическим образованиям, во вторую — по эндогенным процессам, которые привели к образованию самих морфологических форм» [19, с. 64]. Таким образом, рядом с определением по результату стоит определение по виду процесса. Добавим, что есть еще третий смысл, вкладываемый в эти категории движений — различия в их скорости (интенсивности). Штилле показал, что Джильберт «употреблял понятия орогенеза и эпейрогенеза, принимая во внимание в первую очередь морфологические результаты» [19].

Иначе трактовал эти два термина Э. Ог [11]. Он использовал их применительно к своей теории геосинклиналей — мобильных зон, расположенных между двумя стабильными областями. По Э. Огу, орогенез развивается в геосинклинали, где сминаются в складки ранее накопившиеся мощные толщи осадков. Орогенез для Ога — это сжатие локальных зон по ширине, но протяженных — под влиянием бокового давления. Подчеркнутая Огом связь орогенеза с геосинклинальным процессом, когда орогенез оказывается второй стадией развития геосинклинали (первая стадия — прогибание и накопление осадков), получила в дальнейшем широкое распространение и в той или иной форме развивается (или опровергается) до настоящего времени.

Если орогенические движения, по Э. Огу, выражаются в поднятии, то эпейрогенические могут быть как положительными, так и отрицательными. Он считал, что орогенез сопровождается одновременными эпейрогеническими движениями, которые в общем перпендикулярны (в плане) и имеют обратный знак (по направлению).

Первая критическая работа, дающая подробный анализ понятий орогенеза и эпейрогенеза, принадлежит Г. Штилле. Выше уже приводились его замечания относительно двойственности в понимании этих терминов Джильбертом. Штилле возразил и против разделения этих понятий в том виде, как это сделал Э. Ог: «Против оговского принципа разделения орогенеза и эпейрогенеза я должен возразить, что этот принцип: 1) не разделяет совокупности процессов диастрофизма на две действительно резко и принципиально различные категории и 2) не соответствует первоначальному значению понятия Джильберта» [19, с. 68]. Штилле возражает против взгляда Ога

о «протекающих по простиранию орогенических и совершающихся ортогонально по отношению к нему эпейрогенических движениях». С долей сарказма Штилле писал: «Но как обстоит дело с промежуточными направлениями? Являются ли движения, которые следуют им, эпейрогеническими или орогеническими?» [19].

По поводу второго пункта своих возражений Штилле замечает: «...если Ог рассматривает геосинклинали как орогенические образования, то он употребляет этот термин в прямом противоречии к тому, что понимал под ним Джилльберта. Ведь по определению Джилльберта, геосинклинали имеют такое же эпейрогеническое происхождение, как и поперечные опускания типа Парижского бассейна, которые и Ог именует эпейрогеническими» [19, с. 71].

Г. Штилле дает свое определение этих понятий. По его мнению, эпейрогеническим движениям свойственны процессы широкого охвата, которые он называет термином «ундация». Это движения разного знака (восходящие и нисходящие) и большой продолжительности, вековые, но в то же время он отмечает, что «талассократические периоды истории Земли представляются периодами особенно вялого эпейрогенеза, геократические, если они вообще не совпадают с орогеническими фазами, — периода более активного эпейрогенеза» [19, с. 73]. Он подчеркивает, что эпейрогенические процессы не изменяют структуры (условия залегания пород).

Орогенезу, по Г. Штилле, свойственно изменение структуры. Процессы орогенеза эпизодичны во времени. Штилле отмечает, что понятие эпизодичности орогенеза отсутствует у Джилльберта, он его сознательно вводит: «мгновенность или длительность процесса представляется мне не только дополнением определения, но и его неотъемлемой частью», и далее: «принцип разделения (эпейрогенеза и орогенеза. — *И. Р.*) основывается как раз на продолжительности процессов» [19, с. 75]. Причина акцента Г. Штилле на эпизодичность орогенеза ясна — здесь сказываются его представления о кратковременности фаз складчатости, нашедшие впоследствии отражение в известных «Канонах».

Итак, мы видим, что сформулированные Г. К. Джилльбертом два типа тектонических движений (орогенез и эпейрогенез) впоследствии были трансформированы в трудах ученых начала XX в.: Ога и Штилле. Особенно сильно изменению (причем различному) был подвергнут термин орогенеза. Ог ограничивал эти движения геосинклиналями, называл ими смятие в складки слоев в результате бокового сжатия. Г. Штилле также считал, что орогенез изменяет структуру, но одновременно он подчеркивал его кратковременность и эпизодичность. По Штилле, орогенез — это фактически «фаза складчатости». В дальнейшем (по-видимому, вследствие высокого авторитета этих двух ученых) в научной литературе сохранились и продолжали развиваться оба представления об орогенезе.

## **КЛАССИФИКАЦИЯ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РАБОТАХ СОВЕТСКИХ УЧЕНЫХ 30—60-х ГОДОВ**

В 30—60-е годы в нашей стране велась оживленная полемика о типах движений земной коры. Были предложены различные классификации этих движений, нередко построенные на совершенно различных принципах. Наибольшую известность получили взгляды М. М. Тетяева, В. В. Белоусова, В. Е. Хаина, Н. С. Шатского и Н. И. Николаева.

Огромное значение тектоническим движениям придавали в своих работах М. М. Тетяев и В. В. Белоусов. Если их предшественники, занимаясь тектоникой, обращали основное внимание на изучение геологической структуры, а к движениям обращались лишь для объяснения причин тектогенеза, то в работах названных исследователей акцент стал иным. Во главу угла был поставлен анализ тектонических движений, и анализ структуры отодвигался на второй план и рассматривался сквозь призму движений.

М. М. Тетяев в монографии «Основы геотектоники» [14] выделил колебательную, складчатую и магматическую формы тектогенеза. Говоря о колебательных движениях, он разделил их на геоморфологические (выраженные в рельефе земной поверхности) и неотектонические (выраженные в структуре осадочной оболочки): «Совершенно естественно, что обе категории движений чрезвычайно тесно связаны друг с другом, ибо геоморфологические движения происходят на фоне геотектонических движений, но исторически они обособляются. Если в категории геоморфологических движений мы имеем как основные противоположности форм рельефа — океан и континент, — то в геотектонической категории уже ...выступают новые противоположности геотектонического порядка — впадины и выпуклости, которые мы будем называть геосинклиналями и геоантиклиналями» [14, с. 99].

М. М. Тетяев рассматривает сбросы как явления прерывистости в проявлении колебательных движений. Но другой тип разломов (надвиги), образование которых связано с развитием складки, он объяснял как результат складчатой формы тектогенеза.

Классификация движений М. М. Тетяева была повторена с некоторыми изменениями В. В. Белоусовым в его книге «Общая геотектоника» [4]. Как и М. М. Тетяев, он выделял колебательные, складчатые и магматические движения, добавляя к ним еще один тип — разрывные. К последним В. В. Белоусов относил движения, вызывающие все типы нарушений сплошности пород (надвиги, сбросы, взбросы, сдвиги).

Особенно много внимания В. В. Белоусов уделил колебательным движениям. По его мнению, эти движения действуют повсеместно и постоянно. Движения разных знаков сменяют друг друга с течением времени; им свойственна противоположность (поднятие в одном месте, опускание в другом). Движения эти характеризуются мелкой прерывистостью, правильной периодичностью, сложностью: «На фоне крупных циклов, усложняя их, всегда развиваются циклы меньшие — второго, третьего и других порядков. Взаимоотношения этих циклов между собой следует понимать как наложение друг на друга волн разного размера» [4, с. 177]. Колебательным движениям свойственна «пространственная обособленность», что проявляется в разном характере этих движений в геосинклиналях и на платформах. Особенностью колебательных движений в геосинклиналях является превращение ранее существующих прогибов в поднятие и наоборот, названное В. В. Белоусовым инверсией геотектонического режима. На платформах инверсия отсутствует, и там с течением времени происходит лишь расширение или сужение области поднятий или опусканий. В. В. Белоусов включал в «колебательные движения» и перемещения по глубинным разломам: «Это явление (глубинные разломы. — *И. Р.*) мы должны трактовать как особую форму проявления колебательных движений там, где земная кора разбита глубокими трещинами и где движение по последним совершается легче, чем путем пластического изгиба» [4, с. 434].

Понятие «колебательные движения», по В. В. Белоусову, необычайно емкое. В него входят движения, различающиеся как по характеру их проявления, так и по типу структур, ими созданных (платформы, геосинклинали, глубинные разломы). Этим термином охватываются практически все движения земной коры, исключением являются лишь деформации, вызывающие складки и мелкие разломы. В. В. Белоусов объясняет колебательными движениями результаты самых различных по своему проявлению и по происхождению явлений. Так, зона размыва отложений воспринималась им как вертикально направленное колебание, хотя она могла быть вызвана формированием антиклинали, возникшей вследствие гравитационного сползания, а горизонтальное растекание материала — как разрастание поднятия.

М. М. Тетяев в 1955 г. предложил выделить две основные категории тектонических движений.

Движение земной коры в целом: «при этих движениях земная кора колеблется как единое целое и не происходит коренных изменений внутри нее» [15, с. 5]. Колебательные движения М. М. Тетяев подразделил на два типа: а) колебательные движения компенсированные, когда опускание компенсируется накоплением осадков, а поднятие — денудацией и б) некомпенсированные, когда происходят быстрые поднятия, приводящие к возникновению контрастного рельефа.

Движения вещества внутри коры: «они принципиально отличаются от первой категории движений. Движение вещества земной коры происходит только эпизодически в определенные моменты жизни земной коры (во время складчатости)» [15, с. 5].

Противоречивость в подходе М. М. Тетяева и В. В. Белоусова к разделению тектонических движений отметил Ю. А. Косыгин [6]: «В классификации движений М. М. Тетяева [1941], выделяющего колебательную, складчатую и магматическую формы геотектогенеза и сбросовую форму колебательных движений, и в аналогичной классификации В. В. Белоусова [1948], выделяющего колебательный, складчатый, разрывный и магматический типы движений, разные классы выделены по различным признакам — первый по кинематическому, второй и третий — по результатам процесса, четвертый — по результатам и характеру процесса. Такой разнотипностью признаков делает классы несопоставимыми и пересекающимися. Например, колебательный по своей кинематической характеристике тип движений может привести к разрывным дислокациям. Одни и те же движения и процессы одновременно приводят как к образованию складок, так и к образованию разрывов; следовательно, данная классификация несовершенна» [6, с. 522].

В. Е. Хаин [17] предложил выделять три основных типа тектонических движений — орогенические, эпейрогенические и осцилляционные. Под осцилляционными он понимал движения, проявляющиеся с одним знаком (поднятие или опускание) одновременно на всем земном шаре или, по крайней мере, на всей площади континента. Эпейрогенические движения он понимал в более узком смысле, ограничивая их проявление площадью крупных геологических структур. Хаин полагал, что эпейрогенические движения проявляются с различной периодичностью. Наиболее крупной категорией периодических осцилляций он считал смену эпох с преобладанием суши (девон, пермь) или, наоборот, с господством моря (карбон, верхний мел), оцененная их длительность в 100—200 млн. лет. Следующая категория осцилляций длилась в среднем от 20 до 40 млн. лет, третья — движения на границе

Т а б л и ц а 1

Классификация тектонических движений (Николаев, 1962)

Г.К. Дэйль-берт [1890]	Э. Зюсс [1888]	Э. Хаарман [1930] Р. Ван Беммелен [1931]		Разные авторы	Р. Зондер [1956]	С.Н. Бубнов [1959]	Н.М. Страхов [1948]
Эпейрогенетические	Радиальные	Первичный тектогенез	Вертикальные колебания	Базогенетические движения опускания (Ф.Ю. Левинсон-Лессинг, В. Пенк)	Эпейрогенез	Эпейрогенез	Эпейрогенез
				Талассогенез (Л. Кобер) Эпейрогенетические			
Орогенетические	Тангенциальные	Вторичный тектогенез	Образование складчатости, разрывов	Аркогенез (Е.В. Павловский)	Тафрогенез	Орогенез	Орогенез
				Тафрогенез (Э. Кренкель) Орогенетические			
				Магматизм	Пирогенез		
				Эпейрофорез (С. Кальви)	Форогенез		

стратиграфических ярусов, четвертая — еще более дробная и т. д. Короче говоря, в жизни планеты проявляются осцилляции крайне различного спектра вплоть до движений, знак которых меняется с периодичностью 100—200 лет.

Н. И. Николаев [9] посвятил проблеме тектонических движений первую главу своей книги «Неотектоника...» Он подчеркивает, что это направление в геотектонике является одним из нерешенных вопросов современной геологической науки. Трудности его разрешения связаны с «невозможностью» построить генетическую классификацию тектонических движений, так как мы точно пока еще не знаем их происхождения» [9, с. 21]. Н. И. Николаев сделал попытку сопоставить различные классификации тектонических движений, сведя их в одну таблицу, отмечая при этом, что различная трактовка одних и тех же терминов затрудняет такое сопоставление (табл. 1).

Рассмотрев недостатки ранее предложенных классификаций тектонических движений, Н. И. Николаев предложил свою классификацию (табл. 2). Он выделил четыре группы движений: планетарные, подкоровые, коровые и поверхностные. В каждой группе выделяются категории движений (колебательные, вращательные, регматические, дислокационные и т. п.). Есть у него еще более дробная градация — типы движений (эпейрогенные, талассогенные, орогенные, тафрогенные, упругие и т. д.).

Эта принципиальная схема, как ее называет Н. И. Николаев, является попыткой свести воедино большинство уже существующих классифика-

М.М. Тетяев [1941]	В.В. Белоусов [1948–1954]		Ю.А. Косыгин [1952–1958]	В.Е. Хаин [1950–1954]	В.Е. Хаин, Е.А. Пресняков [1957]		
Колебательная форма тектогенеза	Первичные	Колебательные	Глубинные первичные	Вертикальные: восходящие нисходящие	Колебательные	Подмантийные	
		Волновые		Горизонтальные		Подкоровые	
Макроколебания	Вторичные	Разрывные	Глубинные вторичные	Дислокационные	Разрывная форма	Волновые	Коровые
Складчатая форма тектогенеза					Плавающая форма		
		Магматическая форма тектогенеза			Магматические явления		

ций. Однако и ему не удалось избежать выделения движений по различным признакам: по результату (талассогенные, тафрогенные), характеру среды (упругие) и т. д. Одни движения создают геологические структуры (платформогенные), другие — материки, т. е. формы рельефа (эпейрогенные). Не указаны им какие-либо критерии при разделении движений по глубине (планетарные, коровые, подкоровые и т. д.). Схема Н. И. Николаева иллюстрирует существующий в геологии разнобой в выделении и классификации тектонических движений.

Основными недостатками всех ранее предложенных схем классификации тектонических движений Н. И. Николаев считает следующие: сведение тектонических движений к сумме чисто механических перемещений; отсутствие генетического подхода; отсутствие соподчинения и соразмерности выделяемых типов движений; сложность, случайность терминологии, разное понимание одних и тех же терминов; объяснение всех типов движения только «саморазвитием» Земли, без учета внешних космических и планетарных факторов; тенденция разных авторов свести различные выделяемые категории движений к двум типам: орогеническим и эпейрогеническим.

Н. С. Шатский обратился к анализу тектонических движений лишь в последние годы своей жизни. В 1939 г. Н. С. Шатский выделяет основные типы движений земной коры: А) эпейрогенические (захватывающие платформы и геосинклинали, Б) движения на платформах, В) орогенические, Г) складкообразовательные. В 1956 г. он предложил новую классификацию

Таблица 2

Типы тектонических и экзотектонических движений (принципиальная схема) по Н. И. Николаеву

Тип структур	Группа, категория, тип движений		Характер движений
Оползневые, карстовые и прочие эндолитогенные и техногенные деформации; упругие деформации	IV. Поверхностные		Автономные, зависимые, унаследованные
	A. Необратимые (экзотектонические)	B. Обратимые (упругие)	
Магматические структуры, складки, разломы со смещением, трещиноватость, сводовые и блоковые поднятия и опускания и др.	III. Коровые		Унаследованные
	A. Компенсационные	B. Дислокационные	
Щиты, плиты, синеклизы, антиклизы, брахиоантиклинали и др.; глубинные разломы, блоки, глыбы, авлакогены и пр.	II. Подкоровые		Зависимые
	A. Колебательно-волновые а) орогенные б) платформенные	B. Регматические а) регматогенные б) тафрогенные	
Фигура Земли, океанические впадины, материка	I. Планетарные		Автономные
	A. Колебательные а) эпейрогенные б) талассогенные	B. Вращательные а) эпейрофорез б) макрокластогенные	

Примечание. I—IV — группы движений; A, B — категории движений; а, б — типы движений.

движений. Подчеркивая, что восстанавливаемые геологом движения — это движения земной поверхности или какого-либо стратиграфического горизонта, он считал, что они являются не причиной, а следствием формирования структур. Н. С. Шатский выделил пять типов движений: 1) движения оседания (субсидентные), вызванные изменением вещества Земли в глубоких областях, приводящим к его уплотнению и общему оседанию земной коры; 2) движения поднятия (эмерсионные), подразумевающая под ними поднятие в чистом виде без предшествующего геосинклиального развития (горный пояс Центральной и Восточной Азии); 3) квазиупругие движения, вызываемые в земной коре возникновением или исчезновением больших нагрузок (например, материковых оледенений); эти движения накладываются на предыдущие два типа, усложняя их и придавая им колебательный характер; 4) ундационные движения, проявляющиеся в процессе образования синклинориев и антиклинориев, эти движения прогибания и поднятия всегда связаны друг с другом; 5) складкообразовательные движения, связанные со скольжением гравитационного типа (последние два типа движений часто проявляются в геосинклиальных зонах).

В 1958 г. Н. С. Шатский несколько изменил классификацию. Он разделил тектонические движения на две группы — группу первичных движений и группу вторичных движений. Имея в виду первичные движения, он писал: «Мне думается, что колебательные, или эпейрогенические, движения, которые в последнее время начали называть волнообразно-колебательными или

колебательно-волновыми, распадаются, если стараться выделить их в чистом виде, на три совершенно четкие категории: 1) движения оседания; 2) движения поднятия и 3) движения колебания...» [18, с. 69]. В эту же группу движений Н. С. Шатский включил «движения, связанные с явлениями регматизма в земной коре» (там же). К вторичным движениям Н. С. Шатский отнес складкообразовательные.

Хотя приведенные выше две классификации Н. С. Шатского внешне кажутся сильно различающимися, в действительности это лишь две формы изложения центральной его идеи о том, что формирование крупных отрицательных и положительных структур платформ происходило в результате движений разной природы.

Посмотрим, что нового внес в представления о тектонических движениях Н. С. Шатский. Его предшественники, рассматривая тектонические движения, обращались преимущественно к последнему отрезку геологической истории (мезозою—кайнозою, в лучшем случае ко всему фанерозою). Н. С. Шатский обратился к значительно более древним отрезкам геологической истории, привлекая материалы по рифею и раннему протерозою. Это позволяло ему увидеть важные закономерности развития платформы, на которые ранее не обращалось должного внимания. Он показал, что в истории развития древних платформ четко выделяются два этапа огромной продолжительности: 1) охватывающий ранний и средний протерозой, когда преобладала поднятия; 2) начавшийся в рифее и продолжавшийся в фанерозое, когда господствовали опускания и шло образование синеклиз. Столь разная направленность перемещений убедила Н. С. Шатского в том, что причины этих движений различны, следовательно, и тип движений разный. В 1958 г. он говорил: «Эти данные, т. е. приуроченность разных типов движений к определенным очень крупным промежуткам времени, не оставляет у меня никаких сомнений в том, что и процессы, которые вызывают явление оседания или поднятия земной коры, являются весьма различными... Мне кажется, что отсюда мы можем подойти к решению вопроса о том, какие же основные причины вызывают движения поднятия. Если в процессах оседания основную ведущую роль играет уменьшение объема мантии в связи с уплотнением вещества (другое решение трудно себе представить), то в процессах поднятия, быть может, играет роль миграция вещества вверх» [18, с. 73].

Нетрудно видеть, что Н. С. Шатский существенно развил представление о так называемых медленных движениях. Если, согласно В. В. Белоусову и его сторонникам, главной особенностью колебательных движений, в частности на платформах, считалась их обратимость, причем считалось, что движения разного знака вызываются одной причиной, то Н. С. Шатский, не отрицая существования колебательных движений, показал, что наряду с последними существуют еще и движения преимущественно одного знака, устойчиво проявляющиеся в течение многих десятков миллионов лет и приводящие к формированию определенного типа структур (синеклиз, щитов и др.).

Наконец, отметим вывод Н. С. Шатского о том, что «складчатые деформации являются вторичными», который он обосновывает следующим: в пределах Донецкого бассейна можно наблюдать «постепенный переход от участков спокойного залегания с развитием чисто платформенных формаций к простым платформенным структурам и, наконец, к структурам, которые

все геологи единодушно называют структурами геосинклинального типа как в смысле мощностей осадков, так и в смысле складчатости» [18, с. 79]. По его мнению, «главная антиклиналь или ряд других в Донецком бассейне, являются не чем иным, как функцией прогибания, очень глубокого прогибания земной коры» [18].

## **О РОЛИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ В ФОРМИРОВАНИИ СТРУКТУР ЗЕМНОЙ КОРЫ**

В современной геотектонике идет острая борьба двух альтернативных концепций. Согласно одной — ведущая роль в формировании современных структур земной коры принадлежит нормально направленным силам, т. е. вертикальным движениям. Согласно другой, ведущими силами являются тангенциальные (структуры образуются в результате преимущественно горизонтальных движений).

История борьбы «вертикалистов» и «горизонталистов» длительная. Первой возникла концепция, объясняющая движения земной поверхности, вызываемые вертикально направленными силами. Истоки ее можно видеть во взглядах Аристотеля, Бируни, Ибн-Сины, Леонардо да Винчи и других мыслителей античности, средневековья и эпохи Возрождения. В большинстве случаев авторы этой концепции не задавались целью выяснить причину этих движений или же давали им такое объяснение, которое не может быть сейчас принято, однако факт вертикальной направленности сил, приводящих к опусканиям и поднятиям, не вызывал у них сомнений. В XVIII в. концепция о примате вертикальных движений в формировании положительных и отрицательных структур земной поверхности оформилась в виде гипотезы поднятия в работах Р. Гука, М. В. Ломоносова, Дж. Геттона, Л. Буха и др. Р. Гук поднятия и опускания связывал с землетрясениями. Опускания, по Гуку, происходят при обрушении кровли подземных пустот, когда подземный огонь вырвется наружу.

Представление о ведущей роли вертикальных сил и движений в образовании поднятий и впадин земной поверхности успешно развивалось вплоть до последней четверти XIX в., когда появилась альтернативная концепция, известная как гипотеза контракции. Эта гипотеза объясняла формирование современной структуры за счет действия горизонтальных сил. Причина смены концепций очевидна — она вызвана появлением в 70—90-х годах XIX в. новых материалов о строении складчатой структуры некоторых горных областей и прежде всего Альп. Изучение складчатых областей показало, что они представляют собой протяженные пояса параллельных складок, образование которых гипотеза поднятий объяснить не могла.

Подчеркнем одну особенность гипотезы контракции, на которую сейчас редко обращают внимание. Согласно этой гипотезе, складкообразование происходит в результате горизонтально направленных сил, но в то же время по этой гипотезе не предполагалось сколько-нибудь значительных горизонтальных смещений отдельных блоков. Таким образом, гипотеза контракции входит в число фиксистских гипотез, хотя и объясняет формирование складчатой структуры в результате горизонтальных сил.

В 40-е годы XX в. гипотеза контракции начинает постепенно сдавать свои позиции и на смену приходят другие концепции, в которых зачастую тектонические движения определяются вертикально направленными силами.

В это время в геотектонике, в особенности в нашей стране, господствовали представления о примате вертикальных сил в формировании складчатой структуры.

В советской геотектонике в 40—50-е годы ведущими были две школы: Архангельского—Шатского и Тетяева—Белоусова. Несмотря на существовавшие между ними различия во взглядах, например, в вопросе об инверсии в развитии геосинклинали, обе эти школы стояли на позициях примата вертикальных сил в формировании геологической структуры. М. М. Тетяев и В. В. Белоусов видели подтверждение своих взглядов о примате вертикальных сил в колебательном характере тектонических движений. Смена поднятия прогибанием (и наоборот) противоречила, по их мнению, идее о существовании горизонтально направленных сил. Представители школы Архангельского—Шатского видели подтверждение идей о господстве вертикальных движений в унаследованности в развитии геологических структур. В докладе на XVII сессии МГК в 1937 г. они писали: «Вторая половина третичного и четвертичный периоды характеризуются чрезвычайно широким развитием вертикальных движений глыбового характера. К крупнейшим, поражающим своей грандиозностью явлениям опускания относится образование глубоких впадин Охотского и Японского морей на востоке, Черного моря и системы впадин, образующих Средиземное море в его целом, на западе... Мы полагаем, что район, охваченный молодыми вертикальными движениями, представляет собой геосинклинальную область, находящуюся в начальных стадиях своего развития» [2, с. 313]. Хотелось бы обратить внимание читателя на тот факт, что и заложение геосинклинального пояса А. Д. Архангельский связывал с вертикальными движениями. В той же работе он подчеркивал: «В геологической истории СССР и Евразии в целом нельзя усмотреть фактов, доказывающих правильность теории мобилизма» (с. 315). Причины вертикальных движений он видел в следующем: «Поднятия и сопровождающие их явления связаны с расширением глубоких масс, а опускания — с уменьшением их объема» (с. 315).

Эта эпоха относительного господства представлений о решающей роли вертикальных движений в формировании современной структуры длилась недолго. В 60-е годы в нашей стране начала усиливаться тенденция, отдающая предпочтение горизонтально направленным силам. Следует отметить, что за рубежом идеи мобилизма, связываемые с подкоровыми течениями, вообще не были полностью оставлены, а в 70-е годы получили очень широкое распространение.

Причиной нового направления тектонической мысли, по-видимому, послужило появление новых геофизических данных, прямо или косвенно указывающих на вероятность крупных горизонтальных движений земной коры. Такими данными были, в частности, результаты палеомагнитных исследований, свидетельствовавшие об относительном перемещении континентов после образования в породах остаточной намагниченности. Эти материалы способствовали возрождению гипотезы дрейфа материков. Косвенно возрождению мобилизма, оформившемуся в 70-е годы в концепцию новой глобальной тектоники, благоприятствовали новые данные о различии в строении континентальной и океанической коры и мантии и некоторые другие геофизические материалы. Показательно, что многие геологи, поддерживающие ранее фиксистскую концепцию и внесшие в ее развитие существенный вклад (А. В. Пейве, П. Н. Кропоткин, В. Е. Хаин, Л. П. Зоненшайн и др.), пере-

смотрели свои взгляды и стали активными пропагандистами идеи мобилизма. А. В. Пейве писал: «Нельзя согласиться с известными представлениями о ведущем значении вертикальных сил и движений и о подчиненном, вторичном значении — горизонтальных. В действительности наблюдается обратное. Все известные в земной коре и верхней мантии геологические структуры и их развитие наилучшим образом объясняются тангенциальными силами, поэтому нет необходимости привлекать гипотетические первичные вертикальные силы для объяснения геологических структур» [12, с. 41].

Сторонники мобилизма, будучи единными в отношении примата горизонтальных сил в формировании структуры коры, в то же время по-разному оценивают размах горизонтальных перемещений и предлагают различные объяснения такого движения. Многие тектонисты как за рубежом, так и в нашей стране продолжают стоять на позициях фиксизма, придерживаясь взглядов преимущественно вертикальной направленности движений, создающих современную структуру. Ряд специалистов в области тектоники признают одновременно как вертикальные, так и относительно небольшие по величине горизонтальные движения.

В оценке относительной роли вертикальных и горизонтальных движений земной коры существенную помощь оказывает изучение современных тектонических движений. Собранные А. А. Никоновым [10] данные об амплитудах вертикальных и горизонтальных смещений свидетельствуют о том, что они измеряются одинаковыми величинами (до 1 см в год).

Следует принять во внимание тот факт, что вертикальные смещения мы наблюдаем повсеместно, в то время как горизонтальные происходят ограниченно, только вдоль разломов. По этой причине общий объем перемещающихся масс, по нашему мнению, оказывается много большим по вертикали, чем по горизонтали.

Итак, в истории представлений о роли горизонтальных и вертикальных движений при формировании структур земной коры было несколько этапов, в каждый из которых господствовала одна из этих концепций. Первоначально (вплоть до середины XIX в.) существовала лишь одна — вертикалистская. В конце XIX в. в связи с успехами в изучении складчатых структур возникла гипотеза контракции, объясняющая формирование складчатых зон в результате действия горизонтальных сил.

В 30-е годы XX в. появление новых методов тектонического анализа (изучение колебательных движений земной коры), разработка принципа унаследованности в тектонике, а также отказ от гипотезы Канта—Лапласа возродили представления о примате вертикальных движений, хотя идеи контракции продолжали развиваться, в особенности за рубежом. Новый крен в сторону горизонтальных движений усилился в 60-е годы в связи с появлением некоторых геофизических данных. В 70-е годы широкую популярность завоевала гипотеза тектоники плит, придающая горизонтальным движениям исключительную роль. Однако это не означает, что сейчас не развиваются и идеи примата вертикальных движений.

## СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССИФИКАЦИЙ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ

Приведенный выше обзор классификации тектонических движений свидетельствует об отсутствии каких-либо общепринятых критериев для их разделения. Большинство классификаций оказываются противоречивыми. На это неоднократно обращалось внимание, особенно в работах В. Е. Хаина, Н. И. Николаева, Ю. А. Косыгина.

В. Е. Хаин [17] писал по этому поводу: «Итак, мы сталкиваемся с весьма запутанным и неудовлетворительным положением проблемы классификации тектонических движений. Основная причина этого заключена, несомненно, в сложности самого процесса тектонической жизни Земли... Другая причина так сказать, субъективная, состоит в том, что возможны различные критерии в построении классификаций тектонических движений, а авторы большинства классификаций проявили непоследовательность в применении этих критериев...» (с. 169). Он предлагает шесть возможных критериев разделения тектонических движений: 1) размер тектонических движений и глубину их заложения; 2) образование в одних случаях плавных, а в других — разрывных структур (традиционное деление нарушений на пликативные и дизъюнктивные); 3) различие в знаке структур, образуемых этими движениями; 4) различия в их интенсивности; 5) признак преобладающей направленности перемещений — вертикальной или горизонтальной; 6) характер движений, в частности изменение их знака во времени и пространстве.

Приведенный перечень признаков классификации тектонических движений далеко не полный. Например, тектонические движения часто разделяют по результату — структуре, ими созданной. Так, выделяют горообразовательные движения (орогенез) или аркогенез, рифтогенез и т. д. Множество видов движений выделяется по их кинематическим признакам — непрерывные, прерывные, ритмические и т. д. [16].

Разберем некоторые существующие в литературе классификации тектонических движений. Одна из широко распространенных классификаций тектонических движений — это разделение их по типу структур, ими созданных (т. е. по результату). По существу, этот принцип заложен еще в классификации Джильберта, выделившего эпейрогенические (создающие континенты) и орогенические (образующие горы) движения. Несостоятельность такого подхода неоднократно критиковалась с разных позиций. Этот же принцип выделения частично имел место и в классификациях М. М. Тетяева и В. В. Белоусова, предложивших наряду с другими типами движений (или форм тектогенеза) также складчатый и разрывной — по результатам процесса.

Е. В. Павловский, описывая неотектонические структуры Прибайкалья, выделил как особый тип движений аркогенез, называя им движения, создающие пологие неотектонические своды, нарушаемые грабенами (впадина оз. Байкал). В классификации Н. С. Шатского, предложенной в 1954 г., один из типов движений можно было назвать «платформобразующим». В последнее десятилетие получил широкое распространение термин «рифтогенез», под которым понимается особый тип тектонических движений (в основном растягивающих), приводящих к формированию глубинных, ограниченных разломами впадин. Г. Д. Ажгирей выделяет террасообразующие и слоеобразующие движения и т. д.

Такая классификация представляется бесперспективной. Не зная, по существу, причин тектонических движений, создающих те или иные структуры, исследователи приклеивали к ним ярлыки, которые делали классификацию весьма условной. С равным успехом таким образом можно было бы выделить «океанообразующие», «горстообразующие» и другие движения, число разновидностей которых будет равно числу разных типов структур.

Другой принцип классификации построен на разделении тектонических движений по их глубинности. Так, В. Е. Хаин [17] разделяет движения на среднемантийные, верхнемантийные, глубиннокоровые, внутрикоровые и поверхностные. Но не только в 1964 г., когда классификация эта была предложена, но и сейчас материалов по-прежнему недостаточно, чтобы судить о том, на каких глубинах зарождаются те или иные тектонические движения. Считается, что одним из критериев оценки глубинности может служить размер территории, на которой те или иные движения проявились. Поэтому движения, проявившиеся на обширных пространствах платформ, часто считают более глубинными, чем движения в локальных по размерам геосинклиналях. Однако нет никаких доказательств, что размеры проявления движений одного типа свидетельствуют о глубинности последних. Если взять в качестве примера платформы и геосинклинали, то есть основания думать, что геосинклинали связаны с процессами на значительно больших глубинах (глубокофокусные землетрясения, тип магмы). Этот путь классификации сейчас вряд ли может быть принят.

Распространена также схема деления тектонических движений по их вектору (направлению). Обычно разделяют две основные категории движений — вертикальные и горизонтальные, что нам представляется неправомерным по следующим причинам. Основанием для деления движений на горизонтальные и вертикальные обычно служит анализ уже созданной структуры. Исследователь, описывая ту или иную структуру (складку, грабен и т. д.), делает вывод на основании определенных допущений об образовании ее путем перемещения горных пород в том или ином направлении. Отсюда следует, что имели место движения соответствующего вектора (вертикальные, горизонтальные). Однако такого рода деление движений основано на предположении, что исследователь правильно расшифровывает механизм формирования структуры и правильно восстанавливает кинематику сил, действующих при ее образовании. Кроме того, вводится еще одно допущение — направление сил (напряжений) заменяется направлением движений (перемещений), что не всегда одно и то же, поскольку напряжение того или иного направления не всегда реализуется в перемещении того же направления.

Термины — вертикальные и горизонтальные движения в последние годы очень широко используются в геологической литературе. Однако применяющие их часто не отдают себе отчета в том, что эти движения нельзя непосредственно измерить и нет уверенности, что они были такого же направления, какое предполагается на основании изучения современной структуры. Подчеркнем, что выделять вертикальные и горизонтальные движения можно лишь в том случае, если мы доподлинно знаем механизм образования той структуры, на материале которой эти движения выделены, пока же у нас нет еще объективных критериев для расшифровки даже самых простых структурных форм.

В связи с этим уместно привести высказывания В. Бухера, сделанные им пятьдесят лет назад: «В одном случае преобладают горизонтальные смещения, а в другом — вертикальные. Но выясняем ли мы суть этого процесса, обозначая первые движения «орогеническими», а вторые «эпейрогеническими»? Говоря о преобладании какого-либо из этих типов смещения, мы тем самым наводим на мысль, что оба они являются формами проявления одного и того же процесса».

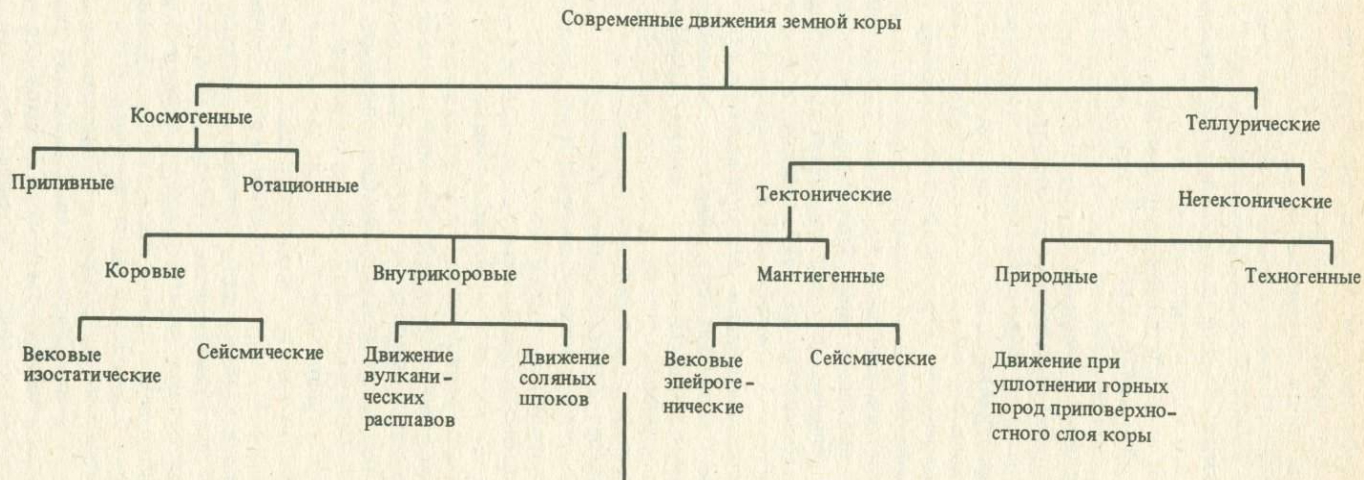
Есть еще одно обстоятельство, которое не разрешает ставить на одну доску и противопоставлять друг другу так называемые вертикальные и горизонтальные движения. Если считать, что эти два понятия эквивалентны, то следует, что в этих движениях участвуют эквивалентные массы, толщи, слои пород. Однако нет уверенности, что это так. Когда речь идет о вертикальных движениях какой-либо крупной структуры, то предполагается, что в движениях участвует вся кора или значительная ее часть. В вопросе «какой слой пород перемещается в горизонтальном направлении?» мнения исследователей резко расходятся. Для образования шарьяжа достаточно горизонтального перемещения пластин толщиной в первые километры, для образования горного хребта в результате горизонтальных движений допускают движение всей коры. Сторонники новой глобальной тектоники предполагают огромные горизонтальные перемещения литосферных плит, т. е. не только коры, но и лежащего ниже надстеносферного слоя верхней мантии. Очевидно, что горизонтальные движения 2-километрового слоя и всей литосферы толщиной в 100—150 км — не одно и то же. Однако это обстоятельство в классификациях обычно не учитывается, да его и нельзя учесть, ибо мы не можем оценить толщину перемещаемого слоя (если он действительно перемещается).

Все это заставляет нас отрицательно отнестись к классификации движений по их вектору (направлению), ибо мы непосредственно не можем определить для прошедших геологических эпох направление движения и тем более его амплитуду.

Крайняя сложность проблемы классификации тектонических движений становится еще более очевидной, если обратиться к итогам изучения современных движений земной коры. Несмотря на то что современные движения интенсивно изучаются всего лишь несколько десятилетий, в этой области достигнуты заметные успехи, выразившиеся в исследовании характера гляциоизостатических движений, сейсмотектонических движений, в создании карты современных движений на территории Европы и т. д. Современные движения ученые имеют возможность изучать значительно полнее, фиксируя как положительные, так и отрицательные движения, определять площадь их проявления, скорость, градиент и т. д. Однако, несмотря на значительно большие возможности, характер этих движений, а главное, их природа остаются невыясненными. В табл. 3 приведена одна из классификаций современных движений, предложенная И. Д. Гофштейном [4]. Нетрудно видеть, какое множество самых различных причин вызывает движение земной поверхности. А. А. Никонов [10, с. 17] писал по этому поводу: «...измеряемые на поверхности современные движения являются отражением сложно интерферируемых движений разного генезиса и глубины зарождения, разной интенсивности. Приходится констатировать невозможность точного разделения современных движений поверхности и земной коры... В этих условиях задача количественного выделения движений соб-

Т а б л и ц а 3

Схема классификации современных движений земной коры, предложенная И.Д. Гофштейном [1971]



ственно тектонической, глубинной природы представляется необычайно сложной...» Но если так трудно выяснить природу современных движений, то еще сложнее решить эту проблему в отношении движений прошлого, следы которых лишь частично сохранились в геологическом разрезе и структуре.

На земной поверхности одновременно появляются и суммируются движения самой различной природы: вызванные влиянием космических сил, определяемые причинами вблизи поверхности Земли (гляциоизостазия; дополнительное давление накапливающихся осадков; движения, связанные с подземными водами); обусловленные деятельностью человека и т. д. Несомненно, что и те движения, которые мы называем тектоническими и связываем с процессами в недрах Земли, вызываются различными причинами. Но, к сожалению, мы эти причины еще не знаем.

Движения земной поверхности характеризуются крайне широким спектром (как на площади, так и во времени), и нужно прямо сказать, что геологическая наука еще не способна расчленить всю эту гамму движений.

История изучения тектонических движений охватывает огромный интервал времени. Особенно интенсивно они стали изучаться в последнее столетие. Однако, как мы отмечали выше, многочисленные генетические классификации этих движений нельзя признать успешными. История показала, что самостоятельное изучение древних тектонических движений как таковых без одновременного изучения геологических структур остается пока бесперспективным.

Это не означает, однако, что тектонические движения не следует изучать геологическими методами. Наоборот, исследование их необходимо, но только в связи с изучением конкретной геологической структуры. Геология, как наука историческая, ставит своей целью восстановление истории земной коры. А для этого одним из основных методов исследования служит изучение всех особенностей проявления тектонических движений. Результаты изучения тектонических движений найдут затем свое отражение в тектоническом районировании и послужат, в частности, одним из факторов при отношении тектонической структуры к тому или иному типу.

Отметим, что в процессе изучения тектонических движений многие ученые получили важные результаты в других разделах тектоники. Так, Н. С. Шатский пришел к важному выводу, что поднятия и опускания на платформах вызваны различными глубинными причинами.

Проблема изучения тектонических движений нам представляется так: 1) тектонические движения являются отражением на земной поверхности сложной гаммы накладывающихся друг на друга перемещений разного знака, площади, амплитуды, скорости, частоты, вызванных процессами самого различного генезиса; 2) целью изучения тектонических движений является сбор данных, позволяющих изучить природу процессов в земной коре; 3) главное направление в дальнейшем изучении тектонических движений — это их измерение (т. е. накопление фактического материала), а затем расчленение по времени проявления, интенсивности, периодичности, обратимости и т. д.; 4) возможности геологических методов в отношении выделения отдельных типов движения (по площади проявления, знаку, частоте и т. д., а следовательно, и по генезису) сильно ограничены. Во многих случаях имеющиеся в нашем распоряжении данные о тектонических движениях искажают реально существующую картину, отражают лишь неко-

торый конечный результат, но не передают всей последовательности прошедшего процесса.

Ни в коей мере не ставя под сомнение необходимость изучения движений тектонических структур (от локальных до континентов), мы в то же время вынуждены констатировать, что попытки создать генетическую классификацию этих движений пока оказались малоудачными. Генетическая классификация тектонических движений — задача, явно преждевременная для современной науки, станет разрешимой, когда накопится значительно больше данных как о современных движениях, так и о древних и когда будут достигнуты значительные успехи в выявлении глубинных источников тектонических процессов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Аристотель*. Метеорологика. Л.: Гидрометеониздат, 1983. 240 с.
2. *Архангельский А. Д.* Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 2. 672 с.
3. *Белоусов В. В.* Общая геотектоника. М.: Госгеолиздат, 1948. 600 с.
4. *Гофштейн И. Д.* Классификация современных движений земной коры. — Геол. сб. Львов. ун-та, 1971, № 13, с. 158—162.
5. *Исламов О. И.* Зарождение геологических знаний в Средней Азии. — В кн.: Очерки по истории геологического изучения Средней Азии. Ташкент, 1956, с. 3—60.
6. *Косыгин Ю. А.* Тектоника. М.: Недра, 1969. 616 с.
7. *Лайель Ч.* Основные начала геологии. М., 1866. Т. 1. 399 с.
8. *Ломоносов М. В.* О слоях земных. М.: Госгеолиздат, 1949. 211 с.
9. *Николаев Н. И.* Неотектоника и ее выражение в структуре и рельефе территории СССР. М.: Госгеолтехиздат, 1962. 392 с.
10. *Никонов А. А.* Голоценовые и современные движения земной коры. М.: Наука, 1977. 240 с.
11. *Ог Э.* Геология: Пер. с фр. М., 1934. Т. 1. 467 с.
12. *Пейве А. В.* Тектоника и магматизм. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1961, № 3, с. 36—54.
13. *Равикович А. И.* Развитие основных теоретических направлений в геологии XIX в. М.: Наука, 1969. 247 с. (Тр. ГИН; Вып. 169).
14. *Тетяев М. М.* Основы геотектоники. М.; Л., 1934. 288 с.
15. *Тетяев М. М.* Движения земной коры: Конспект лекций, прочитанных М. М. Тетяевым в 1955 г. Л.: Изд-во ЛГУ, 1965. 95 с.
16. *Федорович Б. А.* Типы движений предгорий. — В кн.: Тектонические движения и новейшие структуры земной коры. М.: Недра, 1967, с. 79—86.
17. *Хаин В. Е.* Эволюция представлений о классификации движений земной коры. — В кн.: Жизнь Земли. М.: Изд-во МГУ, 1964, с. 166—176.
18. *Шатский Н. С.* Избранные труды. М.: Наука, 1964. Т. 2. 720 с.
19. *Штилле Г.* Избранные труды. М.: Мир, 1964. 887 с.

М. М. Романова

## О РОЛИ ДАВЛЕНИЯ В ПРОЦЕССАХ МЕТАМОРФИЗМА (ЭВОЛЮЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ В XIX — НАЧАЛЕ XX В.)

Гранитно-метаморфический слой континентов является результатом взаимосвязанных процессов осадконакопления, складчатости, метаморфизма, магматизма, гранитизации.

Процессы метаморфизма играют огромную роль в геологической истории Земли. В коре континентов метаморфические породы преобладают над другими. Процессы метаморфизма охватили огромные площади и объемы земной коры. Метаморфические породы, их текстуры и микроструктуры обнаруживают отчетливые следы влияния напряжений, вызванных направленным давлением. Интенсивность деформаций в метаморфических комплексах во много раз превышает деформации неметаморфизованных пород. Направленные деформаций неоднократно менялись, так что метаморфические толщи являются полистадийными складчатыми комплексами. Главными факторами метаморфизма являются температура, давление (гидростатическое и одно-стороннее), состав и химическая активность растворов или флюидов.

На протяжении XIX в. продолжалась дискуссия о факторах и типах метаморфизма, в итоге которой сформировалось понятие о метаморфизме, близкое к современному, и были выделены типы метаморфизма — контактовый (термический и метасоматический), региональный и динамический, или дислокационный.

У. Груберман и П. Ниггли [1, с. 123] отмечали: «Ни один из видов метаморфизма не вызывал такого большого количества принципиальных дискуссий, как дислокационный метаморфизм».

Метаморфические породы как генетическую группу в 1830—1833 гг. выделил Ч. Лайель, который впервые разделил горные породы по генезису на вулканические, plutонические, метаморфические и нептунические, что явилось одним из важнейших обобщений домикроскопической петрографии. Понятие о метаморфических породах наметилось в работах П. С. Палласа (1777 г.), Д. Геттона (1788, 1795 гг.) и развито А. Буэ, в 1820 и 1824 гг. предложившим термин «метаморфизм». В геологическую литературу термины метаморфизм и метаморфические породы прочно вошли только после работ Ч. Лайеля и получили повсеместное распространение с конца 30-х — начала 40-х годов XIX в. В России эти термины первыми употребили Г. Е. Щуровский в 1841 г. и Д. И. Соколов в 1842 г.

В XVIII — первой трети XIX в. метаморфические породы называли слоистыми кристаллическими. Уже тогда натуралисты отмечали противоречивость свойств этих пород, соединивших в себе черты нептунических (слоистость) и plutонических (кристалличность) пород. Большое значение в конце XVIII — начале XIX в. придавалось геологическим доказательствам того, что слоистые кристаллические породы образовались при изменении осадочных. Сланцеватость считали унаследованной от первичной слоистости нептунических. В XVIII в. главной причиной изменения пород считали температуру — «подземный жар». Д. Геттон, видимо, одним из первых в 1788 и 1795 гг. обратил внимание на роль давления в процессе изменения

горных пород. Он считал, что преобразования, в результате которых рыхлый песок превращается в крепчайший гнейс, должны быть очень значительны. Главным фактором преобразования, консолидации, Д. Геттон считал высокую температуру недр Земли. Роль же давления, по его мнению, заключалась в том, что оно препятствует разложению минералов и удалению легколетучих компонентов. Он полагал, что высокое давление обусловлено прежде всего давлением морской воды, и преобразования осадков совершались еще тогда, когда они находились на дне моря.

Огромное влияние на развитие геологии оказал Ч. Лайель. Значительный вклад он внес и в разработку теории метаморфизма. Основными факторами метаморфизма вслед за Д. Геттоном он считал высокую температуру, действовавшую при высоком давлении, а также «химические причины» (1830—1833 гг.).

Связь метаморфизма пород с орогенезом отметил Б. Штудер в 1834 г. Он высказал мысль, что изменения осадочных пород в Альпах происходили во время поднятия гор. Б. Штудер был сторонником гипотезы «кратеров поднятия», выдвинутой Л. фон Бухом в 1818 г. и принятой в 1823 г. А. Гумбольдтом. Горообразование Б. Штудер связывал с действием подъемной силы упругой расплавленной массы, которая поднимает осадочные породы. Под влиянием факторов, действовавших во время процесса поднятия, осадочные породы Альп претерпели многократные изменения, так что теперь невозможно найти осадочные породы в первоначальном состоянии.

Как уже отмечалось, в XVIII — первых десятилетиях XIX в. сланцеватая текстура метаморфических пород считалась унаследованной от первичной слоистости непунических пород. Существенно новые положения высказал Д. Шарп в 1847 г. Он полагал, что сланцеватые текстуры пород обусловлены медленным приспособлением к длительно действовавшим тектоническим напряжениям. Он рассмотрел связь между деформацией окаменелостей и сланцеватостью; раковины были сжаты силой, направленной под прямым углом к плоскости сланцеватости, а сжатие породы между этими плоскостями компенсировалось растяжением ее в направлении их наклона. Поэтому есть основания предполагать, что сланцевые горные породы подвергались сжатию в направлении, перпендикулярном к поверхности сланцеватости. Мысль о том, что плоскость сланцеватости располагается перпендикулярно давлению, оказалась верной. Уже в XX в. она нашла теоретическое объяснение: приспособление породы к давлению определяется принципом Рикке.

Исследователи первой половины XIX в. основным фактором метаморфизма считали высокую температуру. К середине XIX в. широкое распространение получили взгляды о том, что преобразования могут происходить только с участием воды. Об уровне представлений в теории метаморфизма в то время можно судить по работе Г. О. Добре (1860 г.), в которой обсуждаются многие дискуссионные вопросы. Так как в перегретом состоянии вода может существовать только при высоком давлении, Г. О. Добре считал, что метаморфические преобразования совершались при высоком давлении. Он выделил три типа метаморфизма: контактовый, региональный, структурный. Последний тип включает явления сланцеватости пород, он развивается только при сильном давлении. Для объяснения образования сланцеватой текстуры Г. О. Добре проводил опыты, показавшие возможность образования ее при высоком давлении, для чего необходимы два условия: 1) порода до начала

рассланцевания могла испытывать скольжение и вытягиваться; тогда на плоскостях скольжения развивается сланцеватость, причем листочки вытягиваются перпендикулярно давлению; 2) порода, испытывающая давление, должна обладать хотя бы небольшой долей пластичности.

С 60-х годов XIX в. распространяются идеи о динамометаморфизме. Метаморфизм горных пород стали связывать с геотектоническими процессами. Давление считали основной причиной метаморфизма. Динамометаморфическая гипотеза получила широкое распространение в последней четверти XIX — первом десятилетии XX в. Ее принимали и развивали многие выдающиеся геологи того времени. Эта гипотеза была выдвинута на основании фактов, указывающих, что метаморфические породы почти всегда встречаются в областях развития сильно дислоцированных пород, а часто и сами сильно смяты в складки. В связи с этим метаморфизм пород стали приписывать процессу складкообразования. Этот вид метаморфизма К. А. Лоссен в 1867 г. назвал дислокационным. Термин «динамометаморфизм» принадлежит Г. Розенбушу (1886 г.), он вскоре заменил термин К. А. Лоссена и сохранился в геологической литературе [9]. Динамометаморфическая гипотеза пользовалась исключительной популярностью, особенно среди немецких геологов. Этому способствовал авторитет Г. Розенбуша — крупнейшего петрографа второй половины XIX в., общепризнанного главы петрографической науки того времени.

Еще в 1907 г. Э. Ог писал: «...школа, насчитывающая еще и теперь много последователей, приписывает преобладающее значение при образовании кристаллических сланцев механическим воздействиям. Она предполагает, что одной работы сил, создающих складчатость пород, т. е. одного давления, достаточно, чтобы превратить глинистые сланцы в кристаллические сланцы и гранитовидные породы в настоящий гнейс» [15, р. 176].

К. А. Лоссен одним из первых обосновал динамометаморфическую гипотезу. Исследовав горную цепь Таунус на Рейне, он писал в 1867 г.: «...мы пришли теперь к выводу, что кристаллические сланцы Таунуса получились из осадков при перекристаллизации их водным путем, под влиянием горообразовательных процессов... Можно даже высказать это как всеобщий закон, по которому большинство настоящих кристаллических сланцев есть перекристаллизованные водным путем осадки. Перекристаллизация есть результат динамических горообразовательных процессов, частью она происходила в контакте с изверженными породами, частью без них» [17, р. 698]. Позднее Л. Мильх, изучавший ту же область Таунус, подтвердил в 1889 г. многие выводы К. А. Лоссена, в частности его заключение, что известково-серицитовые филлиты, авгитовые и серицитовые сланцы горы Таунус произошли из диабазов под влиянием дислокационного метаморфизма. Идея о зависимости интенсивности дислокационного метаморфизма от главных тектонических зон и от особых условий в них, высказанная К. А. Лоссеном, была принята другими немецкими геологами и нашла подтверждение в их работах.

Много внимания объяснению геолого-петрографических явлений во время дислокаций с точки зрения механики уделил А. Гейм в работе «Механизм горообразования» [12]. Один из разделов монографии назван им «Механическая трансформация пород во время горообразования». Деформации горных пород в природе А. Гейм изучал с целью создания общей теории горообразования. Он дал определение таких основополагающих понятий, как стресс, напряжение, литостатическое давление, хрупкая и пластическая де-

формации. Им введено понятие о «скрытой пластичности» пород — изменении формы горных пород на большой глубине под воздействием давления и без видимых разрывов и нарушений. А. Гейм показал связь между микро- и макроструктурами, характеризовал механизм складкообразования, описал морфологию складок.

Термин механический метаморфизм принадлежит Д. Бальцеру. После исследования Бернского Оберленда он пришел (1880 г.) к выводу, что контактные изменения пород обусловлены исключительно дислокационным метаморфизмом.

И. Г. Леман в 1884 г. в труде о древних кристаллических сланцах Саксонии и Богемских гор установил взаимосвязь наиболее метаморфизованных пород с зонами наиболее интенсивной складчатости. Образование гнейсов, сланцев, филлитов он связал с «механическим метаморфизмом» и считал, что оно может быть вызвано сильным односторонним давлением. «Механический метаморфизм» не только вызывает образование в горных породах сланцеватости, трещин, сдвигов, сбросов, но может коренным образом изменить строение и даже состав породы. На первом этапе давление может производить дробление крупных кристаллов, что приводит к образованию своеобразной «чечевицеобразной», очковой структуры горных пород.

Под влиянием распространившихся идей о дислокационном метаморфизме ряд исследователей меняют свои взгляды. Так, К. В. Гюмбель развивал в 1863 г. представления о докембрийских метаморфических породах как первичной коре охлаждения Земли. По его мнению, эти породы являются своеобразными осадками, возникшими из «первозданной каши». С осадочными породами их сближает наличие сланцеватости, которую он считал явлением первичным. В 1884 г. происхождение метаморфических и сланцеватокристаллических пород он стал объяснять динамическим воздействием орогенических движений. При изучении мезозойских пород Баварии он высказал мнение, что с приближением к Альпам — области интенсивных дислокаций — породы метаморфизованы сильнее. Он отмечал, что некоторые из этих явлений прежде объясняли влиянием плутонических пород.

Г. Розенбуш в области регионального метаморфизма был последователем дислокационной гипотезы К. А. Лоссена, допускал возможность существования гнейсов в составе первичной коры охлаждения Земли, но был противником гидрохимической гипотезы, считая, что она могла появиться лишь в тот период, когда горные породы не изучались под микроскопом. К признанию дислокационной гипотезы как наиболее рациональной его привело микроскопическое изучение метаморфических пород. Он отметил (1889 г.) резкое различие структур метаморфических и изверженных пород: в последних отчетливо видны последовательность выделения минералов и развитие идиоморфных форм. В сланцах все минералы «ограничивают друг друга», по его словам, в их взаимных отношениях ясно сказываются не химические законы кристаллизации, а почти сплошь механические. Эти механические формы структуры свидетельствуют о том, что минералы были деформированы уже в твердом состоянии. Г. Розенбуш выделяет орто- и парасланцы, образовавшиеся из изверженных или осадочных пород, измененных при значительном участии геодинамических сил.

Уже в XX в. было дано объяснение особенностям микроструктуры метаморфических пород. Впервые это сделал Ф. Бекке в 1904 г. Он показал, что образование метаморфических пород — процесс физико-химический, а не

механический. Особенности структуры метаморфических пород обусловлены ростом кристаллов в твердой среде, когда растущий кристалл как бы расталкивает другие кристаллы в борьбе за место. Ф. Бекке обратил внимание на существование мощных усилий (позднее они были подтверждены экспериментально), которые может оказывать растущий кристалл, и ввел понятие о так называемых силах кристаллизации. Более идиоморфны кристаллы, обладающие большей кристаллизационной силой.

В работах многих геологов приводятся факты, говорящие о многообразии проявлений динамометаморфизма. Накапливался материал, позволивший расчленять, выделять продукты динамометаморфизма. Было выяснено, что действие динамометаморфизма на различные по составу породы различно: так гранитоиды, гнейсы, песчаники сравнительно легко дробятся, а глинистые сланцы испытывают в зонах нарушений пластические деформации. В складчатых областях геологи наблюдали постепенные переходы от неизменных или слабо измененных гранитов через катакластические (брекчиевидные) к сильно катакластическим (сланцевым) разновидностям их. Наиболее деформированные разновидности гранитов полностью потеряли свой первоначальный вид, превратившись в тонкозернистую плотную, твердую массу, не отличимую иногда ни микро-, ни макроскопически от кремнистых пород. Как показали микроскопические исследования, в этой компактной массе цемента не видно; она спрессована одним только давлением.

Ч. Лапвортс в 1885 г. предложил интенсивно перетертые породы называть милонитами (от греческого — милес — мельница). Милониты, по Ч. Лапвортсу, — тонко раздробленные, перетертые породы, составные части которых можно различать только под микроскопом; они имеют сланцеватую текстуру. Несмотря на то что порода тонко размолота, она плотная, а не рыхлая.

Микроскопическое изучение дислоцированных пород подтвердило наличие раздробления, катаклаза в породах; наблюдались разрывы, изгибы, скручивания, перемещения одной части кристалла относительно другой. В мраморах, известняках отмечались двойники скольжения кальцита (Пфаф, Г. Рейш, О. Мюгге, Либиш). Действием давления Ф. Ринне (1890 г.) объяснил решетчатое строение микроклина. М. Шустер высказал предположение о двойниках скольжения.

Вопрос о происхождении наиболее распространенных метаморфических пород — гнейсов и сланцев — в последней четверти XIX в. считался одним из самых запутанных в петрографии. А. А. Иностранцев назвал эти породы «петрографическими иероглифами» — название это употреблялось многими геологами (Э. Кальчиковский, А. О. Лаппаран). Проблема происхождения гнейсов и кристаллических сланцев обсуждалась на IV Международном Геологическом конгрессе в 1888 г. в Лондоне. Ф. Ю. Левинсон-Лессинг писал о наиболее распространенных в то время взглядах [5, с. 31]: «После классических работ, в особенности Гейма, Добре, Лемана, Бальцера, Лоссена, Мишель-Леви, Бреггера, Рейша и др., большинство геологов, я думаю, признает изверженное (или во всяком случае plutonic) происхождение и динамометаморфический характер кристаллических сланцев». Подводя итоги обсуждения проблемы гнейсов, Ф. Ю. Левинсон-Лессинг отмечал: «Несмотря на обилие в последнее время работ, посвященных структуре и происхождению кристаллических сланцев, вопрос этот еще не созрел для окончательного решения, и распорядительный комитет, конечно, вполне

правильно поступил, поставив этот вопрос лишь на обсуждение, а не на разрешение конгресса» (с. 31).

Важное значение имели работы Г. Ф. Беккера [14]. Им рассмотрена связь между характером деформации и микростроением тел. Г. Ф. Беккер использовал понятие о стресс- и стрейн-эллипсоидах, разработанное физиками при изучении однородного растяжения или сжатия упругих тел в пределах упругости. Беккер первым в геологии применил эти чисто теоретические понятия при изучении механики нарушений горных пород, они стали широко употребляться в структурной геологии. Беккер математически доказал, что в трехосном стрейн-эллипсоиде (эллипсоиде деформации) три главные сечения характеризуются тем, что в них нормальные напряжения максимальны, а тангенциальные равны нулю. При деформациях происходят дифференциальные движения, которые осуществляются в определенных направлениях. Те или иные движения, в результате которых возникает деформация, служат причиной возникновения анизотропии в строении деформированных тел. При помощи дифференциальных движений происходит не только изменение формы и объема деформированного тела, но и возникновение ориентированного расположения отдельных минералов в пространстве. Дифференциальные движения и наиболее совершенная ориентировка происходят, когда деформированное тело находится в пластическом состоянии.

Анализ Г. Ф. Беккера был построен на изучении деформаций изотропных тел, геологи же имеют дело с анизотропными породами, отчасти поэтому его идеи не были восприняты в конце XIX в. Только в 20-х годах XX в. разработки Беккера были использованы В. Шмидтом и Б. Зандером и легли в основу микроструктурного анализа.

Широкое распространение динамометаморфическая гипотеза получила среди русских геологов. Ф. Н. Чернышев, установивший на Урале палеозойский возраст кристаллических сланцев, обращаясь к вопросу о процессах, которые привели к образованию сланцев, принимает гипотезу К. А. Лоссена, «трактовавшего, на основании своих наблюдений на Гарце, происхождение кристаллических сланцев независимо от контакта с эруптивными породами и впервые поставившего эти явления в связь с кряжеобразовательным процессом... Области распространения кристаллических сланцев соответствуют наиболее древней складке или той части Урала, где кряжеобразовательный процесс проявился в наиболее энергичной форме. В этой области наблюдаются в наибольшей степени... явления перекристаллизации и изменения составных частей пластических пород... По мере движения на запад мы переходим в область все более и более правильного напластования и вместе встречаем все менее и менее измененные породы, вследствие чего строгая граница между измененными и неизменными девонскими породами постепенно утрачивается» [2, с. 217—218]. По его мнению, динамометаморфической гипотезой «проще всего могут быть объяснены все особенности в наших кристаллических сланцах Урала» (с. 207).

Последовательным сторонником динамометаморфической гипотезы был Е. С. Федоров, описавший (1887 г.) явления, обусловленные, по его мнению, чисто механическим метаморфизмом, при которых механическое «распыление» горных пород приводит к образованию «псевдосланцев», «псевдопорфиридов» и «псевдофельзитовых сланцев». Последний тип сланцев «характеризуется высшей степенью распыленности породы и ясною сланцеватостью» [11, с. 435].

Интересны мысли Е. С. Федорова о причинах повышенных давлений в земной коре. С начала XX в. широко распространились представления о давлении как функции глубинности. Е. С. Федоров разделял идею о высоких давлениях в земной коре, не связанных с мощностями горных пород и допускал возможность возникновения тектонических перегрузок. Он писал: «...Иногда сравнительно неглубоко под поверхностью возникают условия, весьма сходные с теми, которые при спокойном напластовании имеют место лишь на весьма значительных глубинах. Непосредственное давление громадной толщи вышележащих пород может быть в некоторых пунктах замещено такими же высокими давлениями вследствие процессов горообразования, а высокая температура может создаваться опять также как результат этого высокого давления. Существование таких высоких давлений и таких высоких температур в некоторых пунктах на сравнительно второстепенной глубине есть факт неоспоримый» [12, с. 224].

Убедленным сторонником динамометаморфической гипотезы был И. В. Мушкетов, профессор Горного института в Петербурге, по учебникам геологии и петрографии которого училось не одно поколение русских горных инженеров. Он писал: «Дислокация не только изменяет нормальное залегание пород, но также внутреннюю структуру и отчасти состав их, т. е. обуславливает метаморфизацию их. Такой вид метаморфизации, в зависимости от механических процессов, называется динамометаморфизмом... В настоящее время ему придают весьма важное значение главнейше потому, что он бросает новый и яркий свет в темную область вопроса о происхождении метаморфических сланцев... Динамометаморфизм, производя существенное изменение в породах, дает возможность нам объяснить многие метаморфические явления, не прибегая к построению искусственных гипотез о первоначальном состоянии Земли или о широком влиянии высокой температуры вулканических пород» [8, с. 369].

И позднее И. В. Мушкетов придерживался этих взглядов. В 1904 г. он писал, что метаморфические породы «...произошли под влиянием различных метаморфических процессов, сущность которых еще не выяснена, а потому и вопрос о происхождении метаморфических сланцев не получил еще общего и положительного разрешения. Можно только сказать, что образование их происходило различными путями и зависело от различных причин, между которыми весьма важная роль принадлежит динамометаморфизму» [7, с. 119].

Последовательным сторонником гипотезы динамометаморфизма в России был О. О. Баклунд. Все особенности состава, структуры и текстуры сланцев он объяснял динамическими (механическими) причинами. В 1907 г. гнейсы и чарнокиты Анабарского щита он отнес к динамометаморфизованным первично изверженным породам. Чарнокиты являются динамометаморфизованными породами серии чарнокит—мангерит—анортозит по классификации Г. Розенбуша. В 1917 г. параллельнослоистую структуру гранито-гнейсов Ильменских гор О. О. Баклунд считал катакластической, образованной в результате деформаций. В 1918 г. породы п-ова Таймыр он также считал ортогнейсами [10].

Против динамометаморфической гипотезы в том виде, как она была развита И. Г. Леманом и Г. Розенбушем, а в России — Е. С. Федоровым, выступил Ф. Ю. Левинсон-Лессинг в 1898 г. в докторской диссертации «Исследования по теоретической петрографии в связи с изучением изверженных пород Центрального Кавказа» [6]. Он полагал, что те метаморфические процессы,

которые обычно приводятся сторонниками динамометаморфизма как примеры процессов, обусловленных механическими причинами, являются чисто химическими процессами. Так, переход граната в биотит, скаполитизация плагиоклазов, амфиболитизация пироксенов и другие процессы протекают с изменением химического состава минерала. Давление как механический фактор лишь подготавливает породу к проявлению метаморфических процессов: трещинки, появляющиеся вследствие катаклаза, облегчают циркуляцию растворов и увеличивают поверхность соприкосновения растворов с минералами.

Гипотеза дислокационного метаморфизма, по мнению Ф. Ю. Левинсона-Лессинга, слишком односторонняя. В конце XIX — первом десятилетии XX в. появляется все больше наблюдений, показывающих несостоятельность динамометаморфической гипотезы. Результаты действия динамических сил, которые обычно приводят к дроблению, катаклазу, геологи наблюдали давно. Катаклаз как следствие действия одностороннего давления проявляется на небольших глубинах и при невысоких температурах, продукты дробления обычно образуют достаточно локальные участки. Каких-либо новообразований минералов при этом чаще всего не наблюдалось. Даже колоссальные по силе механические процессы приводили только к крайнему раздроблению.

В начале XX в. некоторые геологи выступили против динамометаморфизма. Так, П. Термье на IX Международном геологическом конгрессе в Вене в 1903 г. заявил, что динамометаморфизм как фактор метаморфизма не существует, динамические силы только деформируют, но не метаморфизуют. Он доказывал, что кристаллические сланцы Западных Альп по времени своего образования являются более древними, чем альпийское складкообразование. Согласно его гипотезе, все метаморфические породы являются результатом глубинного регионального метаморфизма, для которого характерно наличие термальных процессов с привнесом различных элементов. Он высказал идею о «фильтрующих колоннах» — ювенильных парах и газах, поднимающихся из недр Земли, как из парового котла, несущих щелочи, магниезию и другие элементы.

Против гипотезы динамометаморфизма выступал Э. Ог, считая, что хотя школа динамометаморфистов еще имеет много последователей, но чрезмерное увлечение теорией динамометаморфизма прошло. «...Изменения породы, вызванные орогеническими движениями, бывают весьма сильны, но ...они имеют чисто механический характер и не отражаются совсем на минералогическом составе породы; порода в таком случае подвергается сильным дислокациям, но обнаружить на ней какие-либо следы метаморфизма не удастся» [15, р. 176]. Э. Ог отмечал, что бесспорно возникновение катакlastических структур вследствие давления, но к образованию новых минералов он относится с сомнением.

Интерес к явлениям динамометаморфизма сохранялся долго, особенно среди немецких геологов. Б. Зандер и В. Шмидт (1911 г.) по-новому осветили связь между текстурой и деформацией. Их метод основан на том, что в деформированных породах минералы имеют определенную упорядоченную ориентировку в пространстве, что выражается в закономерном расположении кристаллов. Ориентировка кристаллов в породах является отражением движений, имевших место в период деформации. Закономерная ориентировка пластинчатых или удлиненных минералов (слюд, роговых обманок, пироксенов, хлоритов и др.) видна макроскопически. Микроскопическое изучение мета-

морфических пород выявило еще один тип ориентировки минералов. Так, в равносторонних породах, в которых зерна кварца изометричны, под микроскопом выявляется анизотропия пород и закономерное внутреннее строение зерен кварца. Впервые это заметил Г. Тренер в 1906 г.: при повороте столика микроскопа зерна кварца гасли почти одновременно, а при введении гипсовой пластинки окрашивались в один цвет. Он сделал вывод, что оптические оси в зернах кварца располагались приблизительно перпендикулярно сланцеватости.

В 1911 г. Б. Зандер обнаружил, что равносторонние тирольские кварциты обладают закономерным внутренним строением. Ориентировка кварца в них была подобна описанной Г. Тренером. Б. Зандер назвал такой тип «ориентировкой по правилу Тренера». Дальнейшие исследования показали, что правило Тренера отражает только один тип ориентировки кварца, чаще же всего оптическая ось кварца располагается параллельно сланцеватости. Этот тип Б. Зандер назвал «ориентировкой по правилу призмы». Как оказалось, предпочтительная ориентировка минералов в метаморфических породах — явление очень распространенное.

В 1924 г. Ф. Бекке предложил использовать универсальный столик Е. С. Федорова для определения точного пространственного расположения осей минералов. Практически это было осуществлено В. Шмидтом. Он использовал статистический метод при изучении простых случаев сланцеватости: измерялись ориентировки возможно большего числа кристаллов. При статистической обработке данных составляли ориентированные диаграммы, на которых выявлялись закономерные узоры. В зависимости от степени интенсивности деформирующего процесса закономерная ориентировка минералов выражена в породах с различной степенью резкости.

Новый метод назывался по-разному: учение об узорах горных пород, структурная петрология, петротектоника, анализ узоров горных пород. Наиболее распространенное название — микроструктурный анализ. Микроструктурный анализ самых разнообразных пород (гнейсов, сланцев, гранулитов, мраморов) показал, что метаморфические породы с ориентированными кристаллами являются правилом.

Сводная работа по исследованию и анализу петроструктур опубликована Б. Зандером в 1930 г. По Зандеру, симметрия узора деформированной горной породы является отображением кинематической симметрии движения при деформации.

В 30-х годах XX в. микроструктурный анализ получил дальнейшее развитие и широкое распространение. Чаще всего при составлении ориентированных диаграмм используют данные по кварцу. Оказалось, что кварц лучше других минералов реагирует на деформации, обычно отражая последний по времени ориентирующий процесс, к тому же кварц один из самых распространенных породообразующих минералов метаморфических пород. Кроме кварца, но в меньшей степени используют также кальцит, слюды, полевые шпаты, роговые обманки, пироксены и некоторые другие минералы. При составлении ориентированных диаграмм рассматривают кристаллические (спайность, грани) или кристалооптические (оптические оси, индикатрисы) свойства минералов. У кварца определяют пространственное положение оптической оси, она к тому же совпадает с кристаллографической осью зерен кварца.

Вопрос о соотношении между характером деформации и кристаллической структурой в кварце, имеющий теоретическое и большое практическое значе-

ние, привлек внимание многих исследователей. Т. Сахама в 1936 г., Г. Фейр-бейн в 1937 г. установили десять ориентированных диаграмм, составленных по кварцу. Позднее А. Хиетанен, изучая кварциты Финляндии, обнаружила еще два типа. Все случаи закономерной ориентировки кварца В. Шмидт объяснил, исходя из предположения, что в кварце скользящие движения осуществляются параллельно одному из трех направлений: оси призмы 0001, ребру призмы 2110, или ребру ромбоэдра 2113.

Такое разнообразие типов ориентировки кварца указывает на сложность и разнообразие процессов, вызывающих ориентировку. На ориентированных диаграммах узор позволяет установить положение плоскости дифференциальных движений, которые геологи при интерпретации увязывают с тектоническими нарушениями региона. По характеру закономерно ориентированных узоров также можно делать заключение об относительной последовательности тектонических процессов: более поздние процессы нарушают более ранний тектонический рисунок в породах. Ставятся и другие задачи — проконтролировать при помощи микроструктурного анализа тектонические выводы и заключения, чтобы выяснить механизм движений, план строения метаморфических пород.

С конца 30-х годов XX в. внимание к давлению как чисто механическому фактору резко падает. Д. Флинн [13, с. 49] писал: «Деформацией как фактором метаморфизма, как правило, пренебрегали, а в структурной петрологии метаморфизму как процессу уделялось мало внимания». На первый план выступает изучение давления как физико-химического фактора равновесия при метаморфических реакциях. Впервые этот принципиально новый подход был изложен в работах Ф. Бекке, доказавшего на многочисленных примерах, что при метаморфизме достижение термодинамического равновесия довольно обычно. Особо он остановился на сложном влиянии давления при метаморфизме. Он показал, что приспособление породы к давлению происходит не механически, а в результате химического преобразования и определяется принципом Рикке.

Существенный вклад в теорию метаморфизма внес В. М. Гольдшмидт, который первым дал анализ сущности метаморфического процесса с физико-химической точки зрения. Он ввел в петрографию понятие о таком важном факторе метаморфического процесса, как парциальное давление углекислоты. В. М. Гольдшмидт теоретически в 1912 г. на основе термодинамических расчетов привел моновариантную кривую для реакции образования волластонита за счет кварца и кальцита. Реакции с участием углекислоты имеют большое значение в процессах метаморфизма. Карбонатные, кремнисто-карбонатные породы широко распространены, и их минеральные ассоциации петрогенически очень важны.

Важные закономерности флюидного режима при метаморфизме установил Д. С. Коржинский [3, 4]. Он высказал положение (позднее подтвердившееся) о значительном повышении активности  $\text{CO}_2$  с глубиной: парциальное давление  $\text{CO}_2$  определяется общим давлением, парциальное давление  $\text{H}_2\text{O}$  зависит только от температуры.

В настоящее время роль давления при метаморфизме, а также природа давления являются одной из дискуссионных проблем теории метаморфизма. Важнейшими здесь являются вопросы: 1) о соотношении литостатического давления («давления нагрузки») и давления флюида; 2) о величине давления отдельных составляющих флюида и характере его изменения с ростом

метаморфизма. Полагают, что именно величина литостатического давления и его соотношение с парциальным давлением воды и углекислоты во многом определяют температуру реакций дегидратации и декарбонатизации, которые нередко используются в качестве границ метаморфических фаций и субфаций.

Итак, динамометаморфическая гипотеза, рассматривавшая давление как чисто механический фактор в процессе метаморфизма, широко распространялась в последней четверти XIX — первых двух десятилетиях XX в. В процессе ее развития геологи выявили динамический, или дислокационный, тип метаморфизма и разнообразные продукты катаклаза. Однако в последующие за эти годы в XX в. исследования показали гораздо более сложные проявления давления в процессах метаморфизма.

Динамометаморфическая гипотеза основана на эмпирических данных; объясняла определенную совокупность петрогенетических фактов. Но она отражала лишь отдельные стороны процесса метаморфизма. Были установлены взаимосвязи метаморфизма с геотектоническими процессами, существование форм метаморфизма, которые являются петрогенетическим выражением геотектонических закономерностей. Этим фактам было придано универсальное значение. Одной частной геологической стороне процесса метаморфизма был придан всеобщий характер, она была возведена в степень всеобщности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грубенман У., Ниггли П. Метаморфизм горных пород. Л.; М., 1933. 373 с.
2. Карпинский А. П., Чернышев Ф. Н. Объяснительные замечания к 139-му листу Общей геологической карты России.— В кн.: Общая геологическая карта Европейской России. Лист 139, СПб., 1886, с. 99—111. (Тр. Геол. ком.; Т. 3. № 2).
3. Коржинский Д. С. Зависимость минералообразования от глубины. М., 1937, с. 369—396. (Зап. Всесоюз. минерал. о-ва; Т. 66. Вып. 2).
4. Коржинский Д. С. Факторы минеральных равновесий и минералогические фации глубинности. М.: Изд-во АН СССР, 1940. 99 с. (Тр. ИГН АН СССР; Вып. 12. Петрогр. сер., № 5).
5. Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Международный геологический конгресс в Лондоне в сентябре 1888 г. СПб., 1889, с. 26—37. (Журн. мин-ва народн. проsv. Январь).
6. Левинсон-Лессинг Ф. Ю. Исследования по теоретической петрографии в связи с изучением изверженных пород Центрального Кавказа.—Избр. тр. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1949, т. 1, с. 30—139.
7. Мушкетов И. В. Краткий курс петрографии. СПб, 1904. 202 с.
8. Мушкетов И. В. Физическая геология. СПб., 1899, т. 1, 784 с.
9. Розенбуш Г. Описательная петрография. Л.; М., 1934. 720 с.
10. Свигальский Н. И. Рец. на кн.: Backlund H. Petrogenetische Studien am Taimyrgesteinen.— Геол. вестн., 1918—1921, с. 165—166.
11. Федоров Е. С. К вопросу об образовании зеленых сланцев. СПб., 1887. (Изв. Геол. ком.)
12. Федоров Е. С. Основы петрографии. СПб., 1897. 234 с.
13. Флинн Д. Деформация при метаморфизме.— В кн.: Природа метаморфизма. М.: Мир, 1967, с. 49—77.
14. Becker G. Current theories of slaty cleavage.— Amer. J. Sci., 1907, vol. 24.
15. Haug E. Traité de géologie. P., 1907—1911.
16. Heim A. Untersuchungen über der Mechanismus der Gebirgsbildung. Basel, 1878.
17. Lossen K. A. Geognostische Beschreibung der linksrheinischen Tortsetzung des Taunus in der östlichen Hälfte des Kreises Kreurnach.— Ztschr. Dt. geol. Ges., 1867, Bd. 19.

Т. Д. Ильина

## ЗНАЧЕНИЕ РУССКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В XVIII—XIX ВВ. В ИЗУЧЕНИИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ЗЕМЛИ

Развитие знаний о магнитном поле Земли, одном из труднообъяснимых и до конца не понятых явлений нашей планеты, шло по пути практического использования геомагнетизма для навигационных целей одновременно с попытками установить его происхождение, распределение в пространстве и изменение во времени, а в последние десятилетия XIX в. — изучение локальных аномалий с целью поисков железных руд.

В познании природы магнитного поля Земли большое значение имели магнитные определения, проведенные в XVIII—XIX вв. на территории России, единственной страны, в пределах которой проходят две магнитные линии без склонений (магнитная стрелка обращена к земным географическим полюсам). Эти линии — магнитные меридианы находились: одна в европейской части страны между городами Муромом и Нижним Новгородом, вторая — в азиатской части, восточнее г. Иркутска. Именно в России в конце XVIII в. были отмечены сильнейшие магнитные аномалии в Курской губернии, где впоследствии было открыто крупнейшее железорудное месторождение [7].

Начало использования геомагнетизма для навигационных целей с применением специальных приборов относится к XII в., когда стало известно о простейших компасах в Китае и независимо от этого были изготовлены магнитные стрелки в Европе [10]. В последующие века компас стал распространенным в морском деле прибором. В то время предполагалось, что магнитные стрелки компаса указывают точно на север в связи с «притяжением» Северной звезды. Но уже в конце XV в. обнаружилось некоторое расхождение между направлением на север по компасу и истинным направлением, установленным по астрономическим наблюдениям. В 1492 г. Христофор Колумб во время плавания к берегам Нового Света отметил это расхождение и тем самым доказал существование магнитного склонения, различного для разных географических поясов [21]. В связи с этим фактом при пользовании компасом стали вводить поправки, величина которых определялась магнитным склонением, установленным для данной широты.

В первом научном труде по земному магнетизму в книге английского ученого В. Гильберта «О магнетизме, магнитных телах и великом магните Земля», изданной в 1600 г., было высказано предположение, что наша планета является большим естественным магнитом. На опытах с металлическими шарами В. Гильберт наглядно доказал, что Земля, как и другие планеты, может создавать собственное магнитное поле и что магнитное притяжение может удерживать планеты на орбитах.

В XII в. были разработаны приборы для измерения магнитного склонения, стали вестись наблюдения и выдвигаться различные гипотезы о происхождении планетарного магнитного поля. С этого времени началось накопление данных о магнитном поле Земли, полученных сначала во время морских плаваний, а затем и в результате систематических определений по программам, составленным предварительно. В России в XVII в. произво-

дильсь определения магнитного склонения в пунктах, расположенных на основных торговых и промысловых путях.

Русским правительством было предписано всем экспедициям помимо гидрографических измерений проводить и определения магнитного склонения [24]. Первые магнитные измерения выполнены русскими моряками на северном побережье России, у устья р. Печоры, о-ва Вайгач, а на юге страны — в Астрахани, Дербенте и некоторых других пунктах побережья Каспийского моря [29].

Результаты отмечались на картах и в лоциях. Такие указания, особенно для северных районов, были необходимы для успешного проведения и завершения плаваний, поскольку в высоких широтах из-за частых неблагоприятных погодных условий редко удавалось определение астрономических координат и правильного курса корабля.

В XVIII в. интерес к измерениям магнитного склонения усилился. В 1701 г. английский астроном Э. Галлей составил первую карту магнитного склонения для Атлантического и Тихого океанов, основанием для чего послужили имевшиеся в то время сведения о магнитном склонении в различных пунктах. В России с начала XVIII в. начались планомерные определения магнитного склонения экспедициями и судами, снаряжаемыми на правительственные средства. Немецкий математик Г. В. Лейбниц в 1711 г. в беседах с Петром Первым и в письмах, касавшихся распространения знаний в России, обратил внимание на важность магнитных измерений и составление карт с указанием магнитных склонений. Ученый подчеркнул, что такого рода карты необходимы России, берега которой омываются в северных областях на протяжении 170° с. ш.

Первыми картами, на которые были нанесены магнитные склонения, были карты, составленные русским моряком Ф. И. Соймоновым для западного, а затем восточного побережий Каспийского моря по материалам исследований 1719—1720 гг. и данным экспедиции А. Бековича-Черкасского [29]. Позднее магнитные склонения были указаны на картах Балтийского моря и Финского залива, которые входили в Атлас Варяжского моря, составленный по шведским картам 1730—1738 гг.

Во второй четверти XVIII в. сведения о магнитном поле поступали в основном от экспедиций, совершающих длительные морские путешествия. Однако накопление данных шло медленно, обычно во время рейса удавалось провести одно-два стационарных определения составляющей магнитного поля. Даже для простейших магнитных определений требовалось соблюдение определенных условий, в частности сохранения постоянства температуры воздуха вблизи прибора, влажности воздуха, и так как главное условие — отсутствие железных предметов, измерения проводились в палатках на льдинах или на берегу.

В первой половине XVIII в. наибольшее количество магнитных определений сделано на северо-восточном побережье Сибири во время работы 1-й и 2-й Камчатских экспедиций под руководством В. Беринга [34]. В 1728 г. он провел определения магнитного склонения в Беринговом проливе и у берегов Аляски на о-ве Кадьяк (самый северный пункт находился на 59°55' с. ш.). Во второй половине века особенно плодотворными оказались усилия Г. А. Сарычева, который в 1785—1793 гг. произвел съемку северо-восточных берегов Сибири и Алеутских островов [26].

В тот же период в России уделялось внимание и разработке теорети-

ческих вопросов земного магнетизма. Члены Петербургской академии наук М. В. Ломоносов и Л. Эйлер занимались проблемами происхождения и расчета магнитного поля Земли. В Петербургской академии наук в 1760—1770-х гг. быстро развивались работы в области потенциала, применимого к расчетам физических полей Земли, в том числе магнитного поля. Успехи математических и естественных наук того времени в России давали основание производить сложные расчеты поля, возникающего под действием одного или нескольких магнитов, тем или иным образом расположенных внутри или на поверхности Земли. Сравнение сложных расчетных данных с наблюдаемыми фактическими значениями поля позволяли более обоснованно выдвигать новые гипотезы о его происхождении и распределении.

Приняв Землю за естественный стержнеобразный магнит, М. В. Ломоносов и Л. Эйлер, как и У. Гильберт, считали, что недипольная часть земного магнита должна иметь значительную величину, связанную с особенностями строения и состава земных слоев [15]. Л. Эйлер на основании имевшихся в то время данных о магнитном склонении определил магнитные потенциалы и вычислил магнитное склонение для многих пунктов. Он составил первую карту вычисленных значений магнитного склонения земного шара. Использование этой карты было, однако, затруднено, поскольку сравнение вычисленных значений и наблюдаемых величин давало не вполне удовлетворительные результаты.

Новые данные были получены и во время кругосветного плавания И. Ф. Крузенштерна в 1803—1806 гг. на корабле «Надежда». Магнитные измерения были проведены у северной оконечности о-ва Сахалин, юго-западных и юго-восточных берегов Камчатки [9]. Тогда же Ю. Ф. Лисянский провел измерения магнитного склонения у берегов Аляски во время плавания на «Неве». Но все же это были лишь единичные определения, и они не могли дать общей картины магнитного поля Земли.

К началу XIX в. было установлено, что магнитное поле изменяется во времени, а величина его зависит от географического положения пункта наблюдения. Временные вариации могли быть суточными и более длительными — циклическими, годовыми, вековыми. Требовались продолжительные систематические наблюдения за изменениями магнитного поля, особенно вблизи магнитных полюсов, меняющих свое географическое положение.

Многие страны, в том числе и Россия, начали снаряжать кругосветные экспедиции, в задачи которых входили магнитные определения. Первые систематические геомагнитные измерения на суше и на море связаны с экспедицией под руководством Ф. Врангеля, обследовавшей в 1820 г. северо-западное побережье Сибири. В 1821—1824 гг. измерения магнитного склонения в последовательном ряде пунктов провел Ф. П. Литке во время четырехкратного путешествия в Северный Ледовитый океан на бриге «Новая Земля». Два магнитных определения 1821 г. он провел в Териберской Губе. В 1822 г. астрономические и магнитные определения проведены в западной части пролива Маточкин Шар, в 1823 г. во время съемок береговой линии было также сделано несколько магнитных определений [14]. В результате этих путешествий Ф. Литке удалось измерить магнитное склонение в Архангельске, Мурманске, у о-ва Олений, в устье рек Харловка и Териберка, в проливе Маточкин Шар, у западного берега Новой Земли — всего в девяти пунктах в районе  $65\text{--}75^\circ$  с. ш. и  $30\text{--}62^\circ$  в. д. Кроме того, Ф. П. Литке удалось впервые определить напряженность магнитного поля Земли путем

подсчета колебаний магнитной стрелки. По своим данным Ф. П. Литке установил неравномерность в сжатии Земли в пределах от 1/269 до 1/288. В путешествиях вокруг света в 1826—1829 гг. на шлюпе «Сенявин» под командованием Ф. П. Литке магнитные измерения проводил известный физик Э. Х. Ленц [13].

В конце 20-х—начале 30-х годов по заданию Ф. П. Литке в северных водах плавали суда под командованием М. Ф. Рейнеке. На специальном немагнитном боте М. Ф. Рейнеке провел магнитные определения в Архангельске и Белом море [22]. Обработка полученных данных показала, что в полярной области России магнитный меридиан в тот период точно совпадал с географическим [23]. Составленная М. Ф. Рейнеке и А. Д. Озерским инструкция по проведению магнитных определений была издана Географическим обществом для Камчатской экспедиции [24].

На суше магнитные определения проводились почти одновременно с морскими. Среди первых экспедиций по изучению магнитного поля Земли начала XIX в. следует отметить экспедицию под руководством директора норвежской обсерватории в Осло профессора Х. Ханстиина. Экспедиция в 1828 г. направилась для исследования магнитного поля вдоль второй нулевой магнитной линии, проходящей в азиатской части страны. В экспедиции приняли участие лейтенант норвежского флота К. Дуэ и немецкий геофизик доктор А. Эрман. Экспедиция начала свой путь из Петербурга, останавливаясь в городах и населенных пунктах для проведения магнитных измерений. Ее маршрут прошел через Москву, Нижний Новгород, Казань, Пермь, Екатеринбург. Затем экспедиция разделилась на два отряда; в одном были К. Дуэ и Х. Ханстиин, а в другом А. Эрман. Отряд Дуэ и Ханстиина из Тобольска продолжил путь в Иркутск, оттуда Дуэ проехал в Якутск и Вилюйск, а Ханстиин в это время провел исследования в Енисейске и Туруханске, после чего проехал обратно в Красноярск. Там он присоединился к Дуэ, вдвоем они проехали через Томск, Барнаул, Уфу, Оренбург, Астрахань, Саратов, Пензу и возвратились в Петербург. А. Эрман из Тобольска отправился вниз по Оби к северу до Обдорска, возвратился обратно, а затем проехал в Красноярск, Иркутск, Киренск, Олѣкминск, Якутск, Охотск и Петропавловск-Камчатский. Оттуда морским путем возвратился в Европу.

За два года работы экспедиция Ханстиина произвела магнитные определения в 430 пунктах Сибири. Результаты экспедиции в 1863 г. были опубликованы в Норвегии. На основании своих наблюдений Х. Ханстиин высказал предположение о вероятной периодичности суточных амплитуд магнитного склонения, связанной с периодичностью северных сияний.

В конце 1820-х годов в России начали создаваться постоянные магнитные обсерватории. Они были организованы А. Я. Купфером после посещения России А. Гумбольдтом. На общем собрании Академии наук в Петербурге в 1829 г. при получении серебряной и бронзовой юбилейных медалей академии и диплома почетного академика А. Гумбольдт обратился к собранию ученых с предложением построить за счет Академии магнитный павильон в Петербурге, в котором должны проводиться постоянные наблюдения и определения неравномерности суточного хода магнитного склонения, имеющие важное значение для теории земного магнетизма [25]. Павильон был построен под руководством А. Я. Купфера в районе Петропавловской крепости, и с сентября 1830 г. там начались магнитные наблюдения. По инициативе А. Я. Купфера была создана также магнитная обсерватория

в Казани. Измерения там проводил сначала сам А. Я. Купфер, а затем известный астроном, член-корреспондент Петербургской академии наук И. М. Симонов, участник кругосветной экспедиции Ф. Ф. Беллинсгаузена и М. П. Лазарева. В 1830 г. вступила в строй магнитная обсерватория в Николаеве, построенная также по инициативе А. Я. Купфера. По его мнению, магнитные определения в петербургской и николаевской обсерваториях, расположенных примерно на одном меридиане с разницей в широте  $13^\circ$ , могли дать интересные данные о влиянии географической широты на амплитуды колебаний магнитного поля. Кроме того, А. Я. Купфер во время путешествия на Кавказ попытался определить влияние высоты над уровнем моря на величину составляющих магнитного поля.

Таким образом, к началу 30-х годов XIX в. в России работали три магнитные обсерватории (в Петербурге, Казани, Николаеве), которые могли проводить одновременные наблюдения по единой программе.

Следует несколько подробнее остановиться на работах в области земного магнетизма И. М. Симонова. Занимаясь непосредственными магнитными наблюдениями в Казанской магнитной обсерватории, он одним из первых разработал вопросы общей теории магнитного поля Земли. Исходя из имевшихся у него фактических данных и применив теорию потенциала, он нашел правильный подход к расчету распределения магнитного поля на поверхности Земли. Статья И. М. Симонова «Опыт математической теории земного магнетизма» опубликована в 1835 г. в ученых записках Казанского университета, а через два года напечатана под названием «*Sur le magnétisme terrestre*» в немецком журнале «*Journal für die reine und angewandte Mathematik herausgegeben von Crelle*» [27].

В этой работе И. М. Симонов сравнил магнитное поле Земли, вызванное суммарным действием различных природных магнитов, с магнитным полем диполя. В первом приближении он допускал однородное распределение магнитных частиц внутри Земли и неоднородное — на ее поверхности. На этом основании он выдвинул формулу значения магнитного потенциала для земной сферы. В сущности И. М. Симонов получил выражение первого члена разложения магнитного потенциала Земли в ряд по шаровым функциям, выведенного позднее К. Ф. Гауссом для общего случая неоднородно намагниченной Земли.

Решающее значение в исследованиях проблемы геомагнитного поля имели теоретические работы и научно-организационная деятельность выдающегося немецкого ученого К. Ф. Гаусса. Организованный К. Ф. Гауссом в 1834 г. «Магнитный союз» объединил физиков, проживавших в различных городах Германии и за ее пределами, с целью проведения наблюдений «вариаций и бурь магнитного склонения, знание которых... имеет громадный практический интерес». К. Ф. Гаусс писал, что мореплавателю, геодезисту, маркшейдеру весьма важно знать, насколько частым и сильным воздействиям подвергаются их навигационные и другие приборы, чтобы определить степень доверия к своим наблюдениям [3].

«Магнитный союз» в период с 1837 по 1843 г. издавал ежегодник «Результаты Магнитного союза». В 1839 г. в ежегоднике была впервые напечатана фундаментальная работа К. Ф. Гаусса «Общая теория земного магнетизма», которая, как и другие его работы, считается рубежом в истории изучения земного магнетизма. Принято говорить о значении работ «до Гаусса» и «после Гаусса».

В этой статье К. Ф. Гаусс использовал сложный математический аппарат и фактические данные о величине магнитного поля. Им были использованы и определения магнитного склонения в России [3]. Он теоретически рассмотрел влияние на величину магнитного поля на земной поверхности источника магнитного поля, помещенного внутри Земли. При этом им принято допущение зависимости потенциала от географических координат пункта наблюдения. Используя магнитные карты и определения того времени, в том числе и на территории России, К. Ф. Гаусс вычислил 24 постоянных коэффициента ряда разложения потенциала применительно к эпохе 1830 г. Разложение К. Ф. Гаусса по сферическим функциям дало возможность, по выражению Н. Умова, выразить все многообразие земномагнитных явлений при помощи немногих коэффициентов [31]. При этом сложная физическая картина может быть вполне определена положением осей шаровых функций (магнитных потенциалов) и магнитных моментов соответствующих функций. Разложение К. Ф. Гаусса оказалось справедливым для любого географического пункта Земли. Сравнение вычисленных и наблюдаемых значений элементов магнитного поля, проведенное К. Ф. Гауссом, показало хорошее совпадение результатов. В 1840 г. К. Ф. Гаусс и его ученик В. Вебер составили и опубликовали «Атлас земного магнетизма», в который вошли мировые карты распределения магнитного потенциала, распределения плотности фиктивной «магнитной жидкости» на земной поверхности, карты элементов  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , карты склонений, наклонения, горизонтальной напряженности магнитного поля.

В середине прошлого века А. Гумбольдт доказал изменчивость магнитного поля в зависимости от географического положения и во времени. В связи с этим для корректировки кораблей и обеспечения безопасности плавания необходимо было установить общие закономерности распределения магнитного поля и его изменений. Были разработаны, изготовлены и получили всеобщее распространение приборы для измерений магнитного поля, например магнитостатические и электромагнитные магнитометры и вариометры, при помощи которых во многих странах проводились измерения.

Российская академия наук активно включилась в магнитные исследования с конца 30-х годов. Основное внимание в то время уделялось экспедиционной деятельности и накоплению фактических данных о составляющих магнитного поля на обширных пространствах России. В 1837 г. экспедиция во главе с академиком К. М. Бэрром на шхуне «Кротов» под командованием А. К. Цивольки прибыла на Новую Землю, провела исследования в районе Маточкина Шара. Были собраны богатые геологические, ботанические и зоологические коллекции, проведена опись берега и сделаны магнитные определения. Магнитные измерения в районе Новой Земли были проведены экспедицией П. К. Пахтусова [19]. Тяжелые ледовые условия плавания 1838 г., гибель экипажа и самого А. К. Цивольки от цинги приостановили на некоторое время попытки правительства исследовать северную часть Новой Земли. Работа эта продолжалась только силами русских экспедиций, снаряженных на частные средства, а также норвежскими промысловыми судами.

К 30—40-м годам относятся работы гидрографа М. Ф. Рейнеке, который в течение почти четверти века проводил во время экспедиций магнитные измерения в северных морях России. Будучи начальником Гидрографического департамента, М. Ф. Рейнеке усиленно занимался систематизацией катало-

гов архива карт, атласов и корабельных журналов. Он добился разрешения на публикацию гидрографических данных и с 1839 г. начал издавать «Известия о переменнах в лодиях», в которых сообщалось обо всех новых уточнениях береговой линии, глубин и магнитном склонении (впоследствии эти данные печатались в «Морском сборнике»). В 1842 г. после длительных «ходатайств по инстанциям» М. Ф. Рейнеке получил разрешение на издание специального органа «Записки Гидрографического Депо». В «Записках» печатались научные результаты морских экспедиций, исследований северной части страны и Новосибирских островов, был опубликован «полярный проект» М. В. Ломоносова и др.

М. Ф. Рейнеке по результатам своих плаваний составил подробный атлас морских карт берегов Финляндии, куда вошли карты Балтийского моря и финляндских шхер, Финского залива и отдельных районов Севера России. В атлас вошли отчеты по гидрологии и магнитным склонениям берегов и акватории Финского залива и Белого моря. Статья М. Ф. Рейнеке «Магнитные наблюдения Беломорской экспедиции 1827—1832 гг.» и инструкция «Наставление для делания метеорологических наблюдений в военных портах и об исправлении погрешности корабельных компасов», как и главнейшие его труды, были изданы в Петербурге и переведены в Англии и Франции.

Русские морские исследования к середине XIX в. доказали перемещение магнитного поля и магнитного меридиана к западу (в настоящее время принят термин «западный дрейф магнитного поля»). Было отмечено также ускорение передвижения магнитного меридиана в России, на территории которой в то время непрерывно вели наблюдения 50 магнитных обсерваторий, в том числе в Петербурге, Казани, Николаеве, Юрьеве, Киеве, Иркутске, Златоусте, Тифлисе, Луганске, Колывани, Нерчинске, на берегу Охотского моря и в других пунктах.

Большую помощь в организации магнитных наблюдений оказало созданное в 1845 г. Русское географическое общество. В обоснование необходимости организации общества его учредители — Ф. П. Литке, Ф. П. Врангель, К. М. Бэр и другие указывали на то, что исследования, проводимые правительством, «не всегда удовлетворяют потребностям науки или общей любознательности» и «только в весьма ограниченных пределах бывают доступны публике» [2]. В обществе, помимо отделений этнографии и статистики, были отделения математической и физической географии (где предусматривались и геофизические, и метеорологические исследования).

Основным организатором магнитных и метеорологических исследований в России со временем стала Главная физическая обсерватория Академии наук. Директор обсерватории А. Я. Купфер предпринимал много усилий к организации и накоплению фактических систематических данных о распределении и изменении магнитного поля [11]. Многие сотрудники обсерватории проводили сравнения своих данных с публикуемыми сведениями. Одним из таких наблюдателей, внесших большой вклад в разработку общей теории геомагнитного поля, был профессор Казанского университета И. М. Симонов. Он на основании своих наблюдений открыл 27-дневную периодичность изменения магнитного склонения, связанную с обращением Солнца около оси.

Новый этап в развитии магнитных исследований был вызван необходимостью корректировки компасов и связан с появлением во второй половине XIX в. паровых судов и возможностью плавания на них в более высоких широтах в районах Мирового океана с тяжелыми ледовыми условиями.

В 70-х годах особенно важное значение имели морские исследования члена-корреспондента Петербургской академии наук И. П. Белавенца. Ему принадлежат многочисленные работы по девиации магнитного компаса. И. П. Белавенец одним из первых провел магнитные измерения вдоль линии, примерно совпадающей с магнитным меридианом. В 1870 г. он прошел на корвете «Варяг» из Петербурга в Архангельск речным путем, делая остановки для магнитных измерений со специально оборудованного катера [1]. Из Архангельска И. П. Белавенец отправился к Новой Земле. Он произвел магнитные измерения на о-ве Канин Нос, у о-ва Безымянный, в Териберкской Губе, Корабельной бухте, Кольской губе и в других пунктах в районе от  $63^{\circ}0'$  до  $69^{\circ}35'$  с. ш. После обработки материалов и приведения их к эпохе 1830 г. выяснилось значительное (в  $3-4^{\circ}$ ) расхождение в положении магнитного полюса по сравнению с вычисленным К. Ф. Гауссом. По данным другого ученого, Г. А. Фритше, опубликованным в Метеорологическом сборнике (1869 г.), нулевая магнитная линия, проходившая по территории России, передвинулась на запад почти на  $15^{\circ}$ . Г. А. Фритше показал и сильное широтное изменение магнитного поля: самый южный изгиб в  $12^{\circ}$  восточного склонения в 1830 г. на карте К. Ф. Гаусса у Каменных островов к северо-востоку от устья Оби ( $73^{\circ}$  с. ш. и  $87^{\circ}$  в. д.) передвинулся в Тобольск ( $58^{\circ}$  с. ш. и  $68^{\circ}$  в. д.).

Специальную, хорошо подготовленную экспедицию в северные моря решило предпринять Русское географическое общество (РГО). В декабре 1870 г. на совместном заседании отделений математической и физической географии проект экспедиции было поручено составить комиссии в составе А. И. Воейкова, С. И. Зеленова, Н. А. Ивашинцева, П. А. Кропоткина, Ф. Р. Остен-Сакена, Ф. Ф. Яржинского, М. А. Рыкачева, Н. Г. Шиллинга и др. В представленном в РГО проекте указывалось на важность и необходимость проведения магнитных измерений, их особенную тщательность вблизи магнитных полюсов, в северных морях и Северном Ледовитом океане. П. А. Кропоткин высказал предположение о возможности еще большего изгиба магнитного склонения к югу [8]. Он писал, что если скорость передвижения магнитного склонения и форма изолиний эпохи 1830 г. сохранится, то изгибы магнитных линий к югу должны направиться вдоль восточной части Карского моря и там должно быть отмечено интересное явление, когда склонение будет мало меняться с изменением долготы и, наоборот, будет заметно увеличиваться по направлению к северу. Экспедиция по проекту РГО не была организована. Но в 1871 г. для исследований района между Шпицбергом и Новой Землей вышла австрийская экспедиция К. Вейпрахта и Ю. Пайера, снаряженная на частные средства. Целью экспедиции были исследования ледовых условий, производство определений магнитного склонения и наблюдение за северным сиянием [17].

Среди многочисленных полярных экспедиций 70-х годов XIX в. следует упомянуть плавание знаменитого шведского полярного исследователя Н. Норденшельда в район Шпицбергена, Гренландию и по трассе северного морского пути до устья Енисея и даже до Чукотского полуострова. Благополучному завершению экспедиции Н. Норденшельда в немалой степени способствовало участие трех вспомогательных русских судов, направленных А. М. Сибиряковым для сопровождения шведских кораблей вдоль русских берегов. Будучи сторонником коллективных научных исследований в Арктике и имея опыт плаванья в полярных условиях, К. Вейпрахт в 1875 г. на съезде немецких естествоиспытателей и врачей в Граце (Австрия) призвал к органи-

зации международных исследований. По его мнению, изучение полярных областей нужно осуществлять одновременно большим числом кораблей и в течение длительного срока. Главное внимание должно быть уделено геофизическим исследованиям, которые следует проводить стандартными приборами. В 1877 г. К. Вейпрахт составил подробную программу, которая была обсуждена в 1879 г. на международной конференции и предложена вниманию правительств разных стран для принятия решений об участии в этих исследованиях. На последующих конференциях в Берне (1880 г.) и Петербурге (1881 г.) программа международных полярных исследований была окончательно утверждена и получила название Первого Международного полярного года (МПГ). Была создана международная комиссия под председательством русского ученого Г. И. Вильда.

К началу МПГ в России М. А. Рыкачевым была проведена реорганизация сети геомагнитных обсерваторий и станций, Главной физической обсерватории. В Павловске в 1878 г. была открыта первая в России образцовая магнитная обсерватория, по типу которой в 1892 г. — обсерватория в Потсдаме. Главным новшеством было создание условий для проведения абсолютных магнитных измерений, для чего был построен специальный деревянный павильон с массивными каменными столбами. В русских университетах была пересмотрена программа научных работ, намечено новое направление — изучение закономерностей геофизических процессов планетарного порядка и их связи с географической средой, а также показаны пути практического использования данных о физике Земли. Были подведены итоги многих научных экспедиций. А. А. Тилло по 800 магнитным наблюдениям построил в России карту изогон и изоклин европейской части страны и карту изодин горы горизонтальных составляющих магнитного склонения для Сибири. И хотя карты А. А. Тилло из-за редкой сетки наблюдений (1 на 7—8 тыс. км<sup>2</sup>) были неточными, для своего времени они имели большое практическое значение и высоко оценивались русскими и иностранными учеными.

В программе Первого Международного полярного года участвовало 12 стран. В 1882—1883 гг. в Арктике работало 13 станций, снабженных унифицированными приборами. В результате одновременных магнитных измерений было установлено, что периодическое суточное изменение величины составляющих магнитного поля Земли представляет общую планетарную закономерность, а не является местной аномалией, как это представлялось раньше. Было показано, что характер изменений магнитного поля на поверхности земного шара зависит от времени измерения и географического положения пункта. Выведенные некоторые закономерности изменения геомагнитного поля доказали необходимость проведения систематических магнитных определений на всей территории России, как в северных морях, так и на суше.

Большое значение имели организованные в России в конце 80—90-х годов магнитные наблюдения Э. Штеллинга, Н. Шубина, А. А. Тилло, М. Е. Жданко и др. Остановимся на некоторых из них. Директор Иркутской обсерватории Э. Штеллинг произвел в 1888—1890 гг. наблюдения магнитного поля в районе р. Лены и Приморском крае [32]. Приведя свои данные к эпохе 1829 г., Э. Штеллинг показал, что в районе Лены во всех без исключения местах наблюдений северный конец магнитной стрелки отклонился к западу, при этом западное склонение восточно-азиатской области увеличилось не только к северо-западу, но и к северо-востоку и востоку. В восточной части Восточно-

Сибирской и Приморской областей, по данным Э. Штеллинга, произошло общее перемещение изогон на восток. Кроме того, Э. Штеллинг предполагал, что магнитное отклонение к западу началось еще до конца XVIII в. и что скорость этого отклонения постоянно возрастает.

По данным Н. Шубина, проводившего магнитные наблюдения на северо-востоке страны в 1889 г., отмечено отклонение магнитной стрелки к западу, разница между наблюдаемыми и вычисленными значениями магнитного склонения в Петропавловске-Камчатском, у о-ва Беринга, в устье р. Анадырь и в других пунктах составляла почти  $12^\circ$  [33].

После подведения итогов Первого МПГ и новых сведений о перемещении магнитного поля к западу, а также в связи с открытиями на территории России сильнейших магнитных аномалий, Русское географическое общество учредило специальную магнитную комиссию. Ее председателем был назначен академик А. А. Тилло. В Академии наук в сентябре того же 1892 г. была создана Комиссия по выработке проекта общей магнитной съемки России [6]. Общая магнитная съемка была осуществлена, как известно, только при советской власти в 30-х годах.

К заслугам А. А. Тилло в области изучения магнитного поля Земли следует отнести его исследования суточных колебаний. В статье, опубликованной в «Метеорологическом вестнике» за 1893 г., А. А. Тилло пришел к выводу, что наибольшая часть суточных колебаний стрелки происходит от источников, находящихся над поверхностью Земли, и, вероятно, исходит от электрических токов атмосферы; что суточные колебания магнитного поля индуцируют токи в Земле, из-за чего амплитуда вертикальной составляющей уменьшается, а горизонтальной — увеличивается; что эти токи встречают меньшее сопротивление в более глубоких слоях Земли и, наконец, что горизонтальная составляющая магнитного поля в атмосфере выражается каким-либо периодическим колебанием барометра и должна «производить» электрические токи в атмосфере, следствием чего должны быть периодические колебания магнитной стрелки [30].

К 90-м годам относятся систематические плавания русских военных кораблей в Северный Ледовитый океан для охраны морских рыбных и зверобойных промыслов. На них производились магнитные наблюдения и проверка карт. Так, в 1893—1895 гг. на крейсерах «Наездник», «Вестник» и «Джигит» промерялось магнитное склонение в 20 пунктах, расположенных равномерно по параллели вдоль всего русского побережья от о-ва Рыбачий до о-ва Вайгач у входа в Югорский Шар. В те же годы гидролог М. Е. Жданко измерил магнитное склонение в 95 пунктах, из них 75 только в Белом море. После обработки данных, приведения к эпохе 1893 г. и сравнения их с другими эпохами М. Е. Жданко, так же как и Э. Штеллинг, установил изменение скорости дрейфа магнитного поля. По его данным, магнитное склонение в начале XIX в. менялось значительно быстрее, чем в конце века, при оставшемся постоянным характере распределения [5]. В Кольском заливе у мыса Пинагирева им были отмечены сильные аномалии поля.

К исследованиям общепланетарного порядка относятся работы экспедиции Академии наук и Казанского университета на Новой Земле во время полного солнечного затмения 1896 г. Под руководством Б. Б. Голицина и О. А. Баклунда были измерены все элементы магнитного поля при помощи новейшего для того времени походного теодолита Вильда, изготовленного специально для физического кабинета Академии наук [4].

Не вдаваясь в более подробное рассмотрение других русских исследований XVIII—XIX веков, следует указать, что кроме общих проблем изучения магнитного поля Земли и накопления данных магнитных определений, в России подробно исследовались некоторые локальные магнитные аномалии, в частности в Кривом Роге, на Урале и Курской магнитной аномалии с целью возможного их практического использования.

В Кривом Роге в 1898 г. П. Т. Пасальский рассмотрел результаты более чем 400 магнитных определений и на основе их анализа показал совпадение магнитных аномалий с тектоническими линиями. Он писал, что для геологии очень важно изучение распределения магнетизма, поскольку оно должно предшествовать геологическим исследованиям и «служить путеводной нитью», хотя и «не может их заменить» [18]. Вывод П. Т. Пасальского о значении магнитных исследований для геологии в дальнейшем подтвердился.

На Урале в конце XIX в. также обнаружены местные сильные магнитные аномалии в районах гор Магнитная и Благодать. Исследования С. Н. Вуколова и К. Н. Егорова подтвердили связь аномалий с залежами железных руд. Тогда же на Урале Д. И. Менделеев провел магнитные измерения с целью выяснения возможностей и эффективности использования магнитометрического метода для разведки полезных ископаемых [16]. В конце XIX — начале XX в. на Урале магнитную разведку железных руд проводил В. И. Бауман, создавший в начале XX в. в Петербургском горном институте одну из первых в России научно-производственных школ магнитологов.

На необычное поведение магнитной стрелки в районе Курска первым обратил внимание в 1778—1779 гг. известный астроном академик Петербургской академии наук П. Б. Иноходцев. В опубликованных изданиях Академии наук и докладе на общем собрании Академии он связывал замеченное явление с возможными залежами железных руд [7]. На аномалию было обращено внимание только через сто лет после первых магнитных съемок страны, которые проводил доцент Казанского университета И. Н. Смирнов в 1874 г., отметивший необычные (почти 60°) величины углов наклона магнитной стрелки [28]. После отчета И. Н. Смирнова в Русском географическом обществе и Академии наук были высказаны различные гипотезы о происхождении аномалии. Она объяснялась близостью кристаллического фундамента к дневной поверхности или большими скоплениями магнитных железных руд.

На средства Русского географического общества доцент Харьковского университета Н. Д. Пильчиков в 1883—1884 гг. провел магнитные наблюдения в 71 пункте. Он также связывал аномалии с залежами магнитных железных руд и указывал на необходимость систематического изучения магнитного поля всей Курской губернии [20]. После измерений студента Д. Д. Сергиевского под руководством А. А. Тилло в с. Непхаево была открыта еще более сильная магнитная аномалия. На заседании Отделений математической географии и физической географии в 1890 г. при обсуждении доклада А. А. Тилло было подчеркнuto, что подобного рода магнитные исследования могут дать возможность заняться решением вопросов «о вековом изменении магнетизма в аномалиях, что может быть пролет свет и на сущность самих магнитных явлений земного шара».

После создания Постоянной комиссии по изучению земного магнетизма при Географическом обществе систематическими и планомерными исследованиями Курской магнитной аномалии (КМА) занялся профессор Москов-

ского университета Э. Е. Лейст. Считая, что такие аномалии могли вызвать наличие огромных масс железа под землей, Э. Е. Лейст провел многолетние исследования магнитного поля в области КМА и установил возможную протяженность рудного тела или, вернее, нескольких рудных тел, составляющих «железорудный подземный хребет» [12]. Ошибка в определении глубины залегания рудных масс и недостаточная глубина первых разведочных скважин на два десятилетия задержали окончательное решение вопроса о причинах Курских магнитных аномалий. В 20-х годах по решению Советского правительства исследования КМА были успешно завершены, а после окончания Великой Отечественной войны рудное месторождение КМА вступило в строй действующих горнорудных предприятий.

Русские исследования внесли существенный вклад в формирование представлений о магнитном поле Земли. К концу XIX в. были собраны и обобщены отдельные сведения о составляющих магнитного поля, показана необходимость их систематических исследований. Установлено, что Земля обладает слабым потенциальным «постоянным» магнитным полем, что главная его часть — поле магнитного диполя — расположена в центре планеты, и что ось этого диполя наклонена под углом  $11^{\circ}30'$  к оси вращения Земли. Было определено точное положение магнитных полюсов и их перемещение на территории России, измерен «западный дрейф» магнитного поля, выяснен характер изменения потенциального поля во времени, определены суточные, циклические — месячные, годовые и вековые вариации магнитного поля, показано теоретическое и практическое значение точных сведений о магнитном поле при изучении геологического строения отдельных регионов и при магнитной разведке полезных ископаемых.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Белавенец И. П.* Магнитные наблюдения, произведенные во время плавания речным путем из Петербурга в Архангельск и Белым морем Северным Ледовитым океаном в 1870 г. СПб., 1871. 90 с.
2. *Берг Л. С.* Всесоюзное географическое общество за сто лет. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946. 263 с.
3. *Гаусс К. Ф.* Общая теория земного магнетизма. — В кн.: О земном магнетизме. М.: Изд-во АН СССР, 1952, с. 77—160.
4. *Голицын Б. Б.* Физико-метеорологические наблюдения на Новой Земле. — Изв. АН СССР, 1897, т. VI, № 3, с. 161—251.
5. *Жданко М. Е.* О результатах магнитных и гидрологических наблюдений в Ледовитом океане с 1893 по 1895 г. — Изв. РГО, 1896, т. 33, с. 181—187.
6. Записки имп. Академии наук. Т. 69, кн. 1. Протоколы. СПб., 1892.
7. *Иноходцев П. В.* Сводка астрономических наблюдений для определения географического положения г. Курска в 1783 г. — Acta Acad. Sci. Imper. petr., 1785, vol. 2, p. 384—388.
8. *Кропоткин П. А.* Доклад комиссии по снаряжению экспедиции в северные моря. СПб., 1871.
9. *Крузенштерн И. Ф.* Путешествие вокруг света в 1803, 1804, 1805 и 1806 годах на кораблях «Надежда» и «Нева». М.: Географгиз, 1950. 320 с.
10. *Крылов А. Н.* О земном магнетизме. Пг., 1922. 184 с.
11. *Купфер А. Я.* Отчет Главной физической обсерватории за 1851 г. СПб., 1852. 130 с.
12. *Лейст Э. Е.* Курская магнитная аномалия. М., 1921. 72 с.
13. *Ленц Э. Х.* Наблюдения над наклоном и степенью силы магнитной стрелки, произведенные в путешествии вокруг света на шлюпе «Сенявин» в 1826, 1827, 1828, 1829 гг. СПб., 1836. 30 с.
14. *Литке Ф. П.* Четырехкратное путешествие в Северный Ледовитый океан на бриге «Новая Земля» в 1821—1824 гг. СПб., 1828. 787 с.

15. Ломоносов М. В. Рассуждения о большой точности морского пути. СПб., 1902. 370 с. (Собр. соч.; Т. 5).
16. Менделеев Д. И. Магнитные наблюдения, произведенные при поездке на Урал в 1899 г. Л., М.: Изд-во АН СССР, 1946. 599 с. (Собр. соч.; Т. 7).
17. Пайер Ю. 725 дней во льдах Арктики: Австро-венгерская экспедиция 1871—1874 гг. Л., 1935. 300 с.
18. Пасальский П. Т. Изучение распределения магнетизма на земной поверхности. Одесса, 1901. 547 с.
19. Пахтусов П. К., Моисеев С. А. Дневные записки. М.: Географгиз, 1956. 214 с.
20. Пильчиков Н. Д. Магнитные наблюдения между Харьковом и Курском в 1883 г. — Изв. РГО, 1883, т. 19, вып. 5, с. 397—402.
21. Путешествия Христофора Колумба: Дневники, письма, документы. 3-е изд. М.: Географгиз, 1956. 524 с.
22. Рейнеке М. Ф. Магнитные наблюдения Беломорских экспедиций 1828—1832 гг. — В кн.: Зап. Гидрогр. деп. СПб., 1836, ч. II, с. 281—330.
23. Рейнеке М. Ф. О составлении карт Белого моря и Лапландского берега. — В кн.: Зап. Гидрогр. деп. СПб., 1837, ч. V, с. 273—279.
24. Рейнеке М. Ф. Наставления для делания метеорологических наблюдений в военных портах и об исправлении погрешностей корабельных компасов. СПб., 1843. 43 с.
25. Рыкачев М. А. Исторический очерк Главной физической обсерватории за 50 лет. СПб., 1899. Ч. I. 126 с.
26. Сарычев Г. А. Путешествие флота капитана Сарычева по Северо-Восточной части Сибири, Ледовитому океану и Восточному морю. СПб., 1802. Ч. I/II. 380 с.
27. Симонов И. М. О земном магнетизме. — В кн.: Гаусс К. Ф. О земном магнетизме. М.: Изд-во АН СССР, 1952, с. 245—256.
28. Смирнов И. Н. О магнитных измерениях в России за 1874 г. — Изв. и учен. зап. Казан. ун-та, 1874, т. 9, № 4/6, с. 866—875.
29. Соимонов Ф. И. Описание Каспийского моря и чиненных на оном российских завоеваний. СПб., 1763. 380 с.
30. Тилло А. А. О суточных колебаниях земного магнетизма. — Метеорол. сб., 1893, № 1, с. 1—12.
31. Умов Н. А. Построение геометрического образа потенциала Гаусса как прием изыскания законов земного магнетизма. — Избр. соч. М.; Л.: Гостоптехиздат, 1950, с. 227—370.
32. Штеллинг Э. Магнитные наблюдения, произведенные в 1890 г. в Восточно-Сибирской и Приморской области и примечания о вековых переменах там в элементах земного магнетизма. — Метеорол. сб., 1892, № 3/5, с. 1—29.
33. Шубин Н. Магнитные наблюдения, произведенные во время плаванья клиппера «Разбойник». — Зап. по гидрографии, 1892, вып. 13, с. 236—270.
34. Экспедиция Беринга: Сб. документов. М., 1941. 420 с.
35. Three hundredth anniversary of Edmund Halley. — J. Geophys. Res. 1956, vol. 61, p. 23—41.

И. В. Батюшкова

## ИСТОРИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О РОЛИ КОСМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ В РАЗВИТИИ ЗЕМЛИ

В настоящее время в связи с космическими и глобальными исследованиями формируется новая отрасль науки — космогеология<sup>1</sup>, предметом которой является, с одной стороны, изучение влияния на геологическое строение и развитие Земли внешних космических сил (космические факторы), с другой — рассмотрение свойств Земли в целом как планеты и, в частности, оценка роли вращения и внутренней энергии Земли на геологические процессы (планетарные факторы). Однако космогеологические представления возникли очень давно и являются наиболее устойчивыми в истории науки и меняются лишь в соответствии с уровнем знаний.

В ранний период развития знаний (до II в. до н. э.) Земля рассматривалась в мировом пространстве как часть Вселенной. Таковы представления Фалеса (625—547 до н. э.) о Земле, плавающей в безграничном океане, Анаксимандра (610—546 до н. э.) — что Земля находится в центре шарообразного мира и под влиянием солнечного тепла с ее поверхности испаряется вода. Анаксагор (544—484 до н. э.) считал, что при образовании Вселенной и Земли из хаоса от Земли были оторваны Солнце, Луна и звезды. По мнению атомистов Левкиппа (500—440 до н. э.) и Демокрита (460—377 до н. э.), Земля образовалась из сгущения атомов в центре Вселенной. Аристотель (384—322 до н. э.) предполагал, что Земля находится в центре Вселенной, а солнечные лучи, проникая в глубь Земли, вызывают образование руд и металлов.

Во II в. до н. э. возникшие еще ранее взгляды о системах сфер, в центре которых находится Земля, были обобщены древнегреческим ученым Клавдием Птоломеем в труде, носящем арабское название «Альмагест». По Птоломею, Земля шарообразна и находится в центре Вселенной, а вокруг Земли по окружностям — эпициклам — движутся планеты. Со времени Птолемея в науке утвердилась геоцентрическая система мира. В течение многих веков эта система была основой астрономических представлений.

На основе геоцентрической системы постепенно развивались взгляды о влиянии космических факторов на «центр мироздания» — Землю. Даже фантастические взгляды эпохи средневековья носили отпечаток стремления показать влияние внешней среды на Землю.

В период средневековья наука развивалась преимущественно в государствах на территории Средней Азии и арабского Востока. Важной космогеологической работой следует считать анонимное сочинение арабских ученых X в. «Послание братьев чистоты и друзей верности». По их мнению, все изменения поверхности Земли связаны с перемещением небесных светил, морские приливы связаны с положением Луны по отношению к Земле. Вполне отвечает космогеологическому направлению сочинение итальянского

<sup>1</sup> Иногда употребляются термины «астрогеология», или «геокосмология». Название «космогеология» кажется нам более правильным, так как оно более точно отражает сущность этой отрасли науки, рассматривающей Землю как планету в космосе.

ученого Ристоро из Ареццо (XIII в.), который считал, что суша поднялась из моря под влиянием притяжения звезд, и рельеф Земли является как бы отпечатком соответствующего положения звезд. Сведения о падении метеоритов, т. е. непосредственной связи с космосом, имеются в трудах среднеазиатского ученого Ибн-Сины (ок. 980—1037 гг.).

Появление в 1543 г. труда Николая Коперника и установление гелиоцентрической системы мира развенчало идею исключительности положения Земли во Вселенной — она оказывалась одной из многих планет солнечной системы. В связи с этим возникли и развивались новые представления о влиянии планетарных факторов в эволюции Земли: образования ее рельефа в процессе формирования планеты, воздействия как осевого и орбитального вращения, так и глубоких очагов внутриземного расплава на геологические процессы. Однако не исключалась роль космических факторов в образовании лика Земли. Начало этого периода датируем с появления основополагающей работы Рэне Декарта (1644 г.). По его мнению, Земля, подобно Солнцу, была некогда светилом. Затем произошло расслоение вещества Земли на различные оболочки. Под воздействием остаточного космического вещества, заключенного в центре Земли, происходят землетрясения. Образование поверхностной оболочки, соответствующей в современном понимании земной коре, связано, по Декарту, с формированием Земли как космического тела. Высыхание ее, вызвавшее разломы, обрушение и образование современного рельефа, связано с влиянием солнечного тепла, т. е. воздействием из космоса [44].

Сходны с воззрениями Р. Декарта взгляды английского ученого Т. Бернета, также предполагавшего, что Земля, бывшая некогда жидкой, расслаивалась на несколько оболочек с огненным ядром в центре. В дальнейшем рельеф Земли образовался под влиянием солнечного тепла, вызвавшего высыхание и растрескивание поверхностной оболочки Земли [42].

К ранней стадии формирования Земли как планеты Г. Лейбниц относил образование первоначального рельефа. В сочинении «Протогеа» (1693 г.) он подчеркивал, что первичная кора, находящаяся ныне под слоем осадочных пород, образовалась при формировании Земли. Р. Гук считал, что массы воды Мирового океана могут перемещаться при перемещении центра тяжести планеты [49]. К представлениям о космических факторах можно отнести взгляды ученых начала XVII в.: В. Уайстона о влиянии комет и Р. Мелле о влиянии солнечного тепла на формирование рельефа Земли.

К середине XVIII в. обычно относят утверждение в науке идеи развития Земли и длительности ее истории, связывая эту мысль с именем Ж. Л. Л. Бюффона, И. Канта и М. В. Ломоносова. Можно сказать, что тогда возникло предположение о продолжающемся развитии Земли от ее образования как планеты до настоящего времени. Иначе говоря, появилась попытка связать астрономическую стадию развития Земли с ее геологической стадией. Именно в этом состоит отличие мировоззрения названных ученых и их последователей от взглядов ученых более ранних периодов, предполагавших, что развитие Земли имело место лишь в начальной стадии, при формировании ее как планеты.

В работах Ж. Л. Л. Бюффона [40, 41] рассматриваются как космические, так и планетарные факторы. К космическим факторам можно отнести притяжение Луны, вызывающее приливы и отливы, причем движение водных масс, по мнению Бюффона, создавало неровности на дне океана, так,

при поднятии отдельных участков океанического дна создавался современный рельеф Земли. К планетарным факторам в работах Бюффона можно отнести вращение Земли, вследствие чего море наступает с востока, постепенно заливая сушу, и часть древней суши остается в виде архипелагов и островов.

По мнению И. Канта [18], при остывании Земли как космического тела образовался рельеф ее поверхности: возникали вздутия с пустотами под ними, в которых сконцентрировались легкие вещества из жидкой внутренней массы Земли.

М. В. Ломоносов считал, что внутри Земли на большой глубине залегают участки раскаленной «подземной хляби», которые активно, снизу вверх, воздействуют на земную поверхность и поднимают ее. Эти внутренние силы Земли, которые можно отнести к планетарным факторам, М. В. Ломоносов объединял под общим термином «землетрясение».

Изменение космогонических взглядов было, естественно, связано с новой космогонической гипотезой, утвердившейся в науке после появления классической работы П. С. Лапласа (1796 г.). На гипотезе Канта—Лапласа были основаны господствовавшие в XIX в. представления об общем строении Земли как об огненно-жидком шаре, прикрытом с поверхности тонкой земной корой. Из этих общих представлений выводились все причины геологических процессов, происходящих на поверхности Земли. Воздействие огненно-жидкой массы на земную кору, носящее, по воззрениям данного периода, всеобщий характер, можно считать планетарным фактором. Как планетарный фактор можно рассматривать также вращение Земли, создающее крупные формы ее рельефа. Вместе с тем определенное значение придавалось в тот период и такому космическому фактору, как влияние Солнца и Луны на Землю.

С представлением о воздействии остывающей огненно-жидкой или вязкой массы Земли на процессы на ее поверхности (планетарный фактор) были тесно связаны все ведущие геотектонические гипотезы XIX в.: гипотеза поднятия (Л. Бух, А. Гумбольдт), контракционная гипотеза (Л. Эли де Бомон и др.), гипотеза изостазии и др. Вместе с тем большое значение придавалось такому планетарному фактору, как вращение Земли. К концу XVIII — началу XIX в. относятся работы русского ученого И. Д. Ертова [14—16], считавшего, что при начале вращательного движения Земли (и других планет) ее поверхностная оболочка сдвинулась в сторону, противоположную обращению. В результате образовались возвышенности и углубления, заполнившиеся водой, т. е. материки и океаны. Гипотеза об образовании рельефа Земли вследствие ее вращения развивалась немецкими учеными К. Клоденом, А. Валькером и др. Один из первоначальных вариантов гипотезы мобилизма изложен в работах Е. В. Быханова [3, 4]. Он отмечал, что вследствие замедления, а затем увеличения осевого вращения на поверхности Земли образовались материки, океаны и горные цепи. В гипотезе Дж. Дарвина предполагался отрыв Луны от Земли, после чего осевое вращение Земли замедлилось; это вызывало землетрясения и размывание континентов [43]. На представлениях об изменении скорости вращения Земли основана гипотеза М. П. Рудского [31] об образовании материков и океанических впадин.

В рассматриваемый период детального изучения поверхностных слоев и геологических структур уменьшился интерес к Земле как космическому телу, однако известна гипотеза о связи землетрясений и положения Луны

по отношению к Земле [47]. Г. Пиляр считал, что Солнце является источником всех геологических процессов на Земле.

Одним из наиболее явных проявлений космического влияния считаются периодически повторяющиеся оледенения. Причиной их предполагалось прохождение Землей холодных областей Вселенной, изменение инсоляции (В. Гершень, Д. Гершель), а также изменение эксцентриситета земной орбиты (Ч. Лайель, Дж. Кролл).

Во второй половине XIX в. развивались исследования Земли в сравнении с другими небесными телами. Французский ученый М. Земан [17] сравнивал строение Земли и Луны, причем Луну он считал возможной моделью будущего Земли. Весьма интересны работы французского ученого С. Менье [28, 52], в которых показана аналогия строения Земли и других планет и происходящих на них процессов. С. Менье полагал, что рельеф Луны аналогичен рельефу ранней стадии развития Земли.

В связи с новыми космогоническими гипотезами и научными открытиями начался процесс «космизации» науки о Земле. Этот период — от конца XIX — начала XX в. (возникновение новых космогонических гипотез и новых представлений об оболочечном строении Земли) до 60-х годов (выход человека в Космос).

В конце XIX — начале XX в. изменились взгляды на происхождение Земли. Гипотеза Канта — Лапласа оказалась несовместимой с новыми научными данными. Началась длительная борьба идей о «холодном» или «горячем» происхождении Земли. Таковы гипотезы Ф. Мультона и Т. Чемберлина (1901 г.), Св. Аррениуса (1907 г.), Д. Джинса (1916 г.), О. Ю. Шмидта (1944 г.), В. Г. Фесенкова (1950 г.) и др. Отличие этих гипотез от представлений Канта — Лапласа состояло в следующем. Считали, что если Земля и проходила когда-либо раскаленную жидкую стадию (а по гипотезе О. Ю. Шмидта она образовалась из холодных частиц), то к настоящему времени она полностью затвердела. Космогонические представления, а также данные геофизики и сейсмологии подготовили новые взгляды на структуру Земли, ее оболочечное строение, наличие подвижного слоя — астеносферы и железного ядра. Эти новые идеи, а также открытие радиоактивности заставляли видеть основной источник энергии тектонических процессов в радиоактивном распаде и разогреве. Одной из причин считалось также вращение Земли. Сейсмология и гравиметрия позволили получить представление о строении глубоких недр Земли, что переключило ученых от изучения Земли в мировом пространстве на исследование строения и свойств самой Земли, а следовательно, привело к усилению внимания к планетарным факторам в формировании лика Земли по сравнению с космическими. Вместе с тем постепенно развивался и процесс «космизации» этих взглядов, выразившийся в исследованиях по сравнительной планетологии, а также в объяснении причин оледенений.

В числе планетарных факторов рассматривались: вращение Земли, радиоактивный распад и явления сжатия и расширения Земли. В связи с разными представлениями исследователей о глубинном строении Земли фактор вращения Земли рассматривался различно. Л. Е. Лейбензон [22] принимал вязкое состояние недр Земли. По его мнению, приливное трение замедляет вращение Земли, причем тонкая земная кора периодически деформируется, что вызывает землетрясения и вулканизм. И. Д. Лукашевич [25] полагал, что вследствие замедления вращения создается эффект кручения и происхо-

дит движение полярных областей с запада на восток. П. Н. Чирвинский [38] допускал относительное смещение полюсов при различной угловой скорости вращения земной коры и ядра. Вращение Земли считалось основной причиной возникновения полюсобежных сил и перемещения материков в гипотезе А. Вегенера (1915 г.). Вращение Земли как безусловную и общую причину перемещения материков и горообразования принимал Р. Штауб [53], позднее Н. И. Леонов [23] и др.

Радиоактивный распад как основной источник внутриземного тепла и связанных с этим геологических процессов принимали Дж. Джоли [11, 50], А. дю Тойт [45]. К представлениям планетарного плана можно отнести гипотезу о циклическом сжатии и расширении Земли, вызывающем образование гор, материков и океанических впадин. Подобная «пульсационная» гипотеза была выдвинута в 1940 г. М. А. Усовым и поддержана В. А. Обручевым.

Космические факторы рассматривались в гипотезах, названных нами космогеотектоническими, и в представлениях о причинах оледенений. К космогеотектоническому направлению относятся гипотезы Э. Бэло [5] и М. А. Боголепова [2] о периодических вихрях в подкорovém магматическом слое, вызванных действием космической энергии. Этот автор рассматривал в едином плане все тела Солнечной системы, подчеркивая сходство явлений на Земле и на Солнце. В. И. Вернадский [6, 8] утверждал, что основные геологические процессы тесно связаны с космическими силами. «Лик Земли ими меняется, ими в значительной степени лепится», — писал В. И. Вернадский в 1926 г. в работе «Биосфера в космосе». — «Он не есть только отражение нашей планеты, проявление ее вещества и ее энергии — он одновременно является и созданием внешних сил космоса» [8, с. 11]. Очень важна поставленная В. И. Вернадским проблема изучения космической пыли как источника космической энергии [8]. Д. Г. Панов [30] отметил связь между периодическими изменениями физико-географических условий на Земле и космическими излучениями Галактики. Решающее значение космическим факторам в развитии Земли придавал Г. П. Тамразян [33].

Причина вековых оледенений в истории Земли продолжала занимать умы ученых. Югославский климатолог М. Миланкович (1938 г.) показал зависимость между вековым солнечным излучением и перемещением снеговой линии. В. Кеппен и А. Вегенер [51] связывали наступление оледенений с изменением солнечной радиации. Интересна гипотеза Г. Ф. Лунгерсгаузена [26, 27] о планетарном похолодании вследствие прохождения Солнечной системы через разреженные периферические области Галактики.

Совместное воздействие планетарных и космических факторов, а именно вращения Земли и воздействия солнечной энергии, или столкновение с каким-либо небесным телом предполагалось в широко известных гипотезах отделения Луны от Земли Дж. Дарвина (1897 г.), В. Пикеринга (1907 г.), Р. Штауба (1928 г.), В. А. Обручева (1946 г.), Н. И. Леонова (1946 г.), Г. Квиринга (1953 г.), Э. Крауса (1959 г.) и др.

В рассматриваемый период продолжались и все более углублялись сравнительные исследования Земли и других небесных тел. Внимание привлекали исследования ближайшего тела и спутника Земли — Луны.

По поводу происхождения лунных кратеров существовали различные гипотезы, в большинстве случаев предполагавшие в прошлом огненно-жидкое состояние Луны (гипотезы приливов, пузырей, вулканические), и в этом состояла аналогия с развитием Земли.

Однако существовало и другое мнение о происхождении рельефа Луны. Например, А. Вегенер [54], поддерживавший метеоритную гипотезу образования лунных кратеров, считал, что лунные и земные формы различны в корне, поэтому и происхождение их различно. Следует отметить работу А. П. Павлова (1922 г.), который на основании проведенной им аналогии строения Луны и Земли вывел заключение о том, что современный рельеф Луны соответствует ранней стадии развития Земли. Ранее такого же мнения придерживался С. Менье. Таким образом, уже в конце XIX — начале XX в. наметились два взгляда на состояние Луны: Луна—модель ранней или, наоборот, поздней стадии развития Земли.

Дальнейшее исследование Луны при помощи доступных для того времени технических средств показало аналогию пород Луны с некоторыми земными горными породами. Особенно большой интерес к изучению Луны появился после 1940 г. в связи с развитием радиоастрономии. Основополагающими для направления сравнительного геологического исследования Луны, Земли и других небесных тел были появившиеся почти одновременно работы американца Дж. Сперра и советского геолога А. В. Хабакова [35].

Последний из рассматриваемых нами периодов развития космогеологии (60—80-е годы) характеризуется новыми глобальными и космическими исследованиями. Появление новых технических средств и исследовательских методов, позволяющих осуществить как изучение Земли из космоса, так и глобальное изучение Земли, включая громадные пространства океанического дна и глубин планеты, послужили основой для оформления космогеологии как науки. Земля рассматривается как космическое тело в условиях взаимодействия всех компонентов Солнечной системы и Вселенной в целом.

Предметом космогеологии являлись планетарные и космические факторы, влияющие на развитие Земли, сравнительно-планетологические исследования и ставшие возможными лишь в последнее время геологические исследования из космоса.

К представлениям о планетарных факторах можно отнести гипотезу о роли расширения и вращения Земли. Идея расширения Земли, противоположная гипотезе контракции, разрабатывалась ранее: в конце XIX в. [3] и в первой половине XX в. (О. Хильгенберг [48]). Новые геологические данные, в частности установившие сравнительно молодой возраст океанов, заставили вновь обратиться к гипотезе расширения Земли. Венгерский ученый Л. Эдъед [46] считал, что при увеличении объема Земли происходили разрывы коры и так образовались океаны. Аналогичные взгляды высказывали О. Хильгенберг, Б. Хейзен и др., в нашей стране И. В. Кириллов (1958 г.) и В. Б. Нейман (1962 г.). Ю. В. Чудинов [39] выступил с новой аргументацией этой гипотезы, объясняющей возможность расширения океанического дна, противопоставляя ее положениям «новой глобальной тектоники».

Гипотезы о влиянии вращения Земли на структуру и геологические процессы основываются в современной науке на представлениях о действии на Земле тормозящего влияния притяжения Луны и Солнца. Таким образом, планетарные факторы в подобных гипотезах связываются с космическими факторами. Весьма полно эта гипотеза разрабатывалась советским ученым М. В. Стывасом [32], выдвинувшим понятие о «критических параллелях», в которых вследствие изменения угловой скорости вращения Земли земная кора испытывает попеременно сжимающие и растягивающие усилия.

Г. Н. Каттерфельд [19] в качестве одной из причин тектонических движений отмечал изменение скорости вращения Земли. По мнению И. И. Берсенева [1], торможение скорости вращения Земли связано с взаимодействием сил тяготения Земли, Луны и Солнца. Б. Л. Личков [24] предполагал образование Земли из угловатого астероида, принявшего сферическую форму вследствие вращения. Важное значение вращения Земли и создания ее структурного плана подчеркивал П. С. Воронов [9]. Новая ротационная гипотеза была предложена К. Ф. Тяпкиным [34].

Большое значение придавалось рядом исследователей космическим факторам в развитии Земли. В упомянутой выше работе Г. Н. Каттерфельд [19] высказал предположение, что критическим событием в жизни Земли было образование Луны; глобальные структурные формы Земли являются «лунообразованными». Американский исследователь Р. С. Дитц [12], проводя аналогию между рельефом Луны и Земли, предположил, что лик Земли, так же как и Луны, создан падением метеоритов. В коллективной статье У. Л. и Б. Д. Донн и У. Б. Валентайн [13] высказали гипотезу образования континентов при падении на Землю крупных астероидов.

Влияние важнейшего космогеологического фактора — непосредственного воздействия Солнца на Землю — подчеркивал в своих исследованиях А. Л. Чижевский [37]. Он считал, что цикличность в развитии Земли связана с цикличностью деятельности Солнца, причем основной цикл солнцедетельности — 11 лет, но возможны также циклы 22, 33, 80, 169, 400 и 600 лет. С этими максимумами совпадает и максимальная энергия землетрясений и вулканизма.

Сравнительно-планетологические исследования в космическую эру получили новое направление благодаря возможности непосредственных исследований Луны и планет: сопоставления морфостратифицированных схем планет, морфологического строения, вещественного состава, стадий развития планеты сравнительно с Землей и т. п. Впервые в астрономических исследованиях применяются геологические методы. Данные исследований других небесных тел позволяют по-новому подойти к изучению строения Земли, к расшифровке раннего периода ее истории и т. п.

Появление новых технических средств в исследовании космического пространства (в первую очередь космических летательных аппаратов) позволили в 60-х годах перейти к принципиально новым методам геологических исследований, а именно к геологическим исследованиям Земли из Космоса. К космическим методам геологических наблюдений из Космоса можно отнести визуальные наблюдения, телевизионные снимки и фотографирование Земли.

Уже первый космонавт Ю. А. Гагарин с высоты 300 км видел очертания континентов, острова, реки и т. п. В дальнейшем визуальные наблюдения постоянно выполнялись с пилотируемых космических кораблей.

С конца 60-х годов началась планомерная космическая теле- и фотосъемка [20, 21].

Изучение материалов космической съемки в сочетании с данными наземных исследований показало исключительно важные результаты — например, выявление неизвестной ранее мощной сети разломов и обнаружение новых кольцевых структур на Земле и т. п. Таким образом, космическая эра стала и новой эрой в развитии геологической науки [10].

Проведенное исследование позволяет сделать некоторые выводы о закономерности развития космогеологии.

В период господства геоцентрической системы мира (II в. до н. э. — XVI в. н. э.), при всеобъемлющем взгляде на Землю, подчеркивалось влияние космоса на Землю и основной причиной геологических процессов считалось непосредственное влияние космических факторов. В связи с установлением гелиоцентрической системы представления о Земле несколько изменились: Земля не являлась больше «центром мироздания» и рассматривалась как часть Вселенной, а формирование ее строения и рельефа относилось к начальной стадии ее образования как планеты. Космическим факторам придавалось большое значение, но не исключительное: некоторая роль отводилась и планетарным факторам (XVI — XVIII вв.). Наметилось постепенное разделение космологии и вновь формирующейся науки — геологии.

В период господства космогонической системы Канта—Лапласа (XIX в.) и новых представлений о строении Земли основное значение придавалось детальному изучению земной коры. По мере углубления геологических знаний на первый план выдвигались планетарные факторы. Космогония и геология становились разделными науками.

Следует отметить как важную черту развития естествознания вообще тот факт, что, несмотря на полный отказ от геоцентрической системы в астрономии, в других естественных науках геоцентричность научных представлений сохранялась длительное время и даже усиливалась по мере дифференциации науки в XIX в. В «Диалектике природы» Ф. Энгельс писал: «Геоцентрическая точка зрения в астрономии ограничена и по справедливости отвергается. Но по мере того как мы идем в исследовании дальше, она все более и более вступает в свои права»<sup>2</sup>. «Вся наша официальная физика, химия и биология исключительно *геоцентричны*, рассчитаны только для Земли»<sup>3</sup>.

В первой половине XX в. в связи с новыми космогоническими гипотезами и эволюцией представлений о строении Земли разделение на «космо» и «геологию» еще более углубилось. Геология ограничивалась в основном данными о вещественном составе и строении земной коры в области материков. В космогеологии ведущее значение придавалось планетарным факторам, но вместе с тем все более усиливался интерес к изучению влияния космических факторов.

И наконец, в 60—80-е годы, в эпоху научно-технической революции, резко расширилась сфера исследований наук о Земле: вширь — вовлечение в геологические и тектонические построения областей морского дна; вглубь — изучение процессов верхней мантии; ввысь — исследования космического пространства; во времени — изучение начальной стадии развития Земли. Снова господствует всеобъемлющий взгляд на Землю, но не умозрительный, а основанный на новых научных данных. Дешифрирование снимков огромных территорий Земли из космоса дополняется результатами наземных исследований. Открываются новые, глобальные закономерности строения Земли. Развивается новое направление в науке, которое можно назвать собственно геокосмологией, т. е. привлечение геологических методов к изучению других небесных тел, продолжение сравнительно-планетологических исследований.

<sup>2</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 20, с. 554.

<sup>3</sup> Там же, с. 553.

Совокупность всех этих направлений определила вновь соединение «космо» и «гео» в науку «космогеологию».

В заключение следует отметить, что прослеженный нами ход развития космогеологии исторически закономерен. Дальнейшее развитие космогеологии будет, по-видимому, направлено на продолжение сравнительных исследований Земли и планет и фотографирование Земли с поверхности других небесных тел. Эти материалы дадут основу для познания общего строения Земли и происходящих в ней геологических процессов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Берсенева И. И. Осевое вращение Земли, как одна из причин геотектогенеза. — В кн.: Строение и развитие земной коры. М.: Наука, 1964, с. 194—200.
2. Боголепов М. А. По поводу одной гипотезы горизонтальных передвижений земной коры. — Землеведение, 1931, т. 33, вып. 1/2, с. 117—137.
3. Вернадский В. И. Астрономические предрассудки и материалы для составления новой теории образования планетной системы. Ливны, 1877. 173 с.
4. Быханов Е. В. Нечто из небесной механики. Ливны, 1894. 99 с.
5. Бэло Э. Космическое происхождение форм земной поверхности. — Природа, 1917, № 11/12, с. 1069—1082.
6. Вернадский В. И. Об изучении космической пыли. — Мирведение, 1932, № 5, с. 32—41.
7. Вернадский В. И. О геологических оболочках Земли как планеты. — Изв. АН СССР. География и геофизика, 1942, № 6, с. 251—262.
8. Вернадский В. И. Избранные сочинения. М.: Изд-во АН СССР, 1960, т. 5, с. 7—50.
9. Воронов П. С. Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли. Л.: Наука, 1968. 123 с.
10. Геологическое изучение Земли из космоса. М.: Наука, 1978. 227 с. (Тр. ГИН; Вып. 317).
11. Джолли Дж. История поверхности Земли. М.; Л., 1929. 190 с.
12. Дитц Р. С. Океанические впадины обусловлены падением астероидов: (Новая гипотеза). — В кн.: Рельеф и геология дна океанов. М.: Наука, 1964, с. 186—194.
13. Донн У. Л., Донн Б. Д., Валентайн У. Б. Ранняя история Земли. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1966, № 8, с. 24—50.
14. Ертов И. Д. Начертание естественных законов происхождения Вселенной. СПб., 1798.
15. Ертов И. Д. Мысли о происхождении и образовании миров. СПб., 1805.
16. Ертов И. Д. Мелкие сочинения, ответы на критики и сокращения мыслей о происхождении и образовании миров. СПб., 1829.
17. Земан М. О единстве геологических явлений в телах солнечной системы. — Горн. журн., 1861, № 9, ч. III.
18. Кант И. Сочинения. М.: Мысль, 1964. Т. 2. 510 с.
19. Каттерфельд Г. Н. Лик Земли. М.: Географгиз, 1962.
20. Кинг Э. Космическая геология: Введение. М.: Мир, 1979. 379 с.
21. Космическая информация в геологии. М.: Наука, 1983. 534 с.
22. Лейбензон Л. С. К вопросу о строении Земли. М., 1910.
23. Леонов Н. И. О некоторых чертах земной поверхности, которые необходимо учитывать при тектонических построениях. — Тр. Самарк. ун-та. Н. С., 1961, вып. 116, с. 3—34.
24. Личков Б. Л. К основам современной теории Земли. Л.: Изд-во ЛГУ, 1965. 119 с.
25. Лукашевич И. Д. Неорганическая жизнь Земли. СПб., 1911. Т. III. 290 с.
26. Лунгерсгаузен Г. Ф. Периодические изменения климата и влияние оледенения Земли: (Некоторые проблемы исторической палеогеографии и абсолютной геохронологии). — Сов. геология, 1957, № 59, с. 88—115.
27. Лунгерсгаузен Г. Ф. О периодичности геологических явлений и изменении климатов прошлых геологических эпох. — В кн.: Проблемы планетарной геологии. М.: Геолтехиздат, 1963, с. 7—49.
28. Менье С. Сравнительная геология или геология небесных тел. СПб., 1896. 253 с.

29. Павлов А. П. Попытка распознать доархейскую эру в истории Земли и определить ее влияние на дальнейшую эволюцию геоида. — Бюл. МОИП. Отд. геол. Н. С., 1922, т. 31, с. 16—22.
30. Панов Д. Г. Космические влияния в жизни Земли. — Изв. ВГО, 1946, т. 78, вып. 1, с. 109—121.
31. Рудский М. П. К теории векового охлаждения Земли. Ч. 2. О происхождении материков и океанических бассейнов. Одесса, 1892. 109 с.
32. Стюарт М. В. Неравномерность вращения Земли как геотектонический фактор. — Изв. ВГО, 1959, т. 91, № 4, с. 336—341.
33. Тамразян Г. П. Геологические революции и космическая жизнь Земли. — ДАН АзССР, 1954, № 6, с. 433—438.
34. Тяпкин К. Ф. Новая ротационная гипотеза формирования тектонических структур в земной коре. — Геол. журн., 1974, т. 34, вып. 4, с. 3—16.
35. Хабаров А. В. Об основных вопросах истории развития поверхности Луны. — Зап. ВГО. Н. С., 1949, т. 6, с. 71—81.
36. Ходак Ю. А. География и геология планет (планетология). М.: МГПИ, 1972. 133 с.
37. Чижевский А. Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: Мысль, 1973. 347 с.
38. Чирвинский П. Н. Перемещение полюсов, как основная причина изменения климата в третичный и четвертичный периоды и главная причина такого перемещения. — В кн.: Ежегодник по геологии и минералогии России. СПб., 1913, т. XV, вып. 2/3, с. 75—81.
39. Чудинов Ю. В. Расширение Земли, как альтернатива «новой глобальной тектоники». — Геотектоника, 1976, № 4, с. 25—37.
40. Buffon G. L. L. Histoire et théorie de la terre. P., 1749.
41. Buffon G. L. L. Epochen der Natur. St. Petersburg, 1781, Bd. 1, 2.
42. Burnet T. Telluris theorie sacra. L., 1689.
43. Darwin G. H. Abhandlungen über Gezeitenwirkungen. — Philos. Trans. Roy. Soc. London, 1878—1881.
44. Descartes R. Philosophische Werke: Die Prinzipien der Philosophie. B., 1870.
45. Du Toit A. T. Our wandering continents. N. Y., 1937.
46. Edyed L. A new theory of the internal constitution of the Earth and its geological consequences. — Acta geol. Acad. sci. hung., 1956, vol. 5, N 1, p. 48—72.
47. Falb R. Über die Erdbeben und ihre Zusammenhang mit der Stande der Sonne. Si-rius. Leipzig, 1871, Bd. 4.
48. Hilgenberg O. C. Vom wachsenden Erdball. B., 1933.
49. Hooke R. The posthumous works of dr. Robert Hooke. L., 1805.
50. Joly J. The surface history of the Earth. Oxford, 1925.
51. Köppen W., Wegener A. Die Klimate der geologischen Vorzeit. B., 1924.
52. Meunier S. Cours de géologie comparée. P., 1874.
53. Staub R. Die Bewegungsmechanismus der Erde. Berlin, 1928, S. 270.
54. Wegener A. Die Entstehung der Mondkrater. Braunschweig, 1921, S. 48.

А. З. Хамарханов

## О ПРОБЛЕМЕ ПРОИСХОЖДЕНИЯ НЕФТИ В НАУКЕ XVIII—XIX вв.

При анализе истории проблемы происхождения нефти нужно учитывать по меньшей мере три фактора, определивших появление различных представлений. Во-первых, характер науки рассматриваемого периода. Во-вторых, те общие естественнонаучные взгляды, на которых базировалось решение проблемы: на состав нефти, на строение и движущие силы развития земной коры и Земли в целом и т. д. В-третьих, геологические наблюдения и данные экспериментов. Попытаемся показать, как влияли указанные факторы на эволюцию представлений о происхождении нефти.

Мысль о происхождении нефти из растительных и животных остатков была высказана в начале XVIII в. И. Ф. Генкелем. До XVIII в. считалось, что нефть возгоняется под землей из неких смолистых веществ. В этом духе высказывались Витрувий, Плутарх, Агрикола, Н. Лемери. Обычно оставляется без внимания мнение, приводимое Плинием, что куски вавилонского асфальта образуются из молний, поскольку в окрестностях Вавилона особенно часто бывают грозы. Мы произвольно выхватываем из представлений прошлого те, которые как-то перекликаются с представлениями сегодняшнего дня, а последнее мнение ближе к мифу. Хотя и его можно назвать рациональным, если исходить из общей «огненной природы» молний и асфальта. Плутарх считал, что нефть, как вещество горючее, должна рождаться в странах с жарким климатом. И. Ф. Генкель объясняет образование нефти и каменного угля как химическое превращение в них погребенных растительных и животных остатков. По представлениям того времени, «химическое превращение» означает отделение флогистона, «огненной сущности», от органических остатков и присоединение его к «земляной и водяной сущностям». Химический состав горючих ископаемых, включая нефть, понимается как соединение огненной сущности (флогистона), водяной сущности и земляной сущности (в зависимости от количества содержания последней образуются разные сорта нефти, более легкие или более тяжелые). Позже это понимание состава нефти уточняется: к перечисленным трем компонентам добавляется четвертый — серная кислота, именно она обеспечивает летучесть нефти. Согласно опытам Г. Э. Штала серная кислота понимается как вещество простое, которое, соединяясь с флогистоном, образует серу. Сера, наоборот, понимается как вещество сложное, как химическое соединение, а не как химический элемент [14].

Подобного представления о составе горючих ископаемых вслед за И. Ф. Генкелем придерживалось большинство минералогов, в частности автор первой в России статьи о нефти профессор И. Вейтбрехт. О том, что в XVIII в. существовал единый взгляд на состав горючих ископаемых, что такие представления преподносились в университетских курсах, свидетельствуют записи о горючих ископаемых в дневниках участников академических экспедиций 1768—1774 гг.: С. Г. Гмелина, И. И. Лепехина, выпускников Тюрингского и Страсбургского университетов, работа профессора химии Московского университета И. А. Сибирского [4, 8, 13].

Единый взгляд на состав нефти не означал тогда (как не означает и сейчас), что существовал единый взгляд на происхождение нефти. Вопрос состоял в том, что считать исходным веществом для нефти, в XVIII в. это значило, что считать источником флогистона нефти? И. Ф. Генкель полагал источником флогистона горючих ископаемых погребенные растительные и животные остатки, И. Вейтбрехт — соли морских вод (нефть всегда находится вблизи морей). По И. И. Лепехину, каменный уголь и нефть получают флогистон от колчеданов. Он был убежден в этом твердо, так как в пластах каменных углей он наблюдал вкрапления колчедана<sup>1</sup>. Лепехин полемизировал с Ломоносовым, возражая против представления о том, что нефть и каменный уголь образуются из торфа.

Существовало мнение [2, 3, 11], что Ломоносов в химии придерживался флогистических взглядов. Однако анализ его работ, проведенный Б. Н. Меншуткиным [12], говорит о неприятии Ломоносовым «перипатетического концепта» Генкеля [10]. Отношение Ломоносова к проблеме происхождения горючих ископаемых также подтверждает это. Суть его расхождения с И. Ф. Генкелем и И. И. Лепехиным заключается в том, что он вообще не принимает флогистического объяснения состава горючих ископаемых: «...еще ни один химик из серной кислоты, из горючей какой-нибудь горной материи и из земли янтаря<sup>2</sup> не составил, и по всему знанию и опытам химическим видно, что быть тому не можно» [9, с. 556]. Ломоносову известен факт совместного нахождения каменных углей с колчеданом, однако он оставляет его без внимания. Для объяснения образования каменного угля и нефти Ломоносов в 1763 г. привлекает, с одной стороны, общее требование о «подземном жаре» из геогенических гипотез Декарта и Лейбница, с другой, — наглядную лабораторную модель процесса перегонки. По его представлению, торфяные массы при погружении в земные недра под воздействием «подземного жара» и давления выделяют нефть, которая «...вступает в разные расселины и полости сухие и влажные, водами наполненные, подобно как при перегонке бывает такого масла собрание в приложенную в подставном стеклянном сосуде воду» (с. 608). Проблема происхождения нефти решается вне связи с химическим составом нефти. Этим и объясняется своеобразие взглядов Ломоносова и тот факт, что они сохраняют свое принципиальное значение и поныне.

В конце XVIII в., когда коренным образом изменялись представления в химии и был установлен элементарный состав нефти (который оказался схожим с составом растительных и животных веществ), прочно утвердятся гипотеза происхождения нефти из погребенных органических остатков. Отсюда следовал естественный вывод о том, что скопления нефти связаны только с осадочными породами. Однако еще в начале XIX в. А. Гумбольдт сообщил о фактах нахождения нефти в изверженных породах, рассматривая их как противоречие гипотезе происхождения нефти из органических остатков. С именем А. Гумбольдта и с разработанной им плутонистической

<sup>1</sup> Каменные угли парагенетичны с пиритом: в условиях разложения органических веществ, в восстановительной обстановке происходит редукция сульфатов с образованием сульфидов и свободной серы.

<sup>2</sup> По классификации минералов, которой придерживался Ломоносов, к горючим минералам относились сера, асфальт, каменное масло, нефть, каменный уголь и янтарь [9, с. 382—387].

концепцией в геологии связано возникновение «неорганического» направления во взглядах на происхождение нефти. Оно формируется в качестве альтернативы гипотезе происхождения нефти из органических остатков.

Однако ни А. Гумбольдт, ни его последователи не разработали конкретной модели неорганического образования нефти. Тем не менее многие естествоиспытатели первой половины XIX в. придерживались плутонистических взглядов на происхождение нефти. Это связано как с авторитетом А. Гумбольдта, так и с популярностью плутонизма вообще. Критика гипотезы происхождения нефти из органических остатков сводилась к констатации противоречивых ей фактов. Таковыми являлись все новые находки битумов в изверженных породах, признаки углеводородных газов в кратерах вулканов и в термальных источниках и, наконец, открытие углеводородов в метеоритах.

Первую попытку объяснить образование нефти неорганическим путем сделал М. Бертло [17]. Лабораторным путем он получил углеводороды при взаимодействии углекислоты со щелочными металлами. М. Бертло считал, что образование углеводородов в природе может происходить аналогично, — если принять гипотезу, предложенную Г. О. Добре о содержании внутри «земной массы» свободных щелочных металлов<sup>3</sup>.

В 1871 г. А. Биассон [18] получил углеводороды действием воды на углеродистые металлы. Эти работы несомненно повлияли на позицию Д. И. Менделеева, предложившего в 1877 г. развернутую гипотезу неорганического «минерального» происхождения нефти. Согласно его взглядам, нефть образуется в глубинах земной коры при взаимодействии воды с разогретыми массами углеродистых металлов. Гипотеза Д. И. Менделеева в последней четверти XIX в. выступает как обобщение всех «неорганических» концепций происхождения нефти. Истоками и двигателями развития последних, как это видно, являлись плутонистическая концепция в геологии и проецирование на природные условия данных химических экспериментов. Представление об «органическом» происхождении нефти в первой половине XIX в. вытесняется на второй план идеей о «неорганическом», вулканическом ее образовании.

В 30-е годы XIX в. неожиданно возродилось представление о нефти как продукте, образующемся из каменных углей<sup>4</sup>. Оно получило распространение благодаря опытам немецкого ученого К. Рейхенбаха, подвергшего мокрой перегонке большие массы каменного угля и получившего незначительные количества нефтеподобной жидкости [19]. Видимо, в основном из-за этого эмпирического «подтверждения» взгляд на нефть как на продукт каменного угля пользовался поддержкой вплоть до 70-х годов XIX в.

Представления о происхождении нефти из погребенных органических остатков начинают пробивать себе дорогу только в 60-е годы XIX в. в связи с новыми данными по геологии нефтяных месторождений [1, 15, 16]. Однако развитие этих идей сдерживалось следующим затруднением: при выделении легких нефтяных углеводородов из органических веществ должны остаться твердые углистые вещества. Однако в природных условиях (в наи-

<sup>3</sup> На взаимодействие щелочных и щелочноземельных металлов с водой как на возможную причину вулканизма указывал еще Г. Дэви, открывший щелочные металлы.

<sup>4</sup> То, что продукт сухой перегонки каменных углей — «черное горькое масло» (каменноугольный деготь) не является нефтью, отмечал еще Ломоносов. Видимо, на этом основании он отказался к 1763 г. от предположения о нефти как продукте каменных углей, высказанного им в 1757 г.

более изученных в то время нефтяных месторождениях Северной Америки и Кавказа) угленосные слои не были обнаружены. Это затруднение попытался устранить немецкий химик К. Энглер. В 1888 г. он получил ряд предельных углеводов при перегонке рыбьего жира при высокой температуре и под давлением. При этом способе образования углеводов не оставалось твердых углистых веществ. Гипотеза нефтеобразования, диктуемая опытами К. Энглера, сужала диапазон нефтепроизводящих веществ в природе, однако она почти единодушно принимается и американскими, и бакинскими горными инженерами как соответствующая геологическим условиям исследуемых ими месторождений. Показательно, что русский горный инженер Г. Д. Романовский, ознакомившись в 1865 г. с геологическими условиями нефтяных месторождений в Северной Америке, начинает развивать гипотезу об образовании нефти из органических остатков в морских бассейнах. Ранее Г. Д. Романовский придерживался представления о вулканическом образовании нефти.

Непосредственной критической реакцией на гипотезу К. Энглера послужило появление гипотезы космического происхождения битумов В. Д. Соколова. По его представлениям, углеводороды образовались из первичных углерода и водорода в период формирования Земли как планеты. Хотя большинство концепций глубинного неорганического происхождения нефти ближе к гипотезе В. Д. Соколова, чем к гипотезе Д. И. Менделеева, появление в 1889 г. гипотезы В. Д. Соколова осталось почти незамеченным.

Представление о магме, генерирующей углеводороды, было чуждо Менделееву. Он мыслил образование нефти в земной коре, причем в современное время, а не в прошлые геологические эпохи и тем более не в догеологическое время, как у Соколова. Интересно то обстоятельство, что Менделеев никогда не вступал в открытую полемику о происхождении нефти и никогда не отрицал категорически других возможностей ее образования. Можно назвать немаловажную причину, которая побуждала Менделеева стойко придерживаться своей гипотезы: на ее основе он пропагандировал идею неистощимости нефтяных месторождений. Он, как и многие другие русские интеллигенты, возлагал большие надежды на экономический подъем России, связывая его в первую очередь с освоением минеральных богатств. Его научный авторитет способствовал привлечению государственного и частного капитала в новое по тем временам нефтяное дело. Обратим внимание, что отход от гипотезы Менделеева произошел в конце XIX — начале XX в., когда истощение нефтяных месторождений стало явным фактом. В случае с гипотезой Менделеева решающее слово оказалось не за внутринаучной критикой, а за практикой.

Гипотезой К. Энглера пользовались для объяснения геологических условий нахождения нефти в кавказских месторождениях Н. А. Соколовский, А. М. Коншин — немногие специалисты, занятые в 80—90-х годах XIX в. непосредственным изучением нефтяных месторождений. Это позволяет сделать вывод, что концу XIX в. формируется общее представление об образовании нефти из органических веществ, принимаемое специалистами, занимающимися практическим изучением нефтяных месторождений. Иначе говоря, формируется некий образец, парадигма образования нефти из органических веществ. Если такой крупный знаток геологии Кавказа, как Г. В. Абах, затруднялся однозначно решать вопрос об образовании и геологических условиях залегания нефти и лишь в конце своей деятельности

принял гипотезу Менделеева, то А. М. Коншин [6], исходя из гипотезы происхождения нефти из животных жиров, решает эти же проблемы с завидной уверенностью.

Наличие руководящей идеи позволяет ставить те или иные конкретные задачи и работать над их разрешением вопреки сложности проблемы в целом. Г. В. Абих стоял перед невозможностью создания соответствующего реальному представлению о процессе образования нефти. Коншин же ставит и решает вопрос не о том, насколько реальны воссоздаваемые им природные процессы, а о том, насколько они соответствуют исходным предпосылкам, парадигме.

Несомненно, что и появление и развитие гипотезы Менделеева, и формирование парадигмы происхождения нефти из органических веществ связаны с изменением характера естествознания во второй половине XIX в. Потребности промышленного производства стимулируют преимущественное развитие прикладных отраслей естествознания. Проблема происхождения нефти приобретает жизненно важное значение в связи с необходимостью прироста добываемых запасов нефти. Геология оказывается ориентированной в основном на поиски полезных ископаемых. Если подобная ориентация геологии на первых порах встречает сопротивление естествоиспытателей [7], то последующие поколения геологов, наоборот, склонны видеть в поисках полезных ископаемых главную задачу геологии. Поэтому и проблема происхождения нефти перестает быть только естественнонаучной проблемой, а само естествознание переходит на новую ступень.

В последующие годы, т. е. уже в XX в., поступление обильного материала о природных условиях местонахождения нефти в месторождениях не сократило, а скорее увеличило число гипотез о ее происхождении. Однако эти гипотезы по-прежнему развиваются в рамках двух основных направлений: 1) происхождения нефти из органических остатков, корни которого уходят к началу XVIII в., и 2) неорганического, глубинного происхождения нефти, сформировавшегося в начале XIX в. в качестве альтернативы первому направлению. Решающее влияние на представления о происхождении нефти продолжают оказывать общие геотектонические и космогонические гипотезы, экспериментальные данные анализа химического состава нефтей различных месторождений, а также моделирования геохимической среды нефтеобразования и т. д.

Д. В. Голубятников [5] объяснил неудовлетворительный уровень знаний о природных условиях местонахождения нефти забвением теории, увлечением исследователей «промышленной геологией». Тем самым он поставил вопрос о широком подходе к проблеме происхождения нефти. Такой подход был подготовлен всем развитием науки о нефти в рассмотренный период.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Вассоевич Н. Б.* Теория осадочно-миграционного происхождения нефти: (Исторический обзор и современное состояние).— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1967, № 11, с. 135—156.
2. *Вернадский В. И.* Нефть как природное тело в науке девятнадцатого столетия.— ЖРФХО, ч. хим., 1901, т. 33, вып. 4, с. 59—66.
3. *Вернадский В. И.* О значении трудов М. В. Ломоносова в минералогии и геологии.— В кн.: Ломоносовский сборник. М., 1902, с. 1—34.
4. *Гмелин С. Г.* Путешествие по России для исследования трех царств естества. СПб., 1785. Ч. 3.

5. Голубятников Д. В. О старых и новых данных по геологии Апшеронского полуострова. — Тр. Бакин. отд. Рус. техн. о-ва, 1904, вып. 4, с. 13.
6. Коншин А. М. Описание разработки нефтяных месторождений в Северной Америке и сравнительных условий добычи нефти на Кавказе. Тифлис, 1896, с. 278—292.
7. Котта Б. Письма о «Космосе» Гумбольдта. — Горн. журн., 1850, № 6, с. 447—448.
8. Лепехин И. И. Дневные записки путешествия Ивана Лепехина по разным провинциям Российского государства. СПб., 1771—1772. Т. 1/2.
9. Ломоносов М. В. Полное собрание сочинений. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. Т. 5. 608 с.
10. Ломоносов М. В. Полное собрание сочинений. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1957. Т. 10.
11. Лясковский Н.Э. Ломоносов как химик. — В кн.: Празднование столетней годовщины Ломоносова Московским университетом. М., 1865, с. 57—66.
12. Меншуткин Б. Н. М. В. Ломоносов и флогистон. — В кн.: Ломоносовский сборник. СПб., 1911, с. 157—162.
13. Сибирский И. А. Химическое рассуждение о сгораемых маслах естеством и искусством произведенных. М., 1778.
14. Соловьев Ю. И. Эволюция основных теоретических проблем химии. М.: Наука, 1971.
15. Тихомиров В. В. Из истории взглядов на происхождение горючих ископаемых. — Тр. Ин-та истории естествознания АН СССР, 1954, т. 4, с. 394—407.
16. Тихомиров В. В. Вопросы происхождения горючих ископаемых в трудах ученых середины XVIII в. — В кн.: Осадочномиграционная теория образования нефти и газа. М.: Наука, 1978, с. 100—111.
17. Berthelot M. Sur l'origine des carbures et de combustibles mineraux. — С. г. Acad. sci., 1866, t. 62, p. 949—951.
18. Vyasson H. Sur le petrole. — С. г. Acad. sci., 1871, t. 73, p. 609—611.
19. Reichenbach K. Sur l'origine du petrole, et ses rapports avec les houilles et huile de terebenthine. — Bull. Soc. géol. France, 1833—1834, t. 4, p. 176—185.

УДК 553.1 (091)

О. А. Соколова

## О МЕТОДИКЕ ПОЛЕВЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ М. В. ЛОМОНОСОВА

М. В. Ломоносов одним из первых русских ученых описал стратиграфические разрезы осадочных пород, минеральный состав рудных тел и высказал представление о происхождении пород и руд. Еще будучи студентом, посланным в Германию «для усовершенствования наук», он за четыре с половиной года пребывания за границей наряду с изучением теоретических дисциплин познакомился с геологией и полезными ископаемыми Рейнских сланцевых гор, Гарца и Рудных гор, осмотрел серебряно-свинцовые и медные рудники Фрейберга, Гессена, Зигера, разрезы соляных, угольных, медных и других месторождений.

В настоящей статье дается сравнение современного описания геологического разреза осадочных пород, строения и минерального состава медистых сланцев и результатов исследования их М. В. Ломоносовым более 200 лет назад, освещаются взгляды ученого на генезис медистых сланцев, приводимые в трудах «О слоях земных...» [1] и «Слове о рождении металлов от трясения земли [2]». Ломоносовым упоминаются медистые сланцы цехштейна Ильфельда и Нейштата [1, с. 36], Франкенберга [2, с. 326] и Эйслебена [1, с. 74], «окрестного косогора Гарцких рудных гор, что в графстве Гогенштейнском

при Илефельде, Нейштате и других соседственных местах» (с. 36, 37).

Месторождения медистых сланцев цехштейна, являющиеся одним из важнейших промышленных типов месторождений меди, широко распространены в Центральной Европе. Горизонт медистых сланцев (мощностью в среднем 0,3—0,6 м) развит на площади около 600 000 км<sup>2</sup>, от Англии до Польши [4]. Зоны с содержанием меди выше 0,3% занимают 1% этой площади и располагаются вблизи береговой линии древнего цехштейнового моря [9]. В северной и центральной частях территории цехштейновые отложения залегают на больших глубинах (более чем 2 000 м) и вскрыты одиночными скважинами. Значительно лучше цехштейн изучен в южной и юго-западной частях региона, где он находится ближе к поверхности и вскрыт большим числом скважин и горных выработок. Здесь наблюдаются также выходы пласта медистых сланцев на поверхность по бортам мульд и находятся все месторождения медистых сланцев, упоминаемых М. В. Ломоносовым.

В тектоническом отношении рассматриваемая территория является частью Европейской эпипалеозойской платформы. Сопоставляемые геологические разрезы цехштейна относятся к Ильфельдской и Мансфельдской мульдам, принадлежащим Тюрингскому бассейну. Ильфельдская мульда расположена в южных предгорьях горного хребта Гарца, Мансфельдская — юго-восточных. Размеры их исчисляются первыми сотнями квадратных километров, расстояние между Ильфельдом и Мансфельдом составляет около 50 км.

Отложения цехштейна и нижней перми в мульдах залегают несогласно на складчатом фундаменте более древних пород и вместе с перекрывающими их мезозойскими отложениями слагают платформенный чехол. Породы цехштейна и залегающий согласно в подошве верхней перми пласт медистого сланца центроклинально падают от бортов этих мульд под углами 8—10°. Породы нарушены многочисленными сбросами и сдвигами, как небольшими, так и крупными, возникшими при перемещении тектонических блоков. Медистый сланец не всегда содержит «промышленную» медь, на некоторых участках он содержит вместо или вместе с медью серебро, цинк и свинец или практически совсем не содержит металлов.

Разработка месторождений на медь и серебро в этом районе осуществлялась с XII в. Во времена Ломоносова добыча велась открытым и подземным способами, он отмечал: «...для житейских потреб прокопаны, от части любопытным испытанием исследованы по верхним краям, кои поднялись к земной поверхности, и согласуются порядком со внутренними слоями. По ним проведены шахты и штольни» [1, с. 37].

В геологическом строении Ильфельдской и Мансфельдской мульд участвуют породы докембрийского и палеозойского возраста (габбро, амфиболиты, сланцы, известняки, кварциты и др.), слагающие складчатый фундамент (поднятие Гарца). На них с резким несогласием залегают отложения красноцветов — «красного лежня» верхов нижней перми, состоящие из аргиллитов, песчаников, конгломератов, сланцев, порфиоров, диабазов и их туфов, окрашенных гематитом в красноватый цвет (континентальные отложения нижней перми — верхнего карбона).

В геологическом разрезе у Ломоносова в толще красноцветов выделены 11 горизонтов. В описании пластов подчеркиваются самые типичные их признаки: характерная красная окраска, состав, твердость («твердый, плотный»), размер зерен («мелкий», «крупный песок»), окатанность обломков («круглые камни»), отмечаются прослойки угля («каменные уголья») и наличие

растительных остатков («окаменелых трав»); указывается мощность каждого пласта.

Выше находятся порфиновый конгломерат и песчанистые сланцы, относящиеся к верхним горизонтам «красного лежня». Ломоносов порфиновый конгломерат (слой 18) выделяет весьма образно как «твердой красной железистой кремневатой камень, который полировать можно, лежит гнездами». Толщу песчанистых сланцев (слой Эйслебен) он также разбивает на три горизонта (слои 15—17), показывая в них неоднородность материала: глина, песок, известь, дресва, «левкас» (жирная глина или гипс) и т. д. В эйслебенских сланцах ученый отмечал наличие растительных остатков и окаменелостей: «Примечания достойно, что в Эйслебенском шифере лежит на низу рыба, на верху папоротник и осока» [1, с. 74].

Выше по разрезу залегают отложения цехштейна — верхней перми. Они представлены: 1) «белым лежнем», залегающим в основании цехштейна и состоящим из светлоокрашенных песка, песчаников, гравелитовых конгломератов. Мощность пласта обычно равна первым метрам, но там, где последний отсутствует, медистый сланец может ложиться непосредственно на «красный лежень». У Ломоносова он описывается как «известной, глинистой камень, с песком смешеной» (слой 14); 2) медистый сланец мощностью 0,3—0,4 м (строение его приводится ниже); 3) серый цехштейновый известняк, являющийся кровлей рудного пласта, мощность его изменяется от 2 до 6 м, чаще всего составляет 4 м, — «серой камень» в разрезе Ломоносова (слой 8); 4) толща нижнего ангидрита Верра, в разрезе Ломоносова она включает пять пластов (слой 3—7), состоящие из мергелей («известной нечистой камень»), известняков («известной камень») и мощного (25,6 м) «рухлого камня», скорее всего под ним нужно понимать измененный ангидрит; 5) верхний ангидрит Верра, у Ломоносова он соответствует «алебастру» (слой 2). Под «алебастром», возможно, он подразумевал зернистый гипс, как иногда и теперь неправильно называют алебастр; 6) волючий сланец (битуминозный), относящийся в серии Страссфурт, — в разрезе Ломоносова — «слой воючего камня» (слой 1). Специфический запах этой породы объясняется наличием в ее составе битумов.

Описанные выше отложения перекрываются более поздними соленосными и глинисто-сульфатными сериями пластов цехштейна.

Медистый сланец, по Ломоносову, сложен тонкослоистыми сульфидсодержащими битуминозными глинисто-мергелистыми, мергелистыми и глинисто-карбонатными породами. В пласте встречаются растительные остатки и окаменелости (рыбы). Минералогический состав сланца определяется глинистыми минералами (иллит, монтмориллонит), карбонатами (доломит, реже кальцит), кварцем, углефицированным органическим материалом — «битумом» (около 10%) и сульфидами. В нижней части сланца содержание органических веществ и глинистых минералов увеличивается с образованием глинисто-битуминозных (слои 12, 13) и глинистых (слои 10—11) сланцев, в верхней — увеличивается содержание доломита и преобладают мергелистые сланцы (слои 9, 10) [3, 9]. Цвет сланца черный и коричневаточерный. Мощность 0,3—0,4 м.

Нижние слои медистого сланца обогащены медью, самый нижний назван ученым «флецовые медные руды<sup>1</sup> в шифере и в песчаном камне»

<sup>1</sup> «Флецовые руды», по Ломоносову, — пластовые месторождения руд.

(слой 13). Он представляет собой глинисто-битуминозный сланец с тонкими прослойками и линзочками сульфидов, содержащий около 20% меди (мощность 2—4 см). Выше находится слой аналогичного сланца (мощность 2—9 см) без макроскопически видимых прослоек сульфидов (слой 12). Богатое содержание меди в сланце Ломоносов определял по его виду — «тягости» и яркоокрашенным вторичным медным минералам: «Бывают и черные, зеленоватые и синеватые шиферы, — писал он, — которые не мало меди в себе содержат. Знак в них присутствующия меди есть отменная тягость и цветы разныя» [1, с. 139].

Верхние, более мощные слои медистого сланца (по 10—17 см) сложены из черного глинистого сланца («шифера», слои 10 и 11) и черного мергелистого сланца («черной, глиноватой шифер», слой 9). В первом из них содержание меди около 5, во втором — 1%, у Ломоносова содержание меди в них отмечено словами «не много», «мало», «убожее медью». Среднее содержание меди в пласте составляет 2—3,6%, серебра — 97—182 г/т [3].

К наиболее распространенным сульфидам в медистом сланце относятся халькозин, борнит, халькопирит и пирит; к второстепенным — энаргит, теннанит, галенит, сфалерит, арсенопирит, минералы серебра и другие [8]. Сульфиды в виде тончайших выделений размером от 20 до 100 мкм по форме напоминают шарики, полосочки, палочки и пр., т. е. «оруденелые бактерии», по П. Рамдору [5, с. 149]. Они образуют либо рассеянные выделения в сланце, либо послейные мелкие линзочки и полоски длиной в несколько миллиметров и мощностью до 1 мм. Послейное расположение сульфидов позволило Ломоносову назвать их «флецовыми медными рудами».

Мелкие сбросы и сдвиги, нарушающие пласт медистых сланцев, выполнены кварц-баритовыми жилами и жилками с макроскопически различными халькопиритом, борнитом, арсенидами кобальта (сафлорит, кобальтин) и галенитом. Образование этих жил обусловлено более поздними преобразованием и перегруппировкой минерального вещества и отложением его в трещинах низкотемпературными растворами. М. В. Ломоносов описывает эти жилы следующим образом: «Здесь примечено, что во многих местах сии слои походят на рудные жилы, стоят круто и содержат в себе твердые желтые медные руды, коболт, и белой калчадан, то есть светлую свинцовую руду» [1, с. 36]. Сопоставляя минеральный состав рассмотренных жил и прожилков с описанием их ученым, можно сказать, что «твердые желтые медные руды» — это халькопирит, возможно, борнит; «коболт» — сафлорит, кобальтин; «белый калчадан, то есть светлая свинцовая руда» — галенит. Следует признать ошибочным (из-за несовершенных способов изучения рудных минералов того времени) утверждение Ломоносова, что «калчадан желтой... предвещает серебро» (с. 102), так как повышение содержания серебра в медистых сланцах объясняется наличием собственных собственных минералов серебра (самородного серебра, штроейерита, аргентита и ялпанта).

Таким образом, проведенное сопоставление слоев медистого сланца, по М. В. Ломоносову и по современным данным, показывает их значительное сходство как по петрографическому и минеральному составам пород и руд, так и содержанию в них меди.

По условиям образования Ломоносов относил медистые сланцы к «слоям в горах горизонтальным» [2, с. 324]. Описания геологических слоев и руд у него неотделимы от трактовки их генезиса. Он объясняет происхождение слоистых пород многолетним осаждением из водных бассейнов и доказывает

это находками в них остатков ископаемых растений и рыб. Указывая на различие ископаемых остатков в верхних и нижних слоях эйслебенских сланцев, ученый отмечает изменения водного бассейна во времени, в результате иссушения или «от земного трясения».

Образование осадочных пород и руд Ломоносов называл «наращение, или осадка когда из воды отделяющиеся земляные иловатые частицы на дно садятся, и слой на слой нарастают в разное время. Таким образом родится шифер или сланец, разных цветов, твердости и смешения, когда в озеро мутная вода ручьями с берегов стекает, и после со временем устоявшись, на дно садится, и до будущей весны слежавшись, тверже должна быть нежели вторая илу посадка, следовавшая на другую весну. Потом, когда озеро новым промытым истоком воду выпустив, или от земного трясения поднявшись иссохнет; останутся таковые от многих лет слои, и наконец затвердеют в шифер. Для того не дивно, что в сланцах не редко находят следы трав и рыб разного рода. Примечания достойно что в Эйслебенском шифере лежит на низу рыба, на верху папоротник и осока. Сие показывает, что оные травы натурально прежде засорения илом восходили выше нежели на дне обращающиеся рыбы» [1, с. 73—74]. Впоследствии осадочные слоистые породы «кои флечами называют», по мнению Ломоносова, под действием подземного огня и минерализованной («вязкой») воды претерпели ряд изменений и затвердели, т. е. превратились в определенные породы (песчаники, мергели и др.): «Сии одна на другой лежащие разного рода материи... вместе претерпели от подземного огня по своей натуре перемены общие и особливые. Песчаные слои переменявшиеся в точильный камень были прежде дно морское или реки великой; известной камень, пережженные кабаны дикого; черные и других цветов земли полукаменелые суть наметанный пепел из горы огнедышащей, каменные угли из торфа; шифер из ила. Все сии материи в разные времена одна другую покрывшие, обожжены сперва подземным жаром, потом через проницание вязкой воды превратились в камни, в точильной, известной, серой разных пород, в каменные угли и в шиферы разной твердости по мере огня и проницания» [1, с. 102]. Падение слоев осадочных пород и рудоносных пластов под определенным углом он совершенно правильно объяснял тектоническими причинами — поднятиями «земного черепа» (с. 102).

Во «флечах» Ломоносов отмечал богатое содержание меди, свинца и железа: «...медь, свинец и железо богато в себе таковые слои содержат» [1, с. 40]. Ломоносов, придерживаясь осадочного генезиса медистых сланцев, образующихся одновременно с вмещающими их породами, происхождение богатых концентраций металлов в сланцах и в секущих его рудных жилах объяснял подземным возгоранием серы и присоединением ее к металлам, с образованием сернистых соединений: «...флечи токмо теми не редко богаты, кои много в своем смешении серы содержат, которую они приняли от подземного возгорания как от причины их состояния» (с. 102).

В настоящее время в вопросе о происхождении медистых сланцев не существует единого мнения: предполагают осадочный, осадочно-гидротермальный и гидротермальный генезис. Большинство исследователей признается осадочно-сингенетический генезис медистых сланцев с последующим перераспределением рудных компонентов [6, 7, 9; и др.]. Аккумуляция металлов происходила в цехштейновом море при восстановительных условиях благодаря деятельности десульфурующих бактерий. При процессах диагенеза и катагенеза часть сульфидов, ранее осадившихся сингенетически,

растворилась и снова отложилась по горизонтальным и вертикальным трещинам при изменившихся окислительно-восстановительных условиях. В конечном итоге миграция рудного вещества с участием растворов привела к образованию месторождений, имеющих промышленное значение.

Необходимо отметить поразительное умение М. В. Ломоносова, опирающегося на собственный полевой опыт, дать ясное, точное и образное описание геологических фактов, касающихся как геологического разреза слоев, так и строения рудного пласта и минерального состава руд, позволившее провести сопоставление стратиграфических разрезов пород и рудных пластов медистых сланцев Ильфельдской и Мансфельдской мульд.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ломоносов М. В. О слоях земных и другие работы по геологии. С предисловием и пояснениями проф. Г. Г. Леммлейна. М.; Л.: Госгеолиздат, 1949, с. 15—159.
2. Ломоносов М. В. Слово о рождении металлов от трясения земли. — Полн. собр. соч. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954, т. 5, с. 295—347.
3. Магакьян И. Г. Рудные месторождения. М.: Госгеолтехиздат, 1955. 336 с.
4. Наркелюн Л. Ф., Филин А. М., Безродных Ю. П., Трубачев А. И. Месторождения медистых сланцев Польши и сопоставление их с проявлениями меди в восточных районах СССР. — Сов. геология, 1970, № 10, с. 108—121.
5. Рамдор П. Рудные минералы и их сростания. М.: Изд-во иностр. лит., 1962. 1132 с.
6. Amstutz G. C. Kupferschiefer metallogeny. — In: European copper deposits: Proc. of Intern. symp. held at Bor, Yugoslavia, 18—22 Sept., 1979. Belgrade, 1980, p. 125—128.
7. Jung W. Die Sedimentationsverhältnisse während des Oberrotliegenden und Zechsteins im SE-Harzvorland. — Ztschr. angew. Geol., 1960, H. 12, S. 598—604.
8. Knitzscke G. Die wichtigsten Erzminerale des Kupferschiefer sowie seines um mitellbaren Liegenden und Hangenden im Südostlichen Harzvorland. — Ztschr. angew. Geol., 1965, Bd. 11, N. 12, S. 625—637.
9. Wedepohl K. H. The geochemistry of the Kupferschiefer Bed in Central Europe. — In: European copper deposits: Proc. of Intern. symp. held at Bor, Yugoslavia, 18—22 Sept., 1979. Belgrade, 1980.

УДК 551.053(091)

И. Г. Малахова

## РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ТЕКТОНИЧЕСКИХ И ЭРОЗИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XIX В.

Во второй половине XIX в. эволюционные представления начинают проникать во все области геологической науки. В геоморфологии идеи о непрерывном изменении физико-географической обстановки и необратимости геологических процессов выразились в создании теории стадийного развития рельефа, которая основывалась на признании взаимосвязи эндогенных и экзогенных процессов. Такой подход к изучению рельефа принимался многими русскими исследователями: В. В. Докучаевым, С. Н. Никитиным, Ф. Н. Чернышевым, И. Д. Черским и др. Наиболее последовательно идея

эволюции<sup>1</sup> рельефа прослеживается в трудах известного исследователя Сибири — И. Д. Черского.

Мысли о связи эндогенных и экзогенных процессов, эволюции рельефа появились в ранней работе И. Д. Черского, содержащей анализ развития рельефа междуречья рек Белой и Иркута [9]. В этой работе он впервые упоминает о «могучей силе», определившей черты современного рельефа. Отмечая роль тектонических движений и магматизма в формировании рельефа, И. Д. Черский останавливается на роли последующей эрозии: «Руководствуясь расположением гольцов с уцелевшею лавою и уровнем базисов их лавовых шапок, можно обрисовать линии бывшего профиля местности и доказать, что большая часть продольных и поперечных долин... обязана своим происхождением той силе, которая, разобшив лавовый покров и превратив часть гольцовой местности в относительно плоскую, холмистую возвышенность, образовала нынешний водораздел между Иркутом и Китоем... Могучая была сила и громадны следы произведенных ею разрушений!» (с. 245, 246).

В предварительном отчете за первый год исследований береговой полосы оз. Байкал И. Д. Черский развивает мысль об отсутствии связи рельефа с древней структурой и роли более поздних тектонических движений, активизировавших развитие эрозионных процессов: «Смелые альпийские формы ступеваются и наконец вполне исчезают, заменяясь округленными, мягкими контурами... *это вымершая часть альп*, — состояние, которое со временем может постигнуть и всю альпийскую цепь или страну, превратив ее в простой хребет или в плоскогорье» [10, с. 19].

В формировании рельефа, созданного в результате тектонических поднятий или складкообразовательных процессов, И. Д. Черский отводит главное место эрозии, которая способна добиться «независимости современной конфигурации от архитектурных особенностей строения» [13, с. 64].

Проводя исследования в Прибайкалье на протяжении ряда лет, И. Д. Черский придавал большое значение тектоническим движениям при реконструкции истории возникновения и развития байкальской впадины. Он считал, что она образовалась «*вслед за досилурийским поднятием...* к тому же в виде результата одного лишь падения (*сложная синклинальная ложбина*)... в углубление это стремились и собирались стекавшие с гор атмосферные воды, начав *процесс размывания почвы*» [11, 64—65].

В более поздней работе (1882 г.) восстанавливая историю развития территории Прибайкалья, И. Д. Черский снова возвращается к этому вопросу. Сопоставив геологическую структуру и эрозионный рельеф, он приходит к выводу о приуроченности размыва к синклинальным складкам. И хотя его гипотеза об эрозионном происхождении Байкала оказалась ошибочной, картина эволюции рельефа в зависимости от периодической смены тектонической обстановки и интенсивности эрозионных процессов, нарисованная ученым, открыла новый этап в развитии геоморфологии в России.

Существенное значение имеют выводы И. Д. Черского о развитии современного высокого плоскогорья Прибайкалья, которое «*представляет собою древнейший, досилурийский материк Восточной Сибири, на северо-западной окраине которого развился Байкал*» [12, с. 76]. Синклинальные складки

<sup>1</sup> Понятие «эволюция» в данной работе имеет тот смысл, который в него вкладывали ученые конца XIX — начала XX в., а именно «развитие».

нижнего палеозоя определили геоморфологическое строение древнего материка. И. Д. Черский считал, что его более высокое в древности гипсометрическое положение обусловило интенсивное развитие эрозионных процессов. Далее следовало «значительное оседание страны» (с. 77), которое, по мнению ученого, явилось причиной образования оз. Байкал в результате трансгрессии вод северного силурийского бассейна. В 1881 г. во время путешествия на высокое плоскогорье системы р. Селенги И. Д. Черский получил данные, позволившие ему оспаривать термин «сплошное поднятие», предложенный П. А. Кропоткиным для характеристики плоскогорья [4]. Он полагал, что плоскогорье является конечным этапом эрозионного расчленения рельефа, протекавшего на фоне повторяющихся тектонических поднятий: «Законченную, следовательно, орографическую форму, настолько, разумеется, насколько в деле нескончаемого процесса преобразований может быть что-либо законченным, можно назвать образцово-плоскую возвышенность, образовавшуюся из прежней альпийской горной страны: переходными же формами к последней будут, между прочим, и различные видоизменения плоскогорья, в определении которого как *орографического* типа я вполне согласен с г. Кропоткиным» [12, с. 90].

Работа И. Д. Черского «К геологии внутренней Азии» [14], в которой была развита идея о древнем ядре азиатского материка, сыграла значительную роль в формировании современных воззрений на тектонику Азии. Выделяя в Восточной Сибири крупные орографические провинции, И. Д. Черский высказал мысль о существовании в центре Азии древнего материка, образовавшегося в результате допалеозойской складчатости. Характеризуя геоморфологическое строение этого материка, он отмечает обусловленное эрозией несовпадение «его современной конфигурации с первобытной тектоникой этой площади» (с. 54). Выводы И. Д. Черского о возникновении более молодых горных сооружений к западу от Саяно-Байкальского нагорья имели немалое значение для познания тектоники не только Азиатского континента, но и его связей с тектоникой Европы. «Потом, уже на пороге нашего столетия, когда Э. Зюсс начал писать вторую половину своего никем еще не превзойденного «Лика Земли» и приступил к выяснению истории Азиатского материка, он неожиданно для себя обнаружил, что к нему в Европу, к Карпатам, к самой Вене, где он сидит и пишет историю земного шара, уже протянуты связующие нити из центра Азии. В немом восхищении остановился он перед маленькой заметкой Черского и оценил ее как изумительную и далеко опередившую свой век...» [15, с. 48]. Многие исследования Сибири более позднего времени подтвердили правильность основной идеи Черского—Зюсса о существовании «древнего темени Азии» (термин предложен Э. Зюссом в 1901 г.) [29].

Развивая эволюционные представления, И. Д. Черский высказал ряд интересных мыслей о стадийном изменении рельефа, связях его с тектоникой, причем главную роль в формировании рельефа он отводил эрозии. Тектонические идеи исследователя нашли продолжение в работах его современников и сыграли важную роль в развитии отечественной геологической науки. Его предположение об омоложении «изношенного» рельефа Восточной Сибири в результате позднейших тектонических движений, подтвержденное впоследствии работами В. А. Обручева, легло в основу учения о неотектонике.

В этот же период в Америке в результате создания Геологической службы (1867 г.) заметно активизировались геологические, в том числе и геоморфоло-

гические, исследования. Особое место среди этих работ занимают труды В. Дэвиса, который в мировой литературе считается родоначальником геоморфологии. Плодотворная научная (более 500 работ) [18], организаторская (член многих научных обществ Америки и других стран) деятельность В. Дэвиса, а также его незаурядные лекторские способности содействовали созданию целой школы геоморфологов.

Краеугольным камнем учения В. Дэвиса о развитии рельефа является его работа «Река и долины Пенсильвании» [2], в которой автор характеризует рельеф как результат длительного и последовательного развития. Происхождение современного рельефа может быть объяснено только на основании изучения его прошлого, иными словами, современный рельеф — ключ к познанию, по крайней мере, некоторых этапов земной истории. Актуалистические идеи вполне созвучны современным представлениям об актуализме<sup>2</sup> как принципе и методе. Рассматривая рельеф в развитии, В. Дэвис показал общую его направленность и выделил отдельные стадии эволюции. И хотя созданная им схема недостаточно учитывает тектонический фактор рельефообразования, тем не менее его идеи о взаимосвязи эндогенных и экзогенных процессов представляются весьма значительными и в настоящее время.

Эволюционный подход к рассмотрению строения земной поверхности позволил В. Дэвису создать теорию «географических циклов». Впервые этот термин упоминается в работе 1884 г. [19]. В этой теории принимается концепция быстрого тектонического поднятия, за которым следует длительный этап тектонического покоя. Однако автор не предполагал существования такой обстановки на протяжении всего цикла: «...не следует думать..., что поднятие или деформация земной поверхности произошли столь быстро, что никаких деструктивных изменений не было во время этих движений» [2, с. 11]. В другой работе того же года автор пишет: «Мне кажется предубеждением уверенность в том, что участки суши никогда не остаются неподвижными достаточно долго для осуществления пенепленизации... Однако я никогда не выдвигал предположения об абсолютной неподвижности земной коры в течение всего срока денудации» (с. 88—89). Заметим, что схожие мысли высказывал и И. Д. Черский [12].

В. Дэвис придерживался идеи о коротких периодах поднятий, разделенных длительными периодами тектонического покоя, основываясь на распространенной в начале XX в. тектонической концепции, в соответствии с которой крупные орогенические этапы синхронизировались в планетарном масштабе. Эта идея, по его мнению, являлась как бы дидактическим приемом, который может быть применен для удобства трактовки теории эрозионных циклов, а «для того, чтобы схема была полностью разработана, необходимо рассмотреть все виды структур и все виды поднятий» [2, с. 29]. Подобный анализ не был проведен ученым, однако в упомянутой выше работе В. Дэвис не только рассматривает поднятия и опускания, но и приводит данные о складкообразовательных движениях, что говорит о его более широких взглядах на тектонику, чем это принято считать.

Во время экспедиции в штатах Орегон и Невада В. Дэвис отмечал длительность проявления однонаправленных тектонических движений, обусло-

<sup>2</sup> Актуализм — метод, с помощью которого процессы прошлого реконструируются путем сравнения с современными.

вивших развитие как древних, так и современных форм рельефа [2]. Роль тектонических движений в процессе рельефообразования заключалась, по мнению В. Дэвиса, в создании более крупных форм рельефа по сравнению с результатом деятельности экзогенного фактора.

Характеризуя геоморфологическое строение Тихоокеанской области молодых гор, В. Дэвис отмечал, что «рельеф, осадконакопление, деформации и денудация, происшедшие в этой недавно образовавшейся стране, в 10 или 20 раз больше, чем при соответствующих процессах в районах моих прежних исследований. Путешествуя из одной части континента в другую, геолог должен как бы снова постигать азбуку, чтобы оценить новую окружающую обстановку» [22, р. 404].

Выделение эндогенного фактора рельефообразования, несомненно, является важным выводом геоморфологических построений В. Дэвиса. Свои идеи он выразил в очень четкой и лаконичной форме: ландшафт = структура + процесс + стадия. Основные принципы созданной В. Дэвисом теории «географических циклов» таковы: 1) расчленение земной поверхности эрозионными процессами начинается вслед за тектоническим поднятием территории; 2) действие различных эрозионных процессов направлено на сглаживание неровностей земной поверхности; 3) развитие форм рельефа находится в зависимости от геологической структуры и характера эрозионных процессов; 4) эволюция рельефа происходит стадийно, причем между отдельными стадиями существует причинная связь, обусловленная геологическими и физико-географическими процессами [2].

Геоморфологические представления В. Дэвиса нашли широкий отклик среди исследователей, так как хорошо согласовались с двумя основными научными концепциями того времени — актуализмом и эволюционизмом. Применение В. Дэвисом теории Ч. Дарвина в изучении рельефа представляется нам очень вероятным [24, 25]. Термины «молодость», «зрелость», «старость», видимо, заимствованы из теории эволюции органического мира. Идеи Ч. Дарвина положены В. Дэвисом также в основу исследования происхождения коралловых рифов [21].

Взгляды В. Дэвиса на взаимодействие тектонических и эрозионных процессов разделял В. А. Обручев. В исследованиях, посвященных анализу неотектонических движений, он высоко оценивал работы В. Дэвиса о пене-пленах (впервые этот термин В. Дэвис употребил в 1889 г. [20]) и циклах эрозии с точки зрения акцентирования внимания исследователей на более молодых движениях земной коры [6]. Значительный интерес для современной геологии имеют идеи В. Дэвиса о неравномерности развития геоморфологических процессов и их корреляции с процессами геологическими.

В истории развития геоморфологии рядом с именем В. Дэвиса стоит имя немецкого геолога В. Пенка, который стремился обосновать с геоморфологической точки зрения общую схему тектонических поднятий, созданную им ранее на основе стратиграфических данных [16, 17]. Ученый полагал, что большая часть тектонических движений начинается и заканчивается медленно. В общую схему таких движений входит медленное первоначальное поднятие, быстрое поднятие, замедленное поднятие и, наконец, период тектонического покоя. Эта схема является развитием представлений В. Дэвиса, признававшего различную интенсивность тектонических процессов.

В последние годы жизни В. Пенк развил свою наиболее важную геоморфологическую идею — объяснение происхождения форм рельефа на осно-

вании анализа взаимосвязи между эндогенными (диастрофическими) и экзогенными (эрозионными) процессами [26—28].

Замечательный научный труд В. Пенка «Морфологический анализ» [28] позволяет судить о широте взглядов, оригинальности суждений и глубине охвата важнейших проблем геологии и морфологии. В предисловии к русскому изданию книги М. В. Пиотровский пишет: «В. Пенк отбросил временные, переходящие формы и условия развития науки и обратился к самой объективной сути рельефообразования — к равноправному взаимодействию эндогенных и экзогенных процессов» [7, с. 16].

В этой работе В. Пенк указывает, что геоморфологические проблемы не могут решаться без учета анализа движений земной коры. «Моделирующие поверхность Земли процессы разрушения, которые объединяются понятием *экзогенных сил*, могут вступить в действие только тогда, когда земная кора экспонирует поверхность для их деятельности» [7, с. 49]. И далее: «*Поверхность Земли является, таким образом, полем деятельности сил, направленных друг против друга, причем действие одной из них зависит от предшествовавшего действия другой. На всех такого рода поверхностях, являющихся полем деятельности сил, направленных одна против другой и взаимозависящих, существует стремление восстановить физическое равновесие*» (с. 51). Как видим, В. Пенк считает, что равновесие наступает при одинаковой скорости тектонических и эрозионных процессов, а не при их затухании, что является развитием идеи В. Дэвиса, высказанной им при характеристике географического цикла [2].

При рассмотрении вопроса о соотношении геоморфологического строения поверхности и структуры земной коры В. Пенк приходит к выводу, что структура и рельеф — это различные результаты движений земной коры. Изучение их позволяет судить о характере эндогенных процессов. Отмечая, что структура является функцией времени, а рельеф — функцией интенсивности поднятия, В. Пенк, как и В. Дэвис, считает, что «исследование структуры дает объяснение совершенно иным чертам движений земной коры, чем изучение высотного строения земной коры с ее рельефом. *Тектонические и геоморфологические исследования дополняют, но не заменяют друг друга*» [7, с. 78].

По мнению В. Пенка, одной из причин, способствовавших возникновению интереса к морфологическому и литологическому изучению структуры, явились идеи В. Дэвиса о различном проявлении эндогенных процессов. Разделяя эти предположения, В. Пенк считает, что «сначала участок коры вообще должен быть поднят и экспонирован денудации, прежде чем его структура станет видна благодаря селективной денудации различно устойчивых горных пород...» [7, с. 79]. Ученый четко различает тектонические движения, определяющие формирование рельефа и создающие структуры земной коры. Подразделение, вслед за Дэвисом, структурно-тектонических факторов на «пассивные» и «активные» явилось «ценным методическим приемом, позволившим геоморфологам глубже, чем раньше, понять некоторые стороны механизма формирования рельефа. Этот прием составляет и теперь одно из основных условий геоморфологического анализа» [3, с. 46].

В. Пенк полагал, что геоморфологическое строение поверхности Земли определяется не только взаимодействием эндогенных и экзогенных сил, но и соотношением их интенсивности. Эти три элемента (экзогенные и эндогенные процессы и геоморфологическое строение) и составляют основу геомор-

фологии в понимании В. Пенка. В уравнении, связывающем три упомянутые величины, роль неизвестного играют движения земной коры. Решение этого уравнения и составляет суть «морфологического анализа» В. Пенка. Разработанный ученым метод позволяет подойти к изучению тектонических движений с иных в сравнении с геолого-тектоническим анализом позиций. По его мнению, сочетание этих двух методов составляет «ту сумму данных, которая дает надежду на решение главной проблемы общей геологии — открыть *причины движений земной коры*» [7, с. 54]. В. Пенк считал, что первым приложением морфологического анализа явилось учение В. Дэвиса о циклах развития.

Для определения соотношения интенсивности эндогенных и экзогенных процессов В. Пенк предложил дифференциальный метод — «*единственный путь для точного определения результатов нескольких одновременно и неравномерно протекающих процессов*» [7, с. 61]. Дифференциальный метод позволил рассмотреть в непрерывном развитии те процессы, которые представлялись ранее как прерывистые. Однако перенесение полученных с помощью дифференциального анализа частных выводов по склонам на крупные формы рельефа было ошибочным. М. В. Пиотровский видит причину этой ошибки в том, что В. Пенк стоял на метафизических позициях, недооценивая диалектику единства прерывного и непрерывного и качественного скачка, достаточно растянутого во времени. «Философская ограниченность В. Пенка тем более досадна, что он сам показал возможность появления нового качества — изменения формы склонов при изменении количественных соотношений темпов тектонических движений и сноса. Своей идеей о развитии прерывных форм в ходе плавных изменений рельефообразующих процессов он открыл новые возможности в теории геоморфологии» (с. 36).

На примерах Среднегорья Германии и Аппалачей В. Пенк создает теорию так называемых «предгорных лестниц». Существующие в этих районах системы сводовых поднятий обусловили формирование остаточных денудационных поверхностей. Формирование этих поверхностей В. Дэвис связал с перерывом в развитии идеального географического цикла, вызванного тектоническим поднятием. По схеме В. Пенка продолжающееся сводовое поднятие, захватывая существующие предгорные поверхности выравнивания, образует «предгорную лестницу». Он рассмотрел становление последних как в условиях региональных сводовых поднятий, так и в зонах молодой складчатости, что позволило ему составить представление о ярком рельефе районов тектонических поднятий.

В. Пенк выделил два типа тектонических движений, которые могут проявляться независимо друг от друга. В «Морфологическом анализе» дается подробное описание «больших складок» и показано их прямое выражение в рельефе молодых горных сооружений в виде горных хребтов и впадин, причем явление это имеет глобальный характер. Второй тип тектонических движений ученый определил как региональные сводовые поднятия и дал их подробное описание в другой работе [26]. В «Морфологическом анализе» В. Пенк только упомянул о геоморфологическом проявлении этого типа движений в виде «предгорных лестниц». Исследователь отмечал большую длительность процесса образования сводов по сравнению с «большими складками», полагая, что сводовое поднятие началось с важной фазы восходящего развития рельефа, в результате чего геоморфологическое строение

определялось тектоникой. Общее уменьшение скорости поднятия обусловило короткий период спокойного развития, при котором соотношение рельефообразующих процессов изменилось в сторону эрозии. Наибольшей же интенсивности эрозионная деятельность достигла в фазу преобладающего нисходящего развития. В соответствии с этой схемой начальное поднятие приводит к образованию первичного пенеплена. В результате последующих восходящих движений происходит его поднятие. По мере ускорения поднятия пенеплен окружают серии «предгорных лестниц», формирующихся на медленно поднимающемся куполе свода.

Одной из первых попыток применения в практических исследованиях схемы В. Пенка в нашей стране были работы на Урале, где В. А. Варсановичевой [1] был описан ярусный рельеф северной части хребта.

В 1932 г. В. Дэвис [23, 26] опубликовал критическую статью по поводу работы В. Пенка, в которой было сформулировано противоречие между взглядами обоих ученых по некоторым частным вопросам геоморфологии. Однако, несмотря на имеющееся мнение о противоположности выводов, сделанных ими, гораздо больше данных говорит в пользу единства их теоретических построений. Оба исследователя стремились к созданию единой теории геоморфологии. Их построения основывались на сходной тектонической схеме. И тот и другой изучали рельеф как результат взаимодействия эндогенных и экзогенных сил. Рассматривая рельеф в развитии, они большое внимание уделяли анализу соотношения между интенсивностью тектонических и эрозионных процессов. Тектонические движения разделялись ими на формирующие структуру и поверхность земной коры. Все это говорит в пользу общности их теории, несмотря на различие в деталях.

Итак, наиболее важным и прогрессивным в развитии геоморфологии во второй половине XIX в. явилось утверждение и длительная разработка эволюционных взглядов на рельеф. В России эволюционные геоморфологические идеи появились до возникновения американской и европейской геоморфологических школ [3, 5, 8]. В работах И. Д. Черского сформулированы общие положения о направленном развитии рельефа, являющегося результатом взаимодействия тектонических и эрозионных процессов. Почти одновременно, но независимо от него создавал свою геоморфологическую теорию В. Дэвис, который внес большой вклад в формирование геоморфологии как науки, создав теорию географических циклов; которая сохранила свою актуальность и в настоящее время в связи с изучением неравномерности развития геологических процессов. Взаимодействие внутренних и внешних рельефообразующих факторов составляло основу геоморфологических представлений и В. Пенка. Разработав метод геоморфологического анализа и определив задачи геоморфологии, он способствовал становлению этой науки. Кроме того, В. Пенк отметил важность геоморфологического метода в решении основной задачи геологии — познании механизма движений земной коры.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Варсановичева В. А. Геоморфологические наблюдения на Северном Урале.— Изв. ГГО, 1932, т. 64, вып. 2/3, с. 105—171.
2. Дэвис В. М. Геоморфологические очерки: Пер. с англ. М.: Изд-во Иностран. лит. 1962. 454 с.

3. Есаков В. А., Мещеряков Ю. А. Геоморфология.— В кн.: Развитие физико-географических наук XVII—XX вв. М.: Наука, 1975. с. 21—78.
4. Кропоткин П. А. Общий очерк орографии Восточной Сибири.— Зап. РГО по общ. географии, 1875, т. 5, с. 1—91.
5. Николаев Н. И. История развития основных представлений в геоморфологии.— В кн.: Очерки по истории геологических знаний. М.: Изд-во АН СССР, 1958, вып. 6, с. 3—96.
6. Обручев В. А. Юные движения на древнем темени Азии.— Природа, 1922, № 8/9, с. 37—46.
7. Пенк В. Морфологический анализ. М.: Изд-во иностр. лит., 1961. 360 с.
8. Тихомиров В. В. О важнейших факторах развития геологии на разных этапах ее истории.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1966, № 10, с. 136—144.
9. Черский И. Д. Краткий очерк об исследованиях, произведенных летом 1873 г. в Китайских и Тункинских Альпах (с картой).— Изв. Вост.-Сиб. отд. РГО, 1873, т. IV, № 5, с. 241—247.
10. Черский И. Д. Предварительный отчет о геологическом исследовании береговой полосы озера Байкала: (Год первый, 1877).— Изв. Вост.-Сиб. отд. РГО, 1878, т. IX, № 1/2, с. 1—38.
11. Черский И. Д. Предварительный отчет о геологических исследованиях береговой полосы озера Байкала: (Год третий, 1879).— Изв. Вост.-Сиб. отд. РГО, 1880, т. XI, № 1/2, с. 8—83.
12. Черский И. Д. Геологическая экскурсия на высокое плоскогорье (система р. Селенги) и берег Байкала, между устьями рек Селенги и Кики: (Отчет за лето 1881 г.).— Изв. Вост.-Сиб. отд. РГО, 1882, т. XIII, № 1/2, с. 36—112.
13. Черский И. Д. Отчет о геологическом исследовании береговой полосы озера Байкала. 1886а. Ч. I. Иркутск. 405 с. (Зап.-Сиб. отд. РГО; Т. XII).
14. Черский И. Д. К геологии внутренней Азии.— Тр. СПб. о-ва естествоиспытателей, 1886б, т. XVII, вып. 2, с. 51—58.
15. Чураков А. Н. История развития наших представлений о строении северо-западной окраины «древнего темени Азии».— Изв. Геол. ком., 1927, № 1, с. 45—69.
16. Chorley R. J. The diastrophic background to twentieth century geomorphological thoughts.— Bull. Geol. Soc. Amer., 1963, vol. 74, p. 953—970.
17. Chorley R. J. Penck, Walter.— In: Dictionary of scientific biography, 1974, vol. 10, p. 506—509.
18. Daly R. A. Biographical memoir of William Morris Davis.— Biogr. Mem. Nat. Acad. Sci., 1945, vol. 23, p. 263—303.
19. Davis W. M. Georges and waterfalls.— Amer. J. Sci. Ser. 3, 1884, vol. 28, p. 123—132.
20. Davis W. M. Topographic development of the Triassic formation of the Connecticut Valley.— Amer. J. Sci. Ser. 3, 1889, vol. 37, p. 423—434.
21. Davis W. M. The Coral Reef problem.— Amer. Geogr. Soc. Spec. Publ., 1928, № 9, p. 133—137.
22. Davis W. M. The desert of the great southwest.— Harvard Graduates Mag., 1930, vol. 38, p. 395—404.
23. Davis W. M. Piedmont Benchlands and the Primärrumpfe.— Bull. Geol. Soc. Amer., 1932, 43, p. 399—440.
24. Judson Sh. William Morris Davis — an appraisal.— Ztschr. Geomorphol., 1960, Bd. 4, H. 3/4, S. 193—201.
25. Judson Sh. Davis, William Morris.— In: Dictionary of scientific biography. N. Y., 1971, vol. 3, p. 592—596.
26. Penck W. Die Piedmontflächen des südlichen Schwarzwaldes.— Ztschr. Ges. Erdk., 1925, S. 83—108.
27. Penck W. Wesen und Grundlagen der morphologischen Analyse.— Ber. Sächsischen Akad. Wiss. Math.-naturwiss. Kl., 1920, Bd. 72, S. 65—102.
28. Penck W. Die Morphologische Analyse: Ein Kapitel der physikalischen Geologie. B., 1924.
29. Suess E. Das Antlitz der Erde. Leipzig, 1901, Bd. 3, S. 508.

П. Ф. Швецов

## ОТ НАЧАЛ К ОСНОВАМ ГИДРОГЕОЛОГИИ

Состояние и перспективы развития гидрогеологии получили отражение в коллективной статье «Содержание современной гидрогеологии и пути ее развития» [56]. В статье указывалось на ошибочность высказываний, будто гидрогеология неуклонно развивается чисто кумулятивно — путем непрерывного накопления фактов и идей.

В действительности гидрогеология, как и другие науки, в своем развитии испытала не только поступательное, но и попятное, а чаще всего — круговое движение, будучи не в силах выйти за пределы порочного круга алогизмов и антиномий. Были в ее истории подъемы и даже взлеты, были спады и утрата достигнутого, отход от классического наследия. Крупные советские гидрогеологи, возражая против мнения В. Г. Глушкова [11] и П. Н. Чирвинского [54] об отсутствии объективных критериев для выделения гидрогеологии в самостоятельную науку, своим определением ее предмета в какой-то степени подтверждали это мнение. Гидрогеология — рассуждали они, — учение о подземных водах; объект ее отличается от объекта гидрологии только тем, что находится ниже поверхности земной коры. Наличие пространственной границы внутри одной и той же материальной системы — «водной оболочки» — не может служить основанием для разделения науки, изучающей эту систему. Возникает вопрос: обладала ли когда-либо и обладает ли сейчас гидрогеология внутренней силой развития, необходимой для любой науки, внутренней логикой, состоящей в наличии системы основных понятий и соблюдения принципа соответствия ряда последовательно формирующихся теорий. При соблюдении этого методологического принципа, сформулированного физиком Н. Бором (1913 г.), первоначально частные теории с появлением новых, более общих теорий не устраняются как нечто ложное; они сохраняют свое значение как предельные формы и фрагменты новых теорий. Речь идет о системе понятий, выдерживающих испытание логикой современной науки о Земле. Имеется ли такая система понятий в гидрогеологии и соблюдается ли принцип соответствия в ее развитии?

Чтобы ответить на этот вопрос, надо обратиться к истории гидрогеологии. В. И. Вернадский настаивал на историческом подходе к изучению не только природных, но и научных явлений: «Научное изучение прошлого, в том числе и научной мысли, всегда приводит к введению в человеческое сознание нового».

Зрелость геологии в конце XIX и особенно в начале XX в. была отмечена такими трудами, как «История геологии и палеонтологии до конца XIX в.» Циттеля, «Очерк истории геологических знаний», написанный выдающимся геологом академиком А. П. Павловым [36, 37] и книга «Зарождение и развитие геологической науки» Адамса.

В 1956 г. появился содержательный, логически стройный «Краткий очерк истории геологии», написанный В. В. Тихомировым и В. Е. Хаиным под редакцией В. В. Белоусова. Несколько раньше опубликован классический

«Очерк развития учения о почве как отрасли естествознания» [40]. Истории гидрологии посвящены «Очерки развития гидрологии СССР» [50] и книга канадского гидролога А. Бисваса [58].

Ни одного очерка истории гидрогеологии как отрасли геологических знаний к середине XX в. опубликовано не было. Известная монография Д. И. Гордеева «Основные этапы истории отечественной гидрогеологии» [12] представляет собой летопись наблюдений и отдельных высказываний изыскателей и исследователей подпочвенных вод на территории СССР. Об истоках и развитии гидрогеологических идей в Америке и Западной Европе в ней ничего не сообщается. Автор, проявляя скромность, оговаривает в предисловии, что его труд — лишь начало. «Его нужно продолжить коллективу, ибо история нашей науки — дело коллективное; коллективно она в нашей стране творится, коллективно должна и освещаться. Писать историю науки должны сами творцы науки» [12, с. 6].

На материале монографии Д. И. Гордеева вскоре был составлен «Краткий очерк истории изучения подземных вод СССР» [20]. В работе преобладает фактический справочный материал и очень мало мы узнаем об истории возникновения новых гидрогеологических идей, их борьбы, развитии системы научных понятий, доказательств их справедливости и практической значимости. Отмеченная односторонность двух основных трудов по истории отечественной гидрогеологии объясняется взглядом авторов на условия возникновения этой науки. «Гидрогеология как наука, подобно всем остальным областям знания, — утверждает Д. И. Гордеев — возникла из практических потребностей человеческого общества. По мере того как расширялась практическая деятельность людей, расширялись предмет, объем, задачи и содержание гидрогеологии» [12, с. 4].

Игнорирование решающего значения в развитии гидрогеологии другой движущей силы — внутренней логики, целенаправленного научного экспериментирования, углубления и расширения понятий, совершенствования их системы (логической структуры) представляется одной из причин распыления гидрогеологии по множеству направлений. Гидрогеологий «стало» столько, сколько существует областей ее практического применения.

Появившаяся на стыке четырех наук (физики, химии, геологии и гидрологии) гидрогеология как наука расширилась и дифференцировалась. К тому же содержание двух материнских наук — общей геологии и гидрологии суши стало слишком большим и расплывчатым. Поэтому автор надеется лишь, что ему удастся уточнить в некоторой мере сведения об истории гидрогеологии, имеющиеся в широко известных учебных пособиях и учебниках: «Общая гидрогеология» А. М. Овчинникова [35], «Гидрогеология» А. Н. Семихатова [45] и «Геогидрология» Роджера де Уиста (перев. на русский под заглавием «Гидрогеология с основами гидрологии суши») [16, 60], а также в учебнике О. К. Ланге [29].

Ценными источниками сведений об условиях появления ранних гидрогеологических представлений служат статья американского гидрогеолога О. Э. Мейнцера «История и развитие гидрогеологии грунтовых вод» [62] и монография И. А. Федосеева «Развитие знаний о происхождении, количестве и кругообороте воды на Земле» [53]. Большой интерес представляет книга канадского гидролога А. Бисваса по истории гидрологии [58], переведенная и опубликованная у нас под названием «Человек и вода» [2].

Резкие изменения в методах познания на рубеже XVI и XVII вв. были связаны с появлением и бурным развитием новых экономических основ жизни европейских народов. Требование нарождающегося капиталистического способа производства достоверных, основанных на экспериментальных данных и математических расчетах знаний о природных явлениях было четко выражено уже в начале XVII в.

Первым из тех, кто наметил научные основы технического прогресса в Европе, был Галилео Галилей. По мнению Галилея, раскрытую книгу природы может читать каждый, способный понимать ее язык, каковым, по его мнению, является математика. Отсюда и метод Галилея: органическое сочетание наблюдений и эксперимента с математическим анализом полученного материала.

Такую чрезмерную механистичность в подходе к изучению разных по составу, строению и свойствам тел преодолел современник Галилея английский философ Ф. Бэкон. «Настоящий родоначальник *английского материализма* и всей *современной экспериментирующей науки* — это Бэкон. Естествознание является в его глазах истинной наукой, а *физика*, опирающаяся на чувственный опыт, — важнейшей частью естествознания»<sup>1</sup>. Так оценили научное значение работ Бэкона К. Маркс и Ф. Энгельс. И мы увидим дальше, что именно физики начали изучать важнейший гидрогеологический процесс — просачивание воды через толщи горных пород.

Геометр, физик, философ Р. Декарт в своем широко известном «Рассуждении о методе, чтобы хорошо направлять свой разум и отыскивать истину в науках» (1637 г.) расширил и углубил многие суждения Ф. Бэкона, особенно те, которые касались значения экспериментальной физики. По словам К. Маркса, Декарт «...совершенно отделил свою *физику* от своей *метафизики*»<sup>2</sup>. Рассуждения Декарта-физика о воде как жидкости и газе вообще, а не о химической природе этих тел, содержатся в его сочинении «Метеоры». Они-то и сыграли, видимо, решающую роль в формировании вполне научного (гидрологического) понятия о влагообороте (круговороте) и балансе воды в ландшафтной оболочке. Это понятие включило четкое представление о звене испарение—конденсация в цепочке влагооборота.

«Так, — рассуждал Декарт, — если вода сильно разрежена и превратилась в очень тонкий пар, говорят, что она преобразовалась в воздух, хотя тот распространенный воздух, которым мы дышим, состоит по большей части лишь из частиц, форма которых очень отлична от формы частиц воды, значительно более подвижных» [15]. Выделение водяного пара из общего состава атмосферы — важнейший этап в развитии гидрометеорологии. Отсюда до начал формирования гидрологии оставался лишь один шаг. Его сделал французский натуралист П. Перро. В течение трех лет он измерял количество атмосферных осадков, вычислил площадь водосборного бассейна р. Сены выше поста Бургундии, затем сток из того же бассейна.

В 1674 г. П. Перро опубликовал свой трактат «Происхождение источников». С появлением этого трактата П. Перро и ведется счет времени существования «научной гидрологии» во Франции. Некоторые гидрогеологи пола-

<sup>1</sup> Маркс К., Энгельс Ф. Соч., т. 2, с. 142.

<sup>2</sup> Там же, с. 140.

гали, что П. Перро своими измерениями установил также большую меру инфильтрации атмосферных осадков в почвенно-грунтовый комплекс и связанное с именно этим явлением систематическое пополнение запасов подземных вод. На самом деле он полагал, что дождь питает непосредственно ручьи, из которых вода просачивается в грунт (донные отложения) и пополняет запасы грунтовых вод, выходящих в виде источников [62].

По мнению И. А. Федосеева [53, с. 116], П. Перро, как и другие исследователи того времени, не считал, что и подземные воды происходят от атмосферных осадков, инфильтрующихся в грунт. Он полагал, что дождевая вода не может проникать в почву и грунт на значительную глубину. С этим мнением совпадает то, что пишет канадский гидролог А. К. Бисвас [2, с. 162]. Таким образом, создатель начал гидрологии П. Перро в ответах на вопросы об основных источниках в путях пополнения подпочвенных вод придерживался ошибочной точки зрения Платона, Сенеки, Плиния.

Гидрогеологические идеи, сложившиеся к середине XVII в. в трудах Витрувия и Палисси, развил соотечественник П. Перро, выдающийся физик Э. Мариотт. Помимо подтверждения правильных гидрологических суждений П. Перро значительным числом точных гидрометеорологических наблюдений, Э. Мариотт впервые осуществил целенаправленные гидрогеологические наблюдения. Он измерил в подвалах Парижской обсерватории количество просочившейся в грунт воды и нашел прямую зависимость от суммы атмосферных осадков за достаточно большой отрезок времени. Этим самым было положено начало эмпирической гидрогеологии.

«Трактат о движении воды», написанный Э. Мариоттом в результате анализа и обобщения количественных наблюдений, сначала был опубликован в 1686 г. на его родине, затем в сборнике трудов Э. Мариотта, опубликованном в Лейдене (1717 г.). В этом первом гидрогеологическом труде объяснялось такое важное явление, как самоизлив внутриземной воды через колодцы, отмечалась связь постоянных источников с большими и глубокими емкостями. По выражению Мейнцера, Мариотт «заслуживает чести быть названным основателем гидрогеологии» [62, р. 12].

Вскоре английский астроном и геофизик Э. Галлей опубликовал результаты своих исследований испарения воды с поверхности Средиземного моря, которые показали, что объем воды, испарившейся из морского бассейна, равен количеству воды, которое поступает в него с речным стоком. Этим самым Э. Галлей подтвердил достоверность положений, разработанных французскими исследователями П. Перро и Э. Мариоттом.

Уместно отметить, что ни один из создателей начал гидрологии не считал предметом своих исследований воду и ее происхождение. Они изучали лишь формы и скорость движения, источники воды, поступившей в данный водоем или слой грунта, стремились ответить на вопросы: откуда пришла вода в водоем и куда уходит из него? Что касается грунтовой воды, то даже возможность образования ее из конденсирующегося в самом грунте пара не рассматривалась ими. Это явление в истории формирования начал гидрологии нельзя считать случайным или следствием недооценки значения самой воды как химического соединения со сложными и загадочными свойствами. Объясняется оно тем, что химическая природа воды и водяного пара оставалась неизвестной до 80-х годов XVIII в. Химический состав их был определен лишь в 1789 г. А. Лавуазье.

С тех пор вода — окись водорода или гидрид кислорода в жидком состоянии, водные растворы в макрообъемах (как гомогенные системы) и водяной пар изучаются физико-химиками. Когда гидрологи и гидрогеологи говорят «химический состав воды», они имеют в виду химический состав водного раствора.

Существует мнение, что развитие гидрологии в течение XVIII в. заключалось в основном в изучении поверхностных водоемов [2, с. 217]. С этим можно согласиться и перейти к показу того, как дальнейшее формирование начал гидрогеологии все больше и больше связывалось с развитием геогнозии и с формированием основ геологии. Этому способствовали в основном геолого-географические и физико-химические исследования в России, начатые М. В. Ломоносовым и продолженные его учениками.

Синтез физики и химии, осуществленный Ломоносовым в «Курсе истинной физической химии» (1754 г.), его рекомендация геологам «употреблять в размышлении совет от математики, от химии и обще — от физики» (1763 г.), предопределили появление начал гидрогеохимии — учения о внутриземных водных растворах. Что интенсивный и широко распространенный растворитель — вода поступает в толщи горных пород через почву («землю») из атмосферы, представлялось Ломоносову истиной, установленной множеством наблюдений в шахтных выработках. После этого он не считал нужным опровергать мифы и умозрительные представления о происхождении подпочвенных («подземельных») вод, а также отрицание возможности существования толщ «всегда мерзлых» пород в трудах западноевропейских натурфилософов.

Д. И. Гордеев [12, с. 46—60] приводит и комментирует ряд гидрогеологических и гидрогеохимических представлений и понятий, составленных М. В. Ломоносовым и не потерявших своего научного значения до сих пор. Здесь приведем только три: 1) «что в рудники и жилы воды из гор самих с минералами вытекают» и что «оная вода верховая от дождей, то изведали сами рудокопы, кои уверяют, что в сухие и бездождевые годы минеральные воды не так одолевают, как в дождливые»; 2) «дождевая вода сквозь внутренности горы процеживается и распущенные в ней минералы несет с собою, и в оные расселины выжиманьем или капаньем вступает»; 3) «дождевая вода, когда горы проникает, тончайшие земляные частицы, из коих камни оседаются, в себе разводит, и от тех силу получает другие тела претворять в камень, оставляя в их скважинах оные частицы, которые прежде из каменной горы взяла с собой».

Содержание этих суждений не оставляет сомнений, что именно в трудах М. В. Ломоносова, как и в упомянутом трактате Э. Мариотта, находятся истоки учения о гидрогеологических процессах. Ломоносов исследовал главным образом гидрогеохимические процессы. Эта наиболее глубокая и прогрессивная, как увидим, физико-геологическая сущность гидрогеологических идей Ломоносова обычно не отмечается, хотя процессы переноса поверхностной и «подземельной» (подпочвенной) воды и внутриземных водных растворов составляют главное звено развития литосферы.

«Начало научной гидрогеологии было положено М. В. Ломоносовым в середине XVIII в.» — заявил О. К. Ланге [29, с. 9]. С таким суждением нельзя полностью согласиться, но если мы все же примем его условно, то должны задать себе вопрос: почему начала гидрогеологии, сформулированные еще Ломоносовым, не развивались в полной мере гидрогеологами? Ответ на него

не простой. Предварительно можно сказать: Ломоносов ориентировал геологов на изучение гидрогеологических и, в частности, гидрогеохимических процессов, а не подземных вод в наблюдаемом проявлении и состоянии. К чему привела недооценка методологического значения идей Ломоносова — известно многим гидрогеологам и будет показано ниже.

После М. В. Ломоносова в XVIII в. ценные наблюдения за гидрогеологическими явлениями — родниками и притоком воды в колодцы и другие выработки, а также правильные в основном толкования этих явлений опубликовали его ученики и последователи: Н. П. Рычков, И. И. Лепехин, В. М. Севергин и др. В книге «Первые основания минералогии, или естественной истории ископаемых тел» (1798 г.) В. М. Севергина имеется следующее гидрогеохимическое и одновременно гидрогеотермическое суждение: «Вода в течении своем посредством солей растворяет иногда и металлические части и образует таким образом соленые ключи, железистые, осадочные и купоросные, и большую часть минеральных вод, кои ежели протекают по слоям, нагретым действием подземного огня, то образуют теплые воды, или теплицы».

Как видим, В. М. Севергин продолжал начатое Э. Мариоттом и М. В. Ломоносовым развитие понятий о геологических процессах, связанных с наличием и движением водных растворов и физико-химическим и тепловым взаимодействием их с твердой основой (скелетом) горных пород. Родоначальники гидрогеологических идей интересовались историей внутриземных водных растворов, а не подземной водой в данном состоянии и проявлении.

Второй, решающий этап в формировании начал гидрогеологии — XIX в., когда в поиски, разведку и использование подпочвенных вод были вовлечены горные инженеры и гидротехники, знакомые с основами геогнозии и геологии. Начало инженерной гидрогеологии связано с именем выдающегося английского геолога, инженера-строителя по образованию У. Смита. Существует мнение, что он «один из первых попытался разрешить проблемы гидрогеологии подземных вод, исходя из принципов геологии» [2, 1975, с. 238]. Но одновременно то же самое делали французские и русские горные инженеры, интересовавшиеся широкими проблемами геогнозии. Эли де Бомон «связал происхождение минеральных источников и жильных месторождений металлов, образовавшихся гидротермальным путем, с застыванием вне земной поверхности расплавленных магм» [48, с. 96].

Одним из истоков региональной гидрогеологии является, по мнению С. И. Смирнова, книга французского исследователя напорных подпочвенных вод Г. де Тюри, создавшего «научные основы геологического прогноза распространения напорных подземных вод» [49, с. 46]. Вскоре после выхода его книги началось бурение ряда скважин на межпластовые воды в окрестностях Парижа. Примером эффективности геологического прогноза является результат бурения Гренельской скважины (1833—1841 гг.) глубиной 548 м. Она вскрыла водоносный пласт с избыточным напором 34 м и дебитом 3500 м<sup>3</sup>/сут. Название и содержание книги Г. де Тюри «Рассмотрение геологических и физических причин возникновения фонтанирующих родников и буровых колодцев...» указывают, что он, подобно Э. Мариотту и М. В. Ломоносову, исследовал не подземную воду или подземную гидросферу, а физико-геологические процессы и условия формирования месторождений напорных вод.

Отмеченные В. И. Вернадским [6] и С. И. Смирновым успехи французских геологов и гидротехников в прогнозировании, вскрытии и эксплуатации

глубоких напорных вод были сразу же изучены и значительно развиты русскими инженерами. Таких инженеров выпускал Горный корпус в Петербурге, учрежденный еще в XVIII в. С 1825 г. стал выходить первый в мире «Горный журнал, или собрание сведений о горном и соляному деле, с присовокуплением новых открытий по наукам, к сему предмету относящимся», способствовавший созданию основ геологии и начал гидрогеологии.

Профессор Горного корпуса Д. И. Соколов, написавший «Курс геогнозии» (1839 г.), в предисловии отмечал, что без геологических знаний успешно бурить «артезианские колодцы нельзя», теория образования подпочвенных вод, их течения и восхождения еще очень несовершенна: «и кто же, как не геологи, должны ее разрабатывать». Здесь снова речь идет о гидрогеологических процессах, а не о воде. Такова главная тенденция развития истоков гидрогеологии, заложенных в трудах Э. Мариотта и М. В. Ломоносова.

Практическое значение пока еще слабых научных основ поисков и разведки месторождений подпочвенных вод отмечается в предисловии к «Курсу геогнозии» Д. И. Соколова: 1. «Бурение артезианских колодцев есть новая отрасль промышленности, и ему предстоит еще большое усовершенствование, обещающее благодетельное влияние на хлебопашество и образованность стран, доселе диких и бесплодных». 2. «В поисках на подземные воды не руководствуются еще отношениями, могущими иметь место между водяными слоями и мерою удаления их от горных кражей, от того успех бурения в обширных равнинах очень сомнителен и не подчинен никакому правилу».

Развитию этой «новой отрасли промышленности» в России способствовал ученик Д. И. Соколова горный инженер Г. П. Гельмерсен — автор «Генеральной карты горных формаций Европейской России», впоследствии профессор, академик, директор Петербургского Горного института и Геологического комитета, созданного по его инициативе в 1882 г. С появлением геогностических карт в России Г. П. Гельмерсен приступил к научному обоснованию методов выбора места и глубины бурения артезианских скважин. В 1851 г. в «Горном журнале» появилась его статья «Об артезианском колодце в Ревеле и о вероятности достигнуть воды посредством такого же колодца в Петербурге» [8]. Она оказалась первой публикацией по проблеме прогноза гидрогеологических обстановок, это сжатое изложение результатов изучения геологического строения южного побережья Финского залива. Широко известный на Западе трактат аббата Порамеля (1856 г.), в котором показан опыт рационального применения геологических методов изучения месторождений пресных вод, был издан лишь через пять лет после статьи Г. П. Гельмерсена. Новые результаты своей работы в этом направлении Г. П. Гельмерсен опубликовал в замечательных статьях «Современное состояние геологии в России» (1863 г.) и «Об артезианских колодцах» [9, 10]. Через год вышла большая статья инженера В. А. Бабина [1] «О водоснабжении Москвы и проект устройства в ней артезианских колодцев».

«Харьковские ведомости» опубликовали статью профессора Н. Борисяка «О возможности бурения в Харькове артезианского колодца». В ней обосновывается большая вероятность вскрытия и вывода на поверхность напорной воды буровой скважиной в развивавшемся промышленном и культурном центре Украины. Там же был опубликован в 1867 г. «Геолого-гидрологический обзор местности, орошаемой нижним течением р. Дона», в котором Н. Борисяк обстоятельно осветил гидрологическую обстановку на участке г. Новочеркаска [3, 45]. Само название обзора («геолого-гидрологиче-

ский...») указывает на отсутствие понятия о самостоятельной науке гидрогеологии.

Гидрогеологические обоснования и гидрогеотехнические рекомендации Г. П. Гельмерсена, Н. Борисяка и В. А. Бабина представляются прикладной и весьма узкой отраслью знаний «о добыче подземной воды» и только «посредством артезианских колодцев» [12, с. 85]. Но, отмечая научно-техническую узость и чрезмерный на первый взгляд практицизм гидрогеологических работ русских геологов в начале 60-х годов XIX в., нельзя упускать из виду сильно возросшую потребность России, вставшей на путь быстрого капиталистического развития, именно в таких работах.

Отражением этой закономерности служат яркие примеры творческого участия французских и русских инженеров в работах по вскрытию, захвату и очищению (фильтрованию) подпочвенных вод. Французский инженер А. Дарси, занимаясь определением пропускной способности песчаных фильтров, поставил и провел простые, как сейчас кажется, технические эксперименты. В трубку с водопроницаемым дном насыпался не до самого верха песок, который снизу (капиллярно) пропитывался водой. После этого в незаполненную песком верхнюю часть трубки наливалась до уровня, фиксированного отверстием с трубкой, вода. Этим самым вызывался сток поровой воды из песчаной колонки через нижнее ее сечение и впитывание ее частью налитой свободной воды. Количество воды, просочившейся через песчаную колонку (элемент фильтра) за определенный отрезок времени (расход), было поставлено в соответствие с высотой и площадью сечения фильтрующей колонки. В результате было получено широко известное аналитическое выражение, названное законом Дарси, или законом фильтрации, поскольку оно получено при выяснении количественной характеристики технологического процесса — фильтрования воды, а не движения воды в капиллярно-пористой среде<sup>3</sup>.

Впервые закон фильтрации был опубликован в отчете о водоснабжении г. Дижона (1856 г.). По форме аналитического выражения он аналогичен закону теплопроводности, ранее открытому французским математиком и физиком Ж. Фурье (1822 г.). Учтявая это, а также то, что закон Дарси применяется не только для расчета гидрофильтров — технических устройств, его следовало бы назвать законом водопроводности пористых тел, в частности — геологических образований. Дифференциальные уравнения теплопроводности и водопроводности по форме и методам решения также сходны [23, с. 99]. В том и другом очень мало общего с дифференциальным уравнением движения воды в сплошном ее потоке (см. уравнения Эйлера и Бернулли). Просачивание воды через капиллярно-пористые породы сходно по своей физической сущности с процессом диффузии. Формальное сходство закона водопроводности Дарси и закона диффузии Фика общеизвестно.

Чсть создания начал аналитической теории водопроводности пористых почвенно-грунтовых комплексов принадлежит также французским исследователям. Инженер и математик Ж. Дюпюи еще до опубликования закона Дарси вывел первый вариант известной формулы притока внутриземной

<sup>3</sup> А. Дарси приписывают стремление ставить и решать теоретические проблемы. Однако он занимался решением чисто практических задач и проведением технологических экспериментов.

воды к скважине (1848 г.). Впоследствии Ж. Дюпюи (1863 г.) обобщил линейный закон фильтрации на случай с большими числами Рейнольдса и получил квадратичный закон просачивания, носящий имя австрийского гидравлика Форхгеймера, открывшего этот закон независимо значительно позднее. Исследуя движение воды в грунтах, оба они пользовались следующими методами: 1) дискретную пористую среду заменяли некоторой фиктивной сплошной средой, континуумом, характеризующимся наблюдаемыми осредненными свойствами (измеримыми, непрерывными и дифференцируемыми); 2) вместо скорости движения жидкости в самих порах рассматривали расход воды через единицу площади капиллярно-пористого грунта, т. е. фиктивную скорость; 3) вводили лишь одну движущую силу, действующую на воду — градиент напора  $H_1 - H_2/L$  или  $\text{grad } H$ , а другими формами движения воды в грунтах, например термодиффузией и молекулярной влагопроводностью, пренебрегали.

Пользуясь такими же методами, французский гидравлик Ж. Буссинеск вывел дифференциальное уравнение нестационарного движения грунтовых вод (1877 г.). Таким образом, зарождавшаяся во Франции и России инженерная гидрогеология решала успешно не только практические, но и теоретические задачи. В этом видна собственная специфическая логика развития гидрогеологии как науки, которую весьма важно учитывать. Чисто описательная стадия развития сменилась объяснительной. Законы водопроницаемости горных пород и притока воды из них к скважине (колодцу) были открыты, но оставались еще не решенными проблемы геологических закономерностей распространения, форм нахождения, движения, стока и пополнения запасов внутриземных вод.

## СТАНОВЛЕНИЕ ГИДРОГЕОЛОГИИ В ЗАПАДНОЙ ЕВРОПЕ И РОССИИ

Геолого-географической основой для формирования гидрогеологии как самостоятельной, сложной и практически важной отрасли знаний послужили региональные исследования, выполненные французским геологом А. Добре и русскими геологами И. В. Мушкетовым и С. Н. Никитиным по заданиям Геологического комитета. В 1883 г. И. В. Мушкетов, геолог широкого профиля, исследовал большой участок, включающий давно известные и используемые для лечения Липецкие источники минеральной воды. Через два года был опубликован окончательный отчет об этих исследованиях в виде большого «Геологического очерка Липецкого уезда Тамбовской губернии в связи с минеральными источниками». Затем появились 95-й и 96-й листы Геологической карты России, составленные И. В. Мушкетовым в результате геологической съемки, произведенной им в течение ряда лет. При этом он выяснил и отразил на карте основные гидрогеологические особенности почвенно-грунтового комплекса Калмыцкой степи.

В 1887 г. вышел первый труд по региональной гидрогеологии Франции — трехтомная монография А. Добре. Кроме обычных геологических методов поисков и изучения месторождений почвенных вод, в ней присутствуют метод исторический, или палеогидрогеологии.

Крупное исследование, создавшее, по словам Д. И. Гордеева [12, с. 102], эпоху в истории региональной гидрогеологии России, провел С. Н. Никитин в связи с геологической съемкой и составлением 57-го листа Геологической

карты. С 1884 по 1890 г. С. Н. Никитин собрал значительный материал о геологическом строении Подмосковья и установил в основном контуры и характер обширного бассейна межпластовых напорных вод, площади питания водоносных толщ, их водообилие и химический состав водных растворов. Уже в 1888 г. были опубликованы результаты его исследований в отчете «Гидрогеологические изыскания к проекту водоснабжения г. Москвы», имевшем большое практическое значение. В 1890 г. были изданы две фундаментальные монографии С. Н. Никитина: «Общая геологическая карта России, лист 57» и «Каменноугольные отложения Подмосковного края и артезианские воды под Москвой». Этим было положено начало гидрогеологическому исследованию артезианских вод Подмосковной палеозойской котловины.

Следующим важным этапом становления региональной гидрогеологии в России были исследования И. В. Мушкетова, С. Н. Никитина и других ведущих сотрудников Геологического комитета, принимавших участие в работах экспедиции Министерства земледелия и государственных имуществ по выяснению возможностей искусственного обводнения засушливых районов. И. В. Мушкетов после личного осмотра верховьев Дона с целью организации обводнительных работ вообще и устройства прудов в частности выработал программу геологических исследований, которая вошла в общую инструкцию экспедиции по земельным улучшениям. «По этой программе Н. К. Высоцким в 1892 г. были выполнены гидрогеологические исследования Задонского уезда Воронежской губернии, с составлением гидрогеологической карты в масштабе 3 версты в дюйме» [12, с. 106, 107]. С. Н. Никитин произвел (вместе с И. П. Кравцовым) гидрогеологические исследования на ряде участков Воронежской, Самарской, Симбирской и Саратовской губерний. В результате этих исследований он составил в 1893 г. общую инструкцию по проведению гидрогеологических исследований (1893—1895 гг.).

Наконец, в 1894 г. «начались исключительные по широте комплексные работы Экспедиции по исследованию источников главнейших рек Европейской России под общим начальством А. А. Тилло. Экспедиция состояла из отделов геодезического, гидрогеологического, лесоводственного и гидротехнического. Гидрогеологическим отделом руководил С. Н. Никитин» [45, с. 9]. Этот отдел осуществлял и почвенные исследования под общим руководством В. В. Докучаева.

Вряд ли уместно перечислять здесь другие результаты гидрогеологических исследований С. Н. Никитина и отмечать их основное содержание, научное и практическое значение. Это сделал уже Д. И. Гордеев [12, с. 102—112], обосновав вывод, с которым согласны почти все ведущие советские гидрогеологи: С. Н. Никитин вместе с А. Добре создали начала региональной гидрогеологии. В Германии в эти годы преобладало гидрологическое направление — источниковедение.

Одновременно специалисты по гидродинамике стали заниматься подпочвенными водами (К. Э. Лембке, Н. Е. Жуковский, 1886 г.). Выдающийся теоретик в области гидромеханики и аэродинамики Н. Е. Жуковский заинтересовался результатами наблюдений К. Э. Лембке (1886 г.) за изменениями уровня воды в колодцах Костромской губернии и развил его первые теоретические основы предвычисления этих явлений. Как известно, К. Э. Лембке впервые сделал допущение, которое теперь называется «методом последовательной смены стационарных состояний системы» (поровой воды), в

решении задачи по неустановившемуся движению флюида. Ему же принадлежит первое, по-видимому, исследование осушения водоносного слоя при наличии горизонтальной дрены и водозаборной скважины [39].

В 1889 г. появилось «Теоретическое исследование о движении подпочвенных вод» Н. Е. Жуковского. В это же время он обратил внимание на зависимость притока воды в выработку от атмосферного давления. Наблюдения показывали, что высота уровня грунтовой воды в буровой скважине уменьшается с увеличением атмосферного давления и увеличивается с его уменьшением. Он объяснил это тем, что при падении давления упругие пузырьки воздуха, находящегося в водоносном слое, расширяются и выталкивают грунтовую воду. Уровень ее в колодцах поднимается, а родники бьют сильнее. При увеличении давления наблюдаются противоположные явления. Обо всем этом Н. Е. Жуковский сообщает в статье «О влиянии давления на насыщенные водою пески» (1890 г.). П. Я. Полубаринова-Кочина [39, с. 13] отмечает, что «Н. Е. Жуковский называл грунтовые воды **подпочвенными** и говорил о **просачивании** их под плотинами. Эти выражения дают наглядное представление о том, какое явление рассматривается. Укоренившийся у нас термин **фильтрация** равносителен понятию просачивания, т. е. медленного движения в пористой среде». Отметим, кстати, что французы и англичане до сих пор просачивание не называют фильтрацией. Предпочтение, отданное русскими гидрогеологами термину «фильтрация», трудно понять, поскольку он выражает технологическое, а не физико-геологическое понятие. Замена русских терминов «подпочвенные воды», «просачивание» терминами, соответствующими мифическим «подземные воды» Платона и технологическому «фильтрация», не способствовала углублению и уточнению основных понятий гидрогеологии<sup>4</sup>.

Начала региональной гидрогеологии изложены кратко и достаточно ясно в четырех научно-популярных лекциях С. Н. Никитиным [33].

Содержание безусловно оригинальной книги С. Н. Никитина, первого гидрогеолога, избранного в члены-корреспонденты Петербургской Академии наук (1903 г.), было известно многим ведущим геологам нашим современникам. Поэтому кажется странным, что обобщающие идеи и суждения Никитина не приводятся в некоторых распространенных курсах общей гидрогеологии. Напомним здесь шесть узловых положений, сформулированных С. Н. Никитиным.

1. Объект гидрогеологии — «внутренняя ветвь круговорота воды» на Земле; изучение этой ветви «имеет особенно важное значение для многих отраслей знания и практической деятельности»; исследования явлений переноса воды в земной коре «столь сложны и отличаются такую своеобразностью от остальных частей гидрогеологии, что выделяются под именем гидрогеологии в специальную отрасль знания» [33, с. 5].

2. Почвенно-грунтовой комплекс как водосодержащая и водопроводящая система формируется и развивается под влиянием трех главных факторов литолого-петрографического, морфометрического и зонально-поясного климатического. Эти системы, как правило, зональны и аazonальны в одно и то же время, поскольку состав, строение и свойства почвенно-грунтовой толщи и ее положение в мезорельефе различны внутри одной и той же полосы широт, что неоднократно отмечал редактор книги С. Н. Никитина В. В. Докучаев.

<sup>4</sup> Французскому слову «фильтрация» соответствует русское «процеживание».

3. Водоносность (точнее — водоемкость) слоев, толщ и линз горных пород, слагающих подпочву, тем больше, чем меньше их водопроницаемость (водопроницаемость); глины и пылеватые суглинки, как правило, более водоемки, чем пески и песчано-галечные и песчано-щебенчатые смеси.

4. Водонепроницаемость глинистых пород относительна; при больших абсолютных значениях и градиентах давления (напора) в толщах таких пород они пропускают воду (она перетекает через них, как выражаются теперь).

5. Концентрация водных растворов, насыщающих палеозойские породы Московской синеклизы, возрастает с углублением во все более низкие ярусы карбона и девона. Этим самым была вторично, после Добре (1887 г.), отмечена вертикальная гидрогеохимическая зональность, вновь открытая некоторыми гидрогеологами 30 лет спустя.

6. Необходимо уметь не только находить, разведывать и эксплуатировать месторождения внутриземных вод, но и научиться охранять их от истощения и загрязнения.

Развитие суждений С. Н. Никитина привело бы, несомненно, к более быстрому углублению гидрогеологических знаний. Но этим занимался один И. В. Мушкетов, сотрудник и руководитель первых региональных исследований, выполненных С. Н. Никитиным. Роль И. В. Мушкетова в гидрогеологии недооценивается или совсем замалчивается некоторыми авторами трудов по истории гидрогеологии. Лишь Д. И. Гордеев [12, с. 154] отмечал: «Наряду с С. Н. Никитиным крупную роль в становлении русской гидрогеологии в конце XIX в. играл И. В. Мушкетов. Будучи в течение многих лет профессором Горного института в Петербурге, он в 1883 году издал в качестве учебного пособия второй том капитального труда под названием «Физическая геология» (второе издание вышло в 1903 году и 1905 году и третье — в 1926 году). В одной из глав этого сочинения было впервые в русской литературе изложено учение о подземных водах. Это было первое руководство по основам гидрогеологии. М. В. Мушкетов неоднократно выступал в печати по такому теоретическому вопросу гидрогеологии, как происхождение источников подземных вод, а также о значении подземных вод для сельского хозяйства».

В упомянутом уже «Кратком очерке истории геологии» [52] И. В. Мушкетов справедливо назван создателем основ гидрогеологии. Он сыграл выдающуюся роль в становлении русской гидрогеологии как исполнитель и руководитель первых региональных работ.

Стремление исследовать медленные экзогенные процессы, глядя на их следствия — геологические явления, проявилось как яркая и основная особенность геологов петербургской школы, созданной В. В. Докучаевым. Эта особенность исследовательской и педагогической деятельности И. В. Мушкетова ярко отразилась в определении содержания, построения и изложения всего курса лекций, изданного под названием «Физическая геология».

«Сознание необходимости изучения современных геологических процессов в связи с историей земли,— писал И. В. Мушкетов,— породило особый, более объяснительный, чем описательный отдел геологии [курсив наш.— П. Ш], который вследствие своего сравнительно недавнего возникновения, не только определяется, но и называется различно».

«Физическая геология,— продолжал И. В. Мушкетов,— вполне уместна наряду с динамической геологией, являясь вместе с тем в некоторых отноше-

ниях и шире последней. Хотя понятия общая геология и физическая геология близки по значению, все же следует учитывать, что в понятие общей геологии нередко включается стратиграфия». Поэтому «...для ясности мы и придерживаемся термина физическая геология<sup>5</sup>». Эта наука, «изучая современные геологические процессы, с одной стороны, стремится выяснить прошедшие изменения Земли, а с другой,— пытается определить будущие изменения ее» [32, с. 6]. Как мы видим, здесь уже налицо идея о физико-геологических прогнозах. Физико-геологические эксперименты рассматриваются в качестве нового и необходимого направления в геологии, позволяющего углубить и уточнить намеченные закономерности изучаемых явлений.

Обширная IV глава первой части II тома «Физической геологии» [32, с. 213] начинается прямо с переноса воды между атмосферой и почвенно-грунтовым комплексом. Не вдаваясь в бесплодный спор сторонников исключаящих одна другую гипотез происхождения подпочвенных вод, И. В. Мушкетов отмечает, что некоторая часть атмосферных осадков «поглощается почвою, проникает в глубину земной коры и служит для питания подземных вод». Составляя эту главу — основу гидрогеологии, автор использовал 183 литературных источника, более 100 иностранных, включая фундаментальные труды Э. Мариотта, А. Добре, Ж. Дюпюи и др. Главное внимание автора направлено на изучение процессов и условий формирования и развития водообменных геосистем. И. В. Мушкетов большое место уделил происхождению не самой подпочвенной воды, а источников и стоков внутриземных вод и водных растворов, а также их режиму. В плане выработки стройной системы основных гидрогеологических понятий различение смысла выражений «происхождение внутриземных вод» и «происхождение родников» строго необходимо.

Огромное значение фундаментального труда И. В. Мушкетова для развития общей геологии отметил А. П. Карпинский [21]. Появление «Физической геологии» знаменовало переход некоторых разделов геологии из описательной в основном стадии развития в объяснительную и предсказательную стадии.

После внезапной смерти И. В. Мушкетова (в 1902 г.) созданная им физическая геология изучалась и широко использовалась, но значительного развития не получила. «Неурядицы, часто уничтожавшие результаты усиленных забот», как характеризовал А. П. Карпинский [21, с. 206] обстановку, в которой работал И. В. Мушкетов, преследовали его и после смерти. Заложенные Мушкетовым основы гидрогеологии долгое время не развивались, труды его не переиздавались. Зато переводились и печатались труды сомнительной ценности, изданные за границей почти 30 лет назад. Ярким примером служит большая статья А. Соловьева «Новая теория происхождения грунтовых и ключевых вод», опубликованная в «Землеведении» за 1905 г. Состоит она из сокращенного изложения перевода речи немецкого инженера Г. Фольгера (1887 г.), выдвинувшего одностороннюю гипотезу происхождения грунтовых вод путем конденсации пара из воздуха, проникающего в почвенно-грунтовой комплекс. Кроме этой претенциозной речи, А. Соловьев поместил краткие изложения трудов Ф. Моора (1901 г.), И. Зоннтага (1890 г.) и других немецких ученых, выступавших в защиту «новой

<sup>5</sup> Под названием «Физическая геология» за 11 лет до этого был издан труд английского геолога У. Л. Грина [61].

теории» Фольгера. Доводы противников ее не приведены. Все это — через два года после того, как во втором издании «Физической геологии» было замечено: «...общее распространение получила в XVIII столетии после работ Мариотта... идея о происхождении источников из атмосферных осадков»; она «была проверена систематическими наблюдениями и получила общее признание».

В настоящее время если и появляются изредка попытки объяснить происхождение источников другим способом, то все они основываются на каких-либо частных фактах, не могут иметь общего значения и не вызывают никакого сомнения в справедливости основного положения о зависимости источников от атмосферных осадков. Так, нельзя отрицать возможность образования некоторых источников из водяных паров, проникающих в недра земли снаружи или с горизонта грунтовых вод. Но, с другой стороны, нельзя признать справедливым заключение Фольгера, что вся вода, содержащаяся в почве и служащая для питания источников, произошла только от сгущения паров. Точно так же нельзя придавать универсальное значение водяным парам, поднимающимся снизу из вулканических очагов, например на склонах Стромболи, Этны и особенно на Тенерифском пике, где отверстия, выводящие пар, называются «ноздрями пика» [32, с. 233, 234].

Через 12 лет после выхода работы об основах гидрогеологии [32] появилось в России переведенное с немецкого «Полное научное руководство по подземной гидрогеологии» [22]. Автор его хотя и отмечает, что «учение об источниках и подземных водах» опирается на геологию, химию и физику, в трактовке предмета придерживается географо-гидрологических позиций.

В книге А. А. Краснопольского [24] сравнительно высокий уровень развития гидрогеодинамики, изложены имевшиеся к тому времени результаты теоретических исследований, наблюдений самого автора за просачиванием воды через трещиноватые горные породы и подтвержден «нелинейный закон фильтрации», намеченный до него Ж. Дюпю.

Особенность позиций специалистов по подземной гидрологии состоит в том, что придерживающиеся их видят в основном внешние проявления гидрогеологических процессов — родники (источники) внутриземной воды и стоки речной и озерной воды в подпочву по макропустотам. Эти явления действительно интересны и важны; они начали изучаться прежде всего гидрологами как источники и стоки рек. В этом направлении очень много сделала «Экспедиция для исследования источников главнейших рек Европейской России» (1894—1903 гг.). Участие в работах этой экспедиции гидрогеологов С. Н. Никитина и П. Ф. Погребова не изменило общей гидрологической ее направленности. Руководитель экспедиции А. А. Тилло полагал, что грунтовые и вообще подземные воды составляют сами по себе обширную область, относящуюся к подземной метеорологии.

«Во вторую половину XIX в., — утверждали Г. Н. Каменский, М. М. Толстихина и Н. И. Толстихин [20, с. 9] — учение о подземных водах оформляется в самостоятельную дисциплину — гидрогеологию. Крупную роль в становлении этой дисциплины сыграли А. П. Карпинский, И. В. Мушкетов, Н. А. Соколов, В. Д. Соколов и особенно С. Н. Никитин, Н. Ф. Погребов, А. Д. Стопневич, В. В. Докучаев и их ученики». Дальше ведущие гидрогеологи СССР справедливо отмечают: «И. В. Мушкетов был одним из основоположников русской гидрогеологии» [20].

Монография Г. Н. Каменского, М. М. Толстихиной и Н. И. Толстихина — исключение в значительном ряду обобщающих трудов по гидрогеологии, опубликованных в 50—70-е годы. Чем же объяснить замалчивание имен И. В. Мушкетова и С. Н. Никитина авторами первых и некоторых современных учебников по гидрогеологии? Во всяком случае не только забвением их роли в создании начал гидрогеологии. Нельзя сбрасывать со счетов принципиальное расхождение авторов первых учебников по гидрогеологии с создателями ее начал — С. Н. Никитиным и И. В. Мушкетовым. Подтвердим это фактами.

Составитель первого отечественного учебника гидрогеологии П. Н. Чирвинский [54] поддержал и даже развил гидрометеорологическое понимание содержания этой стыковой дисциплины. В определении объекта и места гидрогеологии в системе наук о Земле он пошел за гидрологом В. Г. Глушковым [11]. «Гидрогеология, или наука о воде и ее режиме под землей, представляет часть гидрологии. Последняя, если оставить в стороне учение о физике и химии воды, т. е. учение о воде как веществе, состоит, вообще говоря, из таких специальных отделов: 1) гидрометеорология (вода в атмосфере) и гидроаэрология (вода в верхних слоях атмосферы); 2) океанология (учение об океанах и морях); 3) лимнология (учение об озерах); 4) гляциология (учение о ледниках); 5) потамология (учение о реках); 6) гидрогеология (учение о подземных водах: грунтовых артезианских и минеральных)».

Не задерживаясь на правомерности включения водяных паров стратосферы в перечень объектов гидрологии (науки о воде), отметим «оставление в стороне учения о физике и химии воды, т. е. учения о воде как веществе» создателями «науки о воде и ее режиме под землей». В этом мы видим доказательство от противного тезиса: гидрология, и тем более гидрогеология — наука не о воде.

Ясное и строгое определение понятия об объекте гидрологии мы находим в трудах выдающегося советского гидролога М. А. Великанова: «Вопреки своему названию («хюдор» — по-гречески «вода»), гидрология есть наука не о воде как физическом веществе, а наука о расположении и деятельности водоемов и водных скоплений на поверхности земного шара, или, иными словами, наука о процессах, в них происходящих [4, с. 9].

Событием, заслуживающим внимания, было признано появление монографии О. Э. Мейнцера «Месторождения (местонахождение) грунтовых вод в США» [62]. Редакторы перевода, ведущие ленинградские гидрогеологи П. И. Бутов, Н. Ф. Погребов и другие отметили оригинальность в выборе основного объекта и в построении книги, содержащей следующие главы: I. Условия нахождения подпочвенных вод; II. Типы пород, их влагоемкость и водопроницаемость; III. Структуры земной коры и их влияние на водоносность и проявления подпочвенных вод; IV. Водоносные толщи и массивы горных пород США.

Редакторы перевода отметили то обстоятельство, что оригинальный труд О. Э. Мейнцера «прошел как-то мимо русского читателя». То же самое можно сказать о другом его труде — «Гидрогеологические понятия, определения и термины» (1931 г.), который был опубликован в том же 1933 г. и переведен у нас по инициативе выдающегося ленинградского гидрогеолога Н. Н. Славянова [47, 48]. Объясняется это, по-видимому, тем, что гидрогеологи московской школы П. Н. Чирвинский [54], О. К. Ланге [25],

Ф. П. Саваренский [42, 44] не пошли по физико-геологическому направлению, намеченному и частично с большим успехом пройденному И. В. Мушкетовым и С. Н. Никитиным и продолженному О. Э. Мейнцером.

Системный подход О. Э. Мейнцера к грунтовой (вообще подпочвенной) воде — составной внутренней части литосферы, отразился в самих названиях его ранних статей по региональной гидрогеологии и в его монографии [31]. В ней представлены обобщенные результаты исследований подземных вод, водосодержащих и водопроявляющих геосистем — слоев, толщ и массивов горных пород, т. е. многокомпонентных гетерогенных образований. Водный раствор в них — лишь подвижная и в физико-химическом смысле слабо связанная с твердыми минералами<sup>6</sup> часть системы. Нахождение воды или водных растворов в том или ином объеме литосферы определяется составом, структурой и текстурой горных пород, составляющих данный объем — другими словами, геологией его.

При рассмотрении ряда гидрогеофизических вопросов (об условиях нахождения и движения подпочвенной воды) О. Э. Мейнцер использует данные физических экспериментов и теоретических выводов, сделанных физиками. Так, в решении сложной проблемы существования эффективной (в смысле водопроницаемости) пористости и трещиноватости в горных породах, залегающих на больших глубинах, он опирается на заключение выдающегося физика Бриджмена: «Мелкие пустоты, через которые могут просачиваться жидкости, существуют в крепких породах на глубине, где давление равняется 6000 или 7000 мг на 1 см<sup>2</sup>, а может быть и более» [31, с. 47]. Таким образом, идеи монографии О. Э. Мейнцера совпадают с направлением, соединяющим «Физическую геологию» И. В. Мушкетова с «Введением в физическую геологию» американских геологов и геофизиков [63]. Такое направление в гидрогеологии представляется более плодотворным и перспективным, чем геолого-гидрологическое.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ СОВЕТСКОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ В ГОДЫ ПЕРВЫХ ПЯТИЛЕТОК

Они были правильно поставлены и всесторонне обсуждены на I Всесоюзном гидрогеологическом съезде, подготовленном и созванном Союзгеоразведкой ВСНХ и Академией наук СССР. Съезд состоялся в конце третьего года I пятилетки (25—31 декабря 1931 г.) в Ленинграде; собрались 570 делегатов от 142 организаций. Им предстояло обсудить ряд сложных теоретических и научно-производственных (методических) проблем, стоящих перед гидрогеологами.

Гидрогеология обогатилась к этому времени несколькими выдающимися трудами по гидрогеодинамике и гидрогеохимии. Известный советский специалист по гидравлике и гидромеханике Н. Н. Павловский опубликовал две оригинальные монографии, имеющие исключительное значение для развития гидрогеодинамики: «Теория движения грунтовых вод под гидротехническими сооружениями и ее основные приложения» (1922) и «Неравномерное движение грунтовых вод» (1930). С большим интересом изучая эти труды,

<sup>6</sup> Тонкие пленки молекул H<sub>2</sub>O, связанных с поверхностью частиц скелета породы. О. Э. Мейнцер не включал в массу подпочвенной воды.

а также «Гидравлику» Н. Н. Павловского, гидрогеологи видели в них классическое сочетание математической строгости, ясности и краткости текста, свободного от наукообразия и иностранных синонимов русских терминов. Сносным усвоением таких фундаментальных понятий, как «потенциальная функция» и «полный дифференциал функций двух-трех независимых переменных», мы, студенты МГРИ начала 30-х годов, обязаны Н. Н. Павловскому. По словам П. Я. Полубариновой-Кочиной [39, с. 12], Н. Н. Павловским была создана строгая и вместе с тем доступная инженерам математическая теория движения грунтовых вод.

На II Всесоюзном гидрологическом съезде в 1928 г. была доложена и обсуждена первая генетическая классификация подземных вод, составленная геологами А. М. Жирмунским и А. А. Козыревым [17]. Они выделили три генетических типа внутриземных вод: вадозные, ювенильные и ископаемые. Первый тип делится на классы вод: инфильтрационных, конденсационных и инфлюационных; второй — на классы вод: магматических, дегидратационных, синтетических и конденсационных; третий — на классы вод: континентальных и морских ископаемых. Эта классификация до сего времени не потеряла своего значения, что подтверждается усилением интереса к синтетическим водам. Касаясь классификации внутриземных вод по их положению в земной коре, А. М. Жирмунский и А. А. Козырев «особенно возражали против термина „грунтовые воды“, указывая, что под именем грунтовых вод в иностранной литературе подразумеваются подземные воды вообще, почвенные и грунтовые в нашем смысле слова, и артезианские. Они предлагают термин „грунтовые воды“, не употреблять вовсе и заменить его другим термином, который особенно распространен во французской литературе и отчасти применяется и в немецкой литературе — „свободные воды“» [25, с. 69]. Так обернулось пренебрежение к понятию, составленному нашими соотечественниками Г. П. Гельмерсеном и Н. Е. Жуковским и обозначенному термином «подпочвенные воды». Он однозначен и является синонимом французского и немецкого — «свободные воды» и значительно уже английского «грунтовые воды».

Начало первой пятилетки (1929—1932 гг.) ознаменовалось рядом крупных событий в гидрогеологии. Зарождавшаяся гидрогеохимия получила глубокое и широкое развитие в двух работах В. И. Вернадского: «О классификации и химическом составе природных вод» [5] и «Пластовые воды биосферы и стратисферы» [6]. Гидрогеохимические проблемы, поставленные в этих выдающихся трудах, оказались совершенно новыми и довольно сложными. Чисто химический подход В. И. Вернадского к природным водам, в число которых он включил пары и кристаллы  $H_2O$ , все типы, классы, роды и виды водных растворов, включая рассолы, а также их модификации, прочно связанные с поверхностью твердых частиц породы, создал большие трудности в создании классификации подземных вод. Учитывая это, В. И. Вернадский исключил пары и кристаллы  $H_2O$  из рассмотрения, сосредоточив внимание на водных растворах — «минералах группы воды». Число таких минералов в природе превышает 300 и достигает, видимо, 1000. Отнесение природных вод и водных растворов к множеству самостоятельных минералов противоречит важнейшему и строгому понятию «минерал», которое было составлено и определено самим В. И. Вернадским: «физически или химически индивидуализированный продукт земных химических реакций, состоящий из химических молекул». Возникла необходимость в уточнении основного и про-

стейшего, казалось бы, понятия, выражаемого однозначным термином «вода»; она вызвала дискуссию, начатую О. К. Ланге [26].

Выход в свет «Краткого курса гидрогеологии» О. К. Ланге [25] следует считать третьим важным событием, предшествовавшим I Всесоюзному гидрогеологическому съезду. Этот курс гидрогеологии составлен из лекций и практикума, которые автор вел в течение ряда лет в Московском и Среднеазиатском государственных университетах. При составлении некоторых глав он воспользовался рукописными материалами Г. И. Архангельского, Г. Н. Каменского, М. М. Решеткина и Н. М. Победоносцева.

Определяя понятие «гидрогеология» как учение о подземных водах, О. К. Ланге не относит его (в отличие от П. Н. Чирвинского) ни к гидрологии, ни к геологии. «По своему содержанию гидрогеология является наукой промежуточной между геологией — наукой о земной коре, и гидрологией — наукой о водной оболочке земли, гидросфере» [25, с. 8]. Возникает вопрос: кроме подземной воды, как таковой, какие же процессы, связанные с ее наличием, состоянием и движением в земной коре, изучает гидрогеология? Ответ на него находим в том же курсе гидрогеологии: «Вода представляет минеральную массу высокой подвижности, она не инертна и мигрирует в земной коре. Кроме того, она является почти универсальным и часто очень энергичным растворителем. Растворяя минеральные массы земной коры в одном месте, вода, передвигаясь, уносит их в другие области земной коры, где при благоприятных условиях и может их отложить. Благодаря этому вследствие подвижности воды происходит и перемещение, а в некоторых случаях и концентрация твердых минеральных масс. Вот эта динамичность и растворяющая способность воды и заставляет выделить ее из ряда других полезных ископаемых, содержащихся в земной коре» [6]. После этого кажется вполне обоснованным и необходимым отнесение гидрогеологии к системе геологических наук, изучающих земную кору, действующие в ней процессы и явления, связанные с гидрометеорологическими явлениями, происходящими в других геосферах, — атмосфере и гидросфере.

Краткий курс гидрогеологии О. К. Ланге весьма содержателен и написан в стиле, располагающем к раздумью, пополнению эмпирического материала путем наблюдений и опытных работ и к дискуссиям по нерешенным вопросам.

I съезд гидрогеологов СССР интересен еще и тем, что на нем присутствовали и выступали три выдающихся геолога-академика: В. И. Вернадский, И. М. Губкин и А. П. Карпинский. Они не были только почетными гостями съезда, но активно готовились к нему и выступали; каждый из них занимался проблемами, связанными с гидрогеологией. Материалы I гидрогеологического съезда отражали уже ту особенность советской науки, о которой скажет через 15 лет академик С. И. Вавилов: «Советская наука, далекая от крайностей, сочетает в себе здоровый, сильный практицизм, определяемый задачами социалистического строительства, с той внутренней логикой научного мышления, которая требуется для правильной постановки и решения научных проблем». Основные гидрогеологические проблемы, задачи и соответствующие им организационные формы работы гидрогеологов содержались в речи академика И. М. Губкина. Он высказывался о состоянии и условиях быстрого роста гидрогеологии как науки, находящейся в стадии становления. Глава советских геологоразведчиков говорил: «Нам необходимо на методологические вопросы обратить самое серьезное внимание... Гидрогеология является наукой новой, наукой, так сказать, без особых отяг-

чающих ее традиций, в нее метод марксистско-ленинский нужно ввести с самого начала. Здесь он даст блестящие результаты» [13, с. 18].

И. М. Губкин определил место гидрогеологических работ в системе поиск—разведка—эксплуатация месторождений полезных ископаемых. «Гидрогеологические работы должны опережать работы по изысканию наших минеральных ресурсов, и если геологоразведочная работа по минерально-сырьевой базе должна идти впереди промышленности, то гидрогеология должна не только идти впереди промышленности и других сторон народного хозяйства, но должна опережать эксплуатационные геологоразведочные и поисковые работы» [13, с. 20]. Эти идеи И. М. Губкина — организатора и первого руководителя советской геологоразведочной службы — актуальны до сих пор [14].

Созвучен речи академика И. М. Губкина по глубине и обоснованности принципиальных положений доклад руководителя сектора гидрогеологии ЦНИГРИ Б. К. Терлецкого «Основные итоги и ближайшие задачи теоретических и методологических работ и практические достижения в области гидрогеологии и инженерной геологии» [51]. Связь итогов и задач, а также направлений развития, теоретических, методологических и практических работ гидрогеологов показана в докладе ярко и убедительно. Вспомним те части доклада, которые касаются методологии и истории советской гидрогеологии. Начнем с последней.

В докладе рассмотрена история формирования региональной гидрогеологии в России (1882—1917 гг.) стройно и в тесной связи с социально-экономическим развитием страны, история развития гидрогеологических работ в СССР за 13 лет (1918—1931).

Заявляя о необходимости планового и комплексного изучения внутриземных водных ресурсов экономических районов, Б. К. Терлецкий уже тогда поставил перед гидрогеологами научно-техническую задачу, о которой большинство их заговорило лишь через 20—25 лет. «Сейчас, наряду с прямой задачей — найти и дать воду, перед гидрогеологами вырастает и обратная задача — избавиться от громадных количеств испорченной и отработанной воды, когда она пройдет через заводские процессы и через весь быт и желудки населения» [51, с. 22].

Отметив ряд крупных научных и практических достижений гидрогеологии, докладчик, отражая мнение оргкомитета съезда, сказал, что советская гидрогеология, оказавшись перед новыми и сложными задачами, «полностью эти задачи не выполнила и не заняла положение научной дисциплины, опережающей своими работами хозяйственные запросы» [51, с. 35].

Отмечая недостаток квалифицированных кадров, безусловно лимитирующий развитие гидрогеологических работ, главную причину отставания гидрогеологии докладчик видит в неразработанности теории и методик; он останавливается, в частности, на принципиальных разногласиях по основному вопросу — о содержании и направлениях развития этой отрасли знания. Само название нашей науки «гидрогеология» является ли окончательно установленным и общепринятым?

«Нередко мы наблюдаем его замену названием «учение о подземных водах». Одно ли это и то же? [51, с. 36]. В выборе классификационных трудов, характеризующих объекты гидрогеологии, проявляется слишком богатый субъективизм. Путь, который может, по убеждению Терлецкого, привести «к разрешению проблемы основной классификации, должен пройти через изу-

чение гидрогеологического процесса в гидрогеологическом районе» (с. 41). Этими словами намечался необходимый переход от описания явлений — родника, притока воды в колодец, скважину, шахту и поглощение потоков породами с макропустотами — к следующему этапу развития гидрогеологии — изучению процесса. Но для этого нужна система исходных понятий, а не простой набор терминов, имеющих уже другое, всем известное значение.

К таким терминам относится, в частности, французское слово «район», обозначающее административно-территориальную единицу. Понятие «гидрогеологический процесс» не было определено, глубокое и перспективное содержание его не раскрыто. Прежде всего следовало указать, в чем, в какой природной материальной системе происходит гидрогеологический процесс. Район не является такой системой. «Интересно отметить тот факт, что в рукописной инструкции Гидрогеологического комитета (1928 г.) для составления районных геологических очерков понятие о гидрогеологическом районе считается настолько ясным, что его определение даже не приводится» (с. 41).

Понятие, обозначаемое термином «гидрогеологический район», не определено логически строго и далеко не так ясно, как об этом можно было бы судить по факту распространенности данного термина в литературе и по факту его обиходности в гидрогеологических кругах. Такое положение в гидрогеологии свидетельствовало о недостатке внутренней логики, с которой начинается любая наука.

Логически оправданный подход к составлению и определению понятия о природной материальной системе, в которой протекает гидрогеологический процесс, должен был привести к отказу от обозначения ее словами «гидрогеологический район». Через 28 лет один из участников первого гидрогеологического съезда, критически оценив это определение понятия об объекте региональной геокриологии, сделал смелый шаг в этом направлении. «Понятие «гидрогеологический район» само по себе неопределенно и беспредметно. Когда представляешь себе карту гидрогеологического района, то всегда связываешь его с определенными гидрогеологическими элементами, вложенными в определенные пространственные рамки. Гидрогеологический район — чего?» [27, с. 26].

Ответа на этот вопрос нельзя было дать; следовало признать этот логический тупик, созданный предпочтением названия знаниям, и составить научное понятие об объекте региональной гидрогеологии. Так и поступил молодой гидрогеолог Г. Н. Каменский. С конца 20-х годов он стал выделять «гидрогеологические типы» земной коры по трем основным признакам.

Гидрогеологический тип — это внутренне однородный блок земной коры, характеризующийся комплексом гидрогеологических признаков и явлений, в число которых входят: 1) распределение водоносных пластов в толщах горных пород, слагающих местность; 2) положение водоносных горизонтов по высоте и его отношению к элементам рельефа; 3) глубина их залегания; 4) выходы подземных вод на поверхность и распределение выходов по рельефу; 5) свойства водоносных горизонтов по отношению к составу и водопроницаемости пород и к составу самих вод. По существу перед нами гидрогеологический вид, т. е. основной элементарный объект региональной гидрогеологии; именно он и представляет ту природную материальную систему, в которой протекает «гидрогеологический процесс». А так как этот процесс можно свести к переносу воды (водных растворов) или водообмену в системах литосфера—почва и литосфера—водоем, то понятия «гидрогеологический вид»

и «гидрогеологический процесс» объединяются в более емкое понятие — «вид водообменной геосистемы». Понятие о водообменной геосистеме было составлено несколько лет тому назад [55, 56]. Подход к систематизации водообменных геосистем был намечен лишь в 1975 г. — через 45 лет после Первого Всесоюзного гидрогеологического съезда. В основном докладе на этом съезде уже отразились методологические положения, развитие которых в последующем помогло бы последовательному преодолению отставания и болезни роста отечественной гидрогеологии. Тогда она еще не вышла из «стадии экспериментально-описательного познания» (из резолюции съезда, см.: Водные богатства недр Земли на службу социалистическому строительству, 1932, сб. 1, с. 31).

За этой стадией должно было последовать восстановление и укрепление связи гидрогеологии с физикой, давшей такие плодотворные результаты в трудах М. В. Ломоносова, Г. де Тюрри, И. В. Мушкетова. Связь гидрогеологии с физикой (не только через гидромеханику) обеспечивала быстрый переход первой из описательной стадии развития в объяснительную и предсказательную. Но этого не произошло из-за недооценки значения физических методов в решении гидрогеологических вопросов, что отметил почвовед-физик А. Ф. Лебедев. «Когда делаются попытки от геологических предпосылок подойти, например, к решению вопроса о происхождении грунтовых вод и т. п., то следовало бы иметь в виду, что в подобных случаях мы вступаем в область физики и ее методов и что геологические наблюдения в таких вопросах должны быть приняты лишь к сведению как исходный материал для соответствующей организации эксперимента» [30, с. 4].

Приходится только сожалеть, что основной докладчик I Всесоюзного гидрогеологического съезда горячо возражал А. Ф. Лебедеву, полагая, что гидрогеология — наука геолого-гидрологическая. Эта полемика похожа на спор двух основоположников советской гидрологии — В. Г. Глушкова и М. А. Великанова. Первый считал, что основной метод развития гидрогеологии — географо-гидрологические исследования суши. Свой доклад на I Всесоюзном географическом съезде он так и озаглавил: «Географо-гидрологический метод». Второй противопоставлял ему физический или геофизический метод. Прошло каких-нибудь 12—15 лет с тех пор, и читатели могли прочесть в лучшем учебнике по гидрологии: «В СССР выработан единственно правильный путь для дальнейшего развития научной гидрологии, путь синтеза физического анализа гидрологических явлений и широких обобщений физико-географического характера. По этому пути мы и должны двигаться дальше» [4, с. 5].

В гидрогеологии этого не произошло. До конца 30-х годов в ней не отмечалось глубокого проникновения в физико-геологическую сущность основных гидрогеологических процессов с помощью наиболее общих, например термодинамических, методов исследования таких сложных систем, как почвенно-грунтовый комплекс. Ярко обозначилось только стремление к широкому и эффективному применению механико-математических методов исследования изучаемых явлений. Этим гидрогеология выгодно отличалась от других геологических наук — петрографии, геоморфологии и тектоники.

План работы I Всесоюзного гидрогеологического съезда свидетельствовал о том, что гидрогеологи осознали необходимость совершенствования системы терминов, вошедших в гидрогеологическую литературу. Доклад об актуальности и рациональном пути упорядочения гидрогеологической

терминологии сделал профессор Ленинградского горного института Н. Н. Славянов. Он основывался на положениях, вытекающих из истории и логики развития любой отрасли знаний. Прежде чем приводить эти положения, напомним хотя бы очень кратко о сути разногласий, разделивших ведущих гидрогеологов на две группы, каждая из которых по-разному пыталась упорядочить терминологию.

Первая попытка американского гидрогеолога О. Э. Мейнцера дать точные определения некоторых терминов, употребляемых гидрогеологами, «неизбежно повела к пересмотру фактов и принципов, лежащих в основе понятий и в результате вызвала стремление связать эти факты и принципы. Скоро стало очевидно, что попытка просто собрать более или менее общепринятые термины и выбрать для них наилучшие определения дала бы ничтожные результаты, что правильным и логичным является определение понятий, заключающихся в этой отрасли знания, проверка их правильности, установление отношения одних понятий к другим и выражение их словами, насколько это позволяют трудности языка. Завершением этой работы является предыскание недостающих терминов для научных понятий» [31, с. 6].

О рациональности такого именно подхода к упорядочению гидрогеологической терминологии и доложил съезду Н. Н. Славянов (1933 г.), которому задача представлялась двуплановой: 1) непрерывная работа по детальному изучению гидрогеологических явлений и развитие — углубление и уточнение основных понятий гидрогеологии; 2) подведение итогов, полученных таким образом к настоящему времени знаний, определение новых и уточнение имевшихся понятий и выработка системы научных терминов. «Если работа в первом направлении исключительно важна для развития науки вообще и является длительной постоянной работой, вторая задача кратковременна, но неотложна и нужна для настоящего момента» [47, с. 84, 85]. Но многие гидрогеологи не согласились применять методологию и результаты работы Мейнцера и Славянова по уточнению и упорядочению гидрогеологической терминологии. О. К. Ланге выступил против них в печати [26], хотя самой задаче упорядочения терминологии придавал большое значение [28].

Съезд советских гидрогеологов способствовал расширению и углублению исследований, а также более быстрому и эффективному применению их результатов в практике освоения территорий. Ведущие гидрогеологи П. И. Бутов, Г. Н. Каменский, Ф. П. Саваренский и Н. Н. Славянов приняли непосредственное участие в гидрогеологических исследованиях по трассам будущих каналов и железных дорог. Следует отметить, что Н. Н. Славянов в 1933 и 1934 гг. работал в Дальневосточной комплексной экспедиции, исследовавшей трассу БАМ и примыкающие к ней полосы, в качестве руководителя молодых гидрогеологов.

В начале второй пятилетки были опубликованы по крайней мере три выдающихся труда, способствовавших быстрому развитию гидрогеологии: первый выпуск «Истории природных вод» В. И. Вернадского [6], учебное пособие «Гидрогеология» Ф. П. Саваренского [44] и «Основы динамики грунтовой массы» Н. М. Герсеванова (1933 г.).

Оценку значения гидрохимических исследований и обобщающих идей В. И. Вернадского, изложенных во всех выпусках «Истории природных вод» (1933—1936 гг.), дал его ученик Н. Н. Славянов. В книге Славянова «Учение В. И. Вернадского о природных водах и его значение» [48] находится полный и объективный обзор научного наследия его учителя. Приведем здесь лишь

часть заключительной главы этой книги [48, с. 110, 111]: «В. И. Вернадский рассматривает все разнообразные формы, в каких вода находится на земле — капельно-жидкую, гигроскопическую, пленочную, газообразную, твердую и ионную. Он говорит о происхождении подземных вод, как берущих начало сверху из атмосферы, так и идущих вниз из глубоких частей Земли, говорит о погребенных морских водах, переработанных диагенезом во время продолжительной и сложной геологической истории».

«В. И. Вернадский описывает свойства природных вод, типы водных равновесий — фазовые между водами в различных физических состояниях, полимерные между различными молекулами воды, ионные равновесия между водами и газами и жидкостями, твердым телом, организмами, описывает частичные силы на контактах воды и твердого тела, поверхностные пленки на воде и волосные формы воды в горных породах». И дальше. «Он предлагает свою классификацию природных вод: 1) по физическому их состоянию; 2) по величине концентрации солей; 3) по геолого-географическим признакам; 4) по газовому составу; 5) по солевому составу, — оговариваясь, что эта классификация имеет только служебный характер для порядка изложения громадного материала по природным водам; пользуясь своей классификацией по элементарному составу, он насчитывает 485 видов природных вод, сгруппированных в семейства, подцарства, царства и подгруппы» [48].

Эти выдержки показывают, сколь мало интересовал В. И. Вернадского вопрос: что же такое грунтовая, пластовая и вообще природная вода? Как геохимик, он вслед за химиками водой называет  $H_2O$  (гидрид кислорода или окись водорода) в любом агрегатном состоянии и в любой связи с другими компонентами физико-химических систем. Однозначное определение понятия, обозначаемого словом «вода», все же необходимо не только гидрогеологам, но и минералогам. Известно, что минералоги-рудники широкого геологического профиля, такие, как А. К. Болдырев и А. Г. Бетехтин, к числу минералов отнесли лишь окись водорода в твердом состоянии — лед. Появление множества вод вместо множества водных растворов, трех агрегатных состояний  $H_2O$  и ряда их модификаций не способствовало углублению гидрогеохимии и логической стройности изложения ее основ. Гидрогеохимики забыли, видимо, оговорку В. И. Вернадского, что его классификация, включающая 485 видов природных вод «имеет только служебный характер для порядка изложения громадного материала» [48, с. 111].

Одним словом, вопрос о том, что же такое грунтовая или вообще внутриземная вода, не был поставлен и тем более разрешен к выходу первого полного учебника по гидрогеологии. Его написал почвовед и геолог по образованию, исследователь В. В. Докучаева и ученик А. П. Павлова Ф. П. Саваренский, много лет своей жизни посвятивший почвенно-гидрогеологическим исследованиям. Его учебник «Гидрогеология» [44] оригинален, хотя и включает в переработанном и концентрированном виде некоторые идеи и факты, принадлежащие С. Н. Никитину, И. В. Мушкетову и П. В. Отоцкому. В определении предмета гидрогеологии Ф. П. Саваренский не пошел за С. Н. Никитиным. Отметив два известных ему направления в «науке о подземных водах» — геологическое (геология подземных вод) и гидролого-техническое (гидрология подземных вод), Ф. П. Саваренский дал такое определение этой науки: «Гидрогеология имеет предметом изучения подземные воды, их происхождение, условия их залегания, движения, свойства и усло-

вия, определяющие те или иные технические мероприятия по использованию подземных вод, регулированию их или удалению» [44, с. 7]. В этом, как и в последовавших подобных определениях гидрогеологии не учтена ее физико-геологическая основа, без которой она превращается в гидрологию подземных вод, нет, как предмета изучения, режима, ресурсов, тесно связанных с геологическими обстановками. В определении понятий «подземная вода» Ф. П. Саваренский проявил большую физическую и логическую строгость, чем другие известные гидрогеологи. К «подземным водам в собственном смысле» он отнес «капельно-жидкую воду, заполняющую пустоты и поры в горных породах, способную к перемещению в них и вытеканию или извлечению из них» (с. 13). В данном случае водой называется то, что обозначает это слово в русском языке изначально — воду. Так же определяется понятие «грунтовая вода» в трудах по гидрогеодинамике.

Большой вклад в гидрогеодинамику внес Н. М. Герсеванов. В его классическом труде «Основы динамики грунтовой массы» (1933 г.) объектом исследования является песчаное и глинистое образование, все поры которого заполнены водой, т. е. водонасыщенная рыхлая или связанная порода. Исследование взаимодействия «скелета грунта» и заполняющей его поры жидкости, выполненное Н. М. Герсевановым, помогает гидрогеологам глубже понять физико-геологические явления, вызванные водозабором. Гидрогеодинамика рассматривает одновременное движение твердых частиц и заключенной между ними воды.

#### **УГЛУБЛЕНИЕ ТЕОРИИ И ПОВЫШЕНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО ЗНАЧЕНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИИ В КОНЦЕ 30-40-х ГОДОВ**

Углублению и уточнению ряда гидрогеологических понятий способствовало целенаправленное и продуманное применение методов математического описания и моделирования гидрогеологических процессов и явлений. Применением этих наиболее общих, разработанных и формально безупречных методов исследования в гидрогеологии последовательно и эффективно занимался Г. Н. Каменский сначала в Московской горной академии, а затем в МГРИ. Делал он это, опираясь на достигнутое его предшественниками — Дюпюи, Буссинеском, Жуковским, Форхгаймером и особенно Павловским. О многогранности исследовательской и педагогической деятельности Г. Н. Каменского надо сказать особо.

Гидротехник по образованию и гидрогеолог по призванию, Г. Н. Каменский получил в Петровском институте (теперь Тимирязевская сельскохозяйственная академия) образование столь широкое, что смог хорошо изучить основы геологии и начала гидрогеологии. Он самостоятельно производит региональные геологические исследования. Результаты их были опубликованы в нескольких статьях.

Систематическое изучение и творческое применение гидродинамических методов в решении гидрогеологических задач специалистом, знающим геологию и особенности геологических методов исследования земной коры, дало значительные научные и практические результаты. Из них заслуживает упоминания большая, оригинальная и широко известная статья «Уравнения неустановившегося движения грунтовых вод в конечных разностях и применение их к исследованию явлений подпора» (1940 г.). По инициативе

Г. Н. Каменского с участием математиков решались сложные задачи расчета неустановившегося движения грунтовых вод с помощью аналоговой машины — гидроинтегратора В. С. Лукьянова.

В это же время появилось несколько выпусков серии «Гидрогеология СССР». Первый из них — «Подземные воды Курской области», составленный известным гидрогеологом Н. И. Плотниковым [38], представляет собой образец монографии по региональной гидрогеологии того и последующего десятилетия. ВСЕГИНГЕО успешно продолжил хорошее начало исследований в этом направлении гидрогеологии.

В организации ВСЕГИНГЕО (1939 г.) значительную роль сыграли Г. Н. Каменский, его ученик Г. В. Богомолов, Ф. П. Саваренский, М. Е. Алтowski, В. Н. Попов и др. Возникновение Всесоюзного организационного гидрогеологического центра было вторым после гидрогеологического съезда событием, предопределенным активным участием гидрогеологов в создании материально-технической базы социализма. Большую роль сыграл ВСЕГИНГЕО в инженерном обеспечении действий Советской Армии, отражавшей нападение немецко-фашистских орд на нашу Родину.

Ф. П. Саваренский организовал в АН СССР в 1943 г. при поддержке В. И. Вернадского Лабораторию гидрогеологических проблем. Он поставил перед ней одну узловую и комплексную проблему — закономерности формирования подземных вод. Образцом верного подхода к решению ее следует считать исследования Н. К. Игнатовича.

В работах ведущих гидрогеологов вновь проявилась важная тема — о зональности грунтовых вод. Выдающимися результатами исследований по этой теме представляются статья Г. Н. Каменского «Зональность грунтовых вод и почвенно-географические зоны» (1949 г.) и монография его ученика — И. В. Гармонова «Грунтовые воды степных и лесостепных районов европейской части СССР и их гидрохимическая зональность» [7]. Идейными истоками этих исследований послужили труды В. В. Докучаева о почвенных зонах и о зональности в минеральном царстве. Эти идеи взял на вооружение известный гидрогеолог А. Н. Семихатов, заявивший, что азональных вод нет и быть не может.

Незадолго до Великой Отечественной войны советские гидрогеологи, и в частности гидрогеохимики, начали подходить к объектам своих исследований как к термодинамическим и гидравлическим системам, чему способствовали результаты исследований известного специалиста по лечебным водам А. Н. Огильви. В 1939 г. появляется большая статья В. В. Штильмарка о гидрогеохимических полях в европейской части СССР [57], Г. В. Пыхачева и В. Н. Щелкачева об интерференции скважин и теории пластовых водонапорных систем. Отмечая дальнейшее развитие этого важного гидрогеологического понятия в статье А. М. Овчинникова «Водонапорные системы земной коры», необходимо иметь в виду, что понятие «водонапорная система» — более позднее [56], нежели «водообменная геосистема».

О содержании и состоянии науки на каждом данном этапе ее развития можно судить по содержанию и стройности изложения вузовских курсов.

Так, отражали содержание гидрогеологии учебники, составленные Г. Н. Каменским [19], А. И. Силиным-Бекчуриным [46], А. М. Овчинниковым [35], Н. А. Семихатовым [45]. Во введении к учебнику по общей гидрогеологии А. М. Овчинников так определил эту науку: «Гидрогеология — наука о происхождении, движении, развитии и распространении подземных вод

в земной коре. <...> От учения о подземных водах, распространенного за рубежом, она принципиально отличается шириной охвата природных явлений, связанных с формированием подземных вод» [35, с. 5]. Физико-математический уровень постановки и решения задач динамики внутриземных вод в середине XX в. отразился в книге П. Я. Полубариновой-Кочиной «Теория движения грунтовых вод» [39]. Основное содержание книги составляет изложение теории движения грунтовой воды, рассматриваемой как несжимаемая жидкость, в условиях, при которых фильтрация совершается по линейному закону и наличием воздуха можно пренебречь. Грунтовой водой называется гравитационная вода в грунтах, не подверженная действию сил притяжения к поверхности твердых частиц.

Мы не коснулись в очерке таких крупных и важных направлений и проблем гидрогеологии, как учение о лечебных внутриземных водных растворах, о подпочвенных водах территории с толщами мерзлых пород и т. д. В заключение можно сделать три кратких вывода.

1. Начала гидрогеологии формировались в целенаправленных физико-геологических исследованиях, начатых физиками Э. Мариоттом и М. В. Ломоносовым и продолженных в XIX в. геологами Г. де Юри, Г. П. Гельмерсеном, А. Добре, С. Н. Никитиным, И. В. Мушкетовым.

2. В формировании основ гидрогеологии решающую роль сыграли инженеры (А. Дарси, Ж. Буссинекс, А. А. Краснопольский, Н. Н. Павловский, Г. Н. Каменский и др.) и математики (Ж. Дюпюи, Н. Е. Жуковский, П. Я. Полубаринова-Кочина).

3. Гидрогеология к середине XX в. стала наукой о процессах и явлениях, связанных с наличием, сменой состояний внутриземных водных растворов, о закономерностях движения, об источниках, режиме и ресурсах их в разных ярусах земной коры. Ведущий гидрогеологический процесс — водообмен в геосистемах литосфера—почва и литосфера—водоем. Он представляет собой самый важный вид массообмена в земной коре, непрерывно развивающийся под влиянием энергообмена ее с атмосферой, космосом и мантией.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабин В. А.* О водоснабжении Москвы и проект устройства в ней артезианского колодца.— Горн. журн., 1865, т. II, с. 139—174.
2. *Бисвас А. К.* Человек и вода. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 288 с.
3. *Борисьяк Н.* Геолого-гидрологический обзор местности, орошаемой нижним течением р. Дона.— В кн.: Сборник материалов, относящихся до геологии Южной России. Харьков, 1867.
4. *Великанов М. А.* Гидрогеология суши. Л.: Гидрометеиздат, 1964. 404 с.
5. *Вернадский В. И.* О классификации и химическом составе природных вод.— Природа, 1929, № 9, с. 735—758.
6. *Вернадский В. И.* Пластовые воды биосферы и стратисферы в связи с классификацией природных вод.— В кн.: Водные богатства недр Земли на службу социалистическому строительству. М.; Л., 1933, сб. 8, с. 65—68.
7. *Гармонов И. В.* Грунтовые воды степных и лесостепных районов европейской части СССР и их гидрохимическая зональность. М.: Изд-во АН СССР, 1958. 232 с. (Тр. Лаб. гидрогеол. пробл.; Т. 17).
8. *Гельмерсен Г. П.* Об артезианском колодце в Ревеле и о вероятности достигнуть воды посредством такого же колодца в Петербурге.— Горн. журн., 1851, № 2.
9. *Гельмерсен Г. П.* Об артезианских колодцах вообще и в России в особенности. СПб., 1861.
10. *Гельмерсен Г. П.* О физических и геологических условиях Петербурга: Речь на торжественном собрании Академии наук 29 декабря 1864 г. СПб., 1865.
11. *Глушков В. Г.* О гидрологии.— Гидрогеол. вестн., 1915, № 1, с. 1—3.

12. Гордеев Д. И. Основные этапы истории отечественной гидрогеологии. М.: Изд-во АН СССР, 1954. 382 с. (Тр. Лаб. гидрогеол. пробл.; Т. 7).
13. Губкин И. М. Об основных задачах I Всесоюзного гидрогеологического съезда.— В кн.: Водные богатства недр Земли на службу социалистическому строительству. М., Л., 1932, сб. 1, с. 15—20.
14. Губкин И. М. Избранные сочинения. М.: Изд-во АН СССР, 1953, т. II.
15. Декарт Р. Рассуждение о методе с приложениями: Диоптрика, Метеоры, Геометрия. М., 1953. 217 с.
16. Де Уист. Гидрология с основами гидрологии суши. М.: Мир, 1969. Т. 1. 312 с.
17. Жирмунский А. М., Козырев А. А. Опыт новой классификации подземных вод. Л., 1929 (Тр. II Всесоюз. гидрогеол. съезда; Ч. 2).
18. Зайков Б. Д. Очерки гидрологических исследований в России. Л.: Гидрометеоздат, 1973. 325 с.
19. Каменский Г. Н. Основы динамики подземных вод. М.: Госгеолитиздат, 1943. 248 с.
20. Каменский Г. Н., Толстихина М. М., Толстихин Н. И. Гидрогеология СССР. М.: Госгеолтехиздат, 1959. 368 с.
21. Карпинский А. П. Памяти И. В. Мушкетова.— Горн. журн., 1902, № 2, с. 203—207.
22. Кейльбаек К. Подземные воды и источники. СПб., 1914. 534 с.
23. Коллинз Р. Течение жидкостей через пористые материалы. М.: Мир, 1964. 348 с.
24. Краснопольский А. А. Грунтовые и артезианские колодцы. СПб., 1912. 192 с.
25. Ланге О. К. Краткий курс гидрогеологии. М., 1931. 168 с.
26. Ланге О. К. Материалы для классификации подземных вод.— В кн.: Водные богатства недр Земли на службу социалистическому отечеству. М., Л., 1933, сб. 8, с. 69—81.
27. Ланге О. К. Подземные воды СССР. Ч. 1. Подземные воды Европейской части СССР. М.: Изд-во МГУ, 1959. 270 с.
28. Ланге О. К. О некоторых проблемах гидрогеологии.— В кн.: Сборник статей по вопросам гидрогеологии и инженерной геологии. М.: Изд-во МГУ, 1962, с. 41—49.
29. Ланге О. К. Гидрогеология. М.: Высш. шк., 1969. 366 с.
30. Лебедев А. Ф. Почвенные и грунтовые воды. М.; Л., 1930.
31. Мейнцер О. Э. Гидрогеологические понятия, определения и термины/Пер. с англ. под ред. Н. Н. Славянова. М.; Л., 1933.
32. Мушкетов И. В. Физическая геология. СПб., 1903. Т. II. 360 с.
33. Никитин С. Н. Грунтовые и артезианские воды на Русской равнине. СПб., 1900. 71 с.
34. Овчинников А. М. Современное состояние вопросов о формировании подземных вод.— Тр. Лаб. гидрогеол. пробл., 1948, т. 1, с. 36—50.
35. Овчинников А. М. Общая гидрогеология. М.: Госгеолтехиздат, 1954. 383 с.
36. Павлов А. П. Геология среди наук и главнейшие фазы ее развития.— В кн.: Зап. Геол. о-ва любителей естествознания, антропологии и этнографии. М., 1913. Ч. 1.
37. Павлов А. П. Очерк истории геологических знаний. М., 1921. 84 с.
38. Плотников Н. А. Подземные воды Курской области. М., 1939. (Гидрогеология СССР; Вып. 1).
39. Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. М.: Гостехтеориздат, 1952. 676 с.
40. Полюнов Б. Б. Очерк развития учения о почве как отрасли естествознания. М.: Изд-во АН СССР, 1948. (Тр. Ин-та истории естествознания; Т. 2).
41. Полюнов Б. Б. Избранные труды. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 692 с.
42. Приклонский В. А. Жизнь и деятельность академика Ф. П. Саваренского (1881—1946).— Тр. Лаб. гидрогеол. пробл., 1948, т. 1, с. 9—18.
43. Приклонский В. А., Лаптев Ф. Ф. Физические свойства и химический состав подземных вод. М.; Л.: Госгеолитиздат, 1949.
44. Саваренский Ф. П. Гидрогеология. М.; Л., 1933. 320 с.
45. Семихатов А. Н. Гидрогеология. М.: Сельхозгиз, 1954. 328 с.
46. Силин-Бекчурин А. И. Специальная гидрогеология. М.; Л.: Госгеолитиздат, 1951.
47. Славянов Н. Н. К вопросу о гидрогеологической терминологии.— В кн.: Водные богатства Земли на службу социалистическому строительству. М.; Л., 1933, сб. 8, с. 81—88.
48. Славянов Н. Н. Учение В. И. Вернадского о природных водах и его значение. М., 1948. 124 с.
49. Смирнов С. И. Эволюция подземной гидросферы: кинетический и палеогидроло-

- гический аспект ее изучения.— Бюл. МОИП. Отд. геол., 1976, т. 51, № 6, с. 46—59.
50. Соколов А. А., Чеботарев А. И. Очерки развития гидрологии СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 310 с.
  51. Терлецкий Б. К. Основные итоги и ближайшие задачи теоретических и методологических работ и практические достижения в области гидрогеологии и инженерной геологии.— В кн.: Водные богатства недр Земли на службу социалистическому строительству. М.; Л., 1932, сб. 2, с. 17—60.
  52. Тихомиров В. В., Хаин В. Е. Краткий очерк истории геологии. М.: Госгеолтехиздат, 1956. 260 с.
  53. Федосеев И. А. Развитие знаний о происхождении, количестве и круговороте воды на Земле. М.: Наука, 1967. 136 с.
  54. Чирвинский П. Н. Курс гидрогеологии. Ростов н/Д, 1922. 76 с.
  55. Швецов П. Ф. Физическая геология и геотехника.— Сов. геология, 1970, № 9.
  56. Швецов П. Ф., Коноплянцев А. А., Швец В. М. Содержание современной гидрогеологии и пути ее развития.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1973, № 2, с. 56—66.
  57. Штильмарк В. В. Краткий очерк гидрохимических минеральных вод Европейской части СССР. Горький, 1938, с. 63—77. (Тр. Горьк. физ.-терапевт. ин-та; Вып. 2).
  58. Biswas A. K. History of hydrology. Amsterdam; London. 1970. 260 p.
  59. Baubrée A. Les eaux southerraines à l'époque actuelle et pux époques anciennes: 3 vol. P., 1887.
  60. Davis S. N., De Wiest R. G. M. Hydrogeology. N. Y., 1966.
  61. Green W. L. Physical geology. L., 1882.
  62. Meinzer O. E. The history and development of ground-water hydrology.— J., Wash. Acad. Sci., 1934, vol. 24, N 1, p. 6—32.
  63. Verhoogen J., Turner F. J. et al. The Earth: An introduction to physical geology. N. Y., 1978.

УДК 550.83(091)

**Н. С. Афанасьева, В. А. Фараджев**

## **К ИСТОРИИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ВИДОВ РЕГИОНАЛЬНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Групповая геологическая съемка и аэрофотogeологическое картирование, которые начиная с десятой пятилетки являются господствующими видами регионального геологического изучения территории СССР, возникли на базе опытно-методических работ, начатых в 1965 г. Всесоюзным аэрогеологическим трестом (ныне — объединение «Аэрогеология»).

К этому времени в геологическом изучении страны были достигнуты большие успехи. В предшествовавшее десятилетие геологическое картирование развивалось в направлении более тесной связи с поисками полезных ископаемых и увеличения глубинности. Геологическая съемка проводилась при всевозрастающем объеме применения аэрофотометода, геофизических и геохимических методов, буровых, горнопроходческих, опробовательских и аналитических работ. По мере роста комплексности съемки повышались ее качество и поисковая результативность. Но возросшая трудоемкость съемки и перемещение ее в удаленные, плохо проходимые районы привели к значительному ее удорожанию. В результате темпы регионального геологического изучения страны стали несколько сокращаться, отставая от роста затрат, и не обеспечивали должного расширения фонда перспективных

площадей и объектов для постановки поисковых и разведочных работ. С таким положением нельзя было мириться, ибо предстояло покрыть геологической съемкой масштаба 1:200 000 более 35% территории Советского Союза, а съемкой масштаба 1:50 000 было охвачено лишь около 12% территории страны. Продолжение геологосъемочных работ по прежней методике требовало привлечения больших средств и создавало опасность отставания расширения минерально-сырьевой базы от роста потребностей промышленности. Нужно было изыскать способы снизить или стабилизировать стоимость этих работ, рационализировать их организацию и методику.

Среди геологов-съемщиков уже давно зрело представление о необходимости радикального пересмотра форм организации и методов производства геологической съемки, включая понятие кондиционности в формулировках действовавших в то время инструкций [7, 8]. Соблюдение требований к плотности маршрутов и точек наблюдений, необходимость исхаживать территорию приводили к тому, что подавляющая часть полевого времени геологов уходила на передвижение от точки к точке и на получение дублирующей информации. Между тем достаточно определенная и надежная, а иногда (например, в закрытых районах) даже более полная информация могла быть получена путем дешифрирования аэрофотоснимков. Следовательно, совершенствование процесса геологического картирования должно было пойти в первую очередь по пути широкого использования аэрофотометода, увеличения доверия к результатам дешифрирования и технической оснащенности работ, современных транспортных средств, в частности, вертолетов.

Еще в 1946—1947 гг. работами Центральной аэрогеологической экспедиции (позже преобразованной в ВАГТ) было показано, что дешифрирование аэрофотоснимков и аэровизуальные наблюдения позволяют не только значительно повысить качество геологических карт, но также исследовать обширные территории за короткие сроки. Вскоре геологическая съемка с комплексным применением аэрометодов была организационно и методически оформлена как самостоятельный вид работ — аэрогеологическая съемка [27]. Под комплексом аэрометодов понимались камеральное и полевое дешифрирование аэрофотоснимков и аэровизуальные наблюдения, сопровождающиеся наземным изучением отдельных геологических объектов. Это было прогрессивное начинание, однако методически и технически в то время оно оказалось недостаточно обеспеченным: сохранялось требование к равномерности сети наземных маршрутов и точек наблюдения; длительность камеральных работ ограничивалась четырьмя месяцами, что оставляло слишком мало времени для углубленного дешифрирования; на месяц работы партии отводилось 3,5—7 ч съемочных полетов и 1—2 — вспомогательных, причем чем хуже дешифрируемость, тем меньше предусматривалось летное время; ограниченные возможности самолетов в отношении внеаэродромных посадок не позволяли во многих случаях существенно ускорить наземное обследование геологических объектов. В результате качество работ при высоких нормах аэрогеологической съемки часто страдало. Вскоре этот вид геологической съемки окончательно устарел, в СУСН 1955 г. он не вошел.

В 50-е годы в практику стали входить фотогеологические карты, составляемые либо только с помощью камерального дешифрирования материалов аэрофотосъемки, либо путем сочетания дешифрирования и наземных исследований, осуществляемых в небольших объемах. За рубежом такие карты во многих случаях стали основным видом карт, которые служат руководством

при выборе площадей для постановки поисково-разведочных работ [17, 30, 35]. У нас в стране фотогеологические и фотогеоморфологические карты составлялись для района относительно простого строения (бассейн р. Вилюя) с хорошей дешифрируемостью и стратиграфической изученностью [13]. В таких условиях, несмотря на небольшой объем полевых работ, эти карты по своей детальности и достоверности не уступали картам, составленным при помощи повсеместных наземных наблюдений.

Вертолеты для обслуживания повседневных работ впервые начали использоваться геологической службой Канады в 1952 г. при рекогносцировке Северо-Западных Территорий [38]. Для изучения труднодоступных районов (полярных, горных, заболоченных, залесенных, пустынных) вертолеты стали применять не только канадские геологи [11, 15, 32, 34, 35, 40, 42, 43, 44, 46, 47], но также американские [37], австралийские [33], французские в Алжирской Сахаре [38], бельгийские в Конго [45], комбинируя тщательное геологическое дешифрирование аэрофотоснимков с аэровизуальными и выборочными наземными наблюдениями. При этом вертолет применялся не только в качестве транспортного средства для доставки геологических партий на базовый или временный лагерь, но главным образом для картировочных полетов с систематическими внеаэродромными посадками и для ежедневной заброски исследователей на наземные маршруты. В названных типах работ новая техника и методика были испытаны на съемках разных масштабов, от 1:500 000 до 1:32 000. Примечательно, что вначале геологические данные на аэрофотоснимки наносились только непосредственно в маршрутах, но затем широкое распространение получило заблаговременное дешифрирование снимков с составлением предварительных геологических карт, что дало 20-процентную экономию средств [41]. Экономический эффект от использования вертолета во всех случаях признавался очень большим [15, 16, 29]. В районах Канадского Севера стоимость 1 км<sup>2</sup> съемки с помощью вертолета за первое пятилетие его применения составила в среднем 60—70% от стоимости съемки наземными методами.

В СССР до середины 60-х годов вертолеты с успехом применялись для ускоренного инженерно-геологического картирования [12], для транспортировки персонала и грузов партий в труднодоступные пункты, для аэровизуальных наблюдений и при гравиметрической съемке. В области же собственно геологосъемочных работ были известны только единичные примеры использования вертолета. В 1955 г. две партии Казгеолуправления выполнили несколько авиадесантных маршрутов на вертолете Ми-4 при ревизионных геологических среднемасштабных исследованиях в Юго-Восточном Прибалхашье и в высокогорном районе Заилийского Алатау [14]. Десантные операции на Ми-4 выполнили также работники ВАГТа в Восточном Казахстане [26].

Опираясь на отечественный и зарубежный опыт применения аэрометодов, В. Н. Брюханов и В. В. Козлов выступили в 1964 г. с программной статьей [3], в которой рассмотрели возможности совершенствования геологосъемочных работ среднего масштаба, наметили пути их ускорения и удешевления. Поскольку в приведенных выше примерах ускорения и удешевления работ стадии регионального геологического картирования специальные методы поисков полезных ископаемых и бурение скважин не применялись, комплексные геологические исследования масштаба 1:200 000 на основе преимущественного использования аэрометодов предстояло провести впервые.

В мае 1964 г. Госгеолком СССР обязал ВАГТ «приступить к выполнению опытных аэрогеологических работ с ограниченными объемами наземных исследований в труднодоступных и закрытых районах СССР для составления комплекса геологических карт с преимущественным применением аэрометодов». В начале 1965 г. к опытно-методическим работам приступила Комплексная аэрогеологическая тематическая партия (позже преобразованная в Комплексную аэрогеологическую экспедицию, а затем в Центральную космоаэрогеологическую экспедицию — ЦКАГЭ). Отряду № 12 КАТП (партии № 12 КАЭ-12) были поручены работы по составлению сводных аэрофотогеологических карт на территорию бассейна р. Пенжины (север Камчатской области) с разработкой методики ускоренного геологического картирования с ограниченными объемами наземных исследований в труднодоступных и закрытых районах с преимущественным использованием аэрометодов.

Для постановки опытных работ была избрана территория в 36,4 тыс. км<sup>2</sup> (10 номенклатурных листов масштаба 1:200 000), которая принадлежит к открытым (обнаженным) и полуоткрытым горным районам складчатого типа. Сложена она осадочными, вулканическими, субвулканическими и плутоническими образованиями мезозойского и кайнозойского возраста. Ведущими полезными ископаемыми являются металлические эндогенного происхождения, а также россыпные. Геологическое картирование и поиски полезных ископаемых велись в течение четырех полевых сезонов. Камеральная обработка полевых материалов, разработка новой методики и составление отчета продолжались до середины 1971 г.

Штат отряда (партии) состоял из 12—16 ИТР и 7—12 сезонных рабочих. На заключительном камеральном этапе работ состав исполнителей сократился до девяти человек. Основными исполнителями работ являлись геологи Н. С. Афанасьева, В. И. Голяков, К. Б. Дорофеев, Р. П. Котелков, Д. Н. Минеева, В. А. Фараджев (ответственный исполнитель), В. Н. Широков, геоморфолог И. И. Невяжский и техник-геолог Г. М. Добров. В отряде (партии) постоянно или длительное время работали еще и другие геологи и техники-геологи, а также техник-геоморфолог, техник-картограф, техник-фотограмметрист, инженер-минералог, инженер-петрограф и техники-радисты. Научным консультантом был В. Е. Гендлер, главный геолог КАЭ-12.

В своей полевой и камеральной работе отряд использовал аэрофотоснимки среднего и крупного масштабов, мозаичные фотосхемы в масштабах залетов и репродукции фотопланов масштабов 1:100 000 и 1:200 000. С помощью дешифрирования этих материалов, фотограмметрических определений элементов залегания слоев и привлечения имевшихся геолого-геофизических данных еще до первого выезда в поле была составлена предварительная геологическая карта всей территории. Хотя карта изобилвала белыми пятнами, а геологическое содержание многих ее контуров было условным, она дала представление (во многом принципиально новое) об общей геологической структуре региона и особенностях строения отдельных его частей. Это позволило наметить опорные участки, наиболее важные и благоприятные для изучения стратиграфических разрезов и интрузивных тел, локальные площади, перспективные в отношении полезных ископаемых, узлы сложного тектонического устройства, слабодешифрирующиеся и другие участки, непосредственное обследование которых имело первостепенное значение для конкретизации предварительных представлений о геологии и минералогии региона.

Полевые работы были начаты с воздушной рекогносцировки всей территории, аэровизуального знакомства с геологическими и геоморфологическими объектами, с фиксирования измененных пород, важных обнажений и уточнения программы наземных работ. Последние были сконцентрированы на указанных выше участках, а на пространствах между ними по направлениям, подсказываемым отдешифрированными аэроснимками, выполнялись отдельные геологосъемочные маршруты. Подразделения отряда доставлялись на участки и в маршруты и возвращались на базу вертолетом; при этом выполнялись попутные аэровизуальные наблюдения. Большое значение имели также авиадесантные маршруты, в ходе которых изучались обособленные геологические объекты, прослеживались картируемые контакты, отбирались пробы в труднодоступных пунктах и т. д. Завершился полевой сезон аэровизуальными наблюдениями, посвященными корректированию материалов и решению спорных вопросов. Все воздушные маршруты прокладывались не по правильной геометрической сети, как было принято в канадской методике, а на основании конкретных задач, возникших после дешифрирования, картировочных и поисковых работ, и с учетом природных условий района наблюдений.

В камеральный период аэрофотоснимки всей территории дешифрировались повторно с учетом полевых данных, результатов лабораторного изучения горных пород и определений органических остатков. Совместно с дешифрированием интерпретировались фондовые геофизические материалы. Полученные данные были перенесены на фотопланы и на их основе построен промежуточный вариант геологической карты. На фотопланах же составлялись различные регистрационные карты. Таким образом вся сумма собранных фактов совмещалась с аэрофотоизображением местности, интерпретация которого при нынешней методике лежит в основе построения геологической карты. Анализом промежуточной карты выявлялись нерешенные вопросы, определялись места и способы их решения, составлялись схемы размещения предстоящих полевых работ (опорные разрезы, поисковые участки, отдельные наземные пересечения, воздушные маршруты, пункты повторных наблюдений) и памятные записки с изложением задач по каждому объекту.

В последующие годы описанный цикл повторялся. Наземные работы, следовательно, не рассеивались на равномерное покрытие площади маршрутами, а сосредоточивались на участках, наиболее важных для решения всех задач геологической съемки, и в местах, где была необходима и доступна дополнительная информация. Таким образом, картировочные и поисковые работы велись путем последовательного в течение четырех лет сгущения сети наблюдений по всей территории, а не постепенного наращивания изученной площади. Традиционный в геологической съемке индуктивный (от частного к общему) путь познания был заменен дедуктивным (от общего к частному), который стал возможен благодаря использованию аэрометодов и обеспечил быстроту и большую объективность формирования геологических представлений. Такая методика при обнаружении закономерностей оруденения или новых критериев расчленения комплексов горных пород позволяет распространять полученные данные на всю площадь и проверять их действенность, возвращаясь в необходимых случаях на ранее обследованные участки для повторного изучения.

Всего было изучено 106 участков (из них 37 поисковых), пройдено 802 наземных дневных маршрута (не считая шлиховых) протяженностью 4920 км;

описано 6484 обнажения, выполнено 95 аэровизуальных и десантносьемочных маршрутов с изучением 419 пунктов посадок и затрачено 846 летных часов вертолета Ми-4. Стоимость 1 км<sup>2</sup> съемки составила 29 руб. вместо 90 при обычной съемке. В случае проведения съемки по действовавшим в то время нормам и правилам тому же составу исполнителей понадобилось бы 12 полевых сезонов.

Ход и предварительные результаты опытных работ отряда обсуждались на заседаниях научно-технических советов КАЭ-12 и ВАГТа (ежегодно), НТС Камчатского территориального геологического управления (1966, 1967, 1970 гг.), Техсовета Пенжинской экспедиции КамчТГУ (1966, 1967 гг.), Техсовета Анадырской экспедиции Северо-Восточного ТГУ (1966 г.), в Отделе методики геологосъемочных и поисковых работ Всесоюзного научно-исследовательского геологического института ВСЕГЕИ (1967 г.), на совещании при начальнике Отдела геологического картирования Мингео СССР (1968 г.), Комиссией из представителей Мингео СССР, ВСЕГЕИ, ВАГТа, и КамчТГУ (1968 г.), на активе СВТГУ, проведенном совместно с экспертным советом Мингео РСФСР (1969 г.), на рабочем совещании, проведенном Управлением региональной геологии и поисково-съемочных работ Мингео СССР с участием представителей многих институтов и ТГУ (1969 г.), на научной конференции НИЛЗарубежгеологии (1969 г.), на курсах повышения квалификации геологов при Мингео СССР. (1969 г.).

В 1967 г. методические материалы эксперимента демонстрировались в Мингео СССР на посвященной 50-летию Октября выставке «Применение аэрометодов для геологических целей». В 1968 г. исполнители темы опубликовали статью [30; и др.], в которой делились опытом ведения геологосъемочных работ новым способом и наметили его организационно-методические основы. В 1970 г. сводная геологическая карта с пояснительной запиской о методике ее составления демонстрировалась в Министерстве геологии СССР на выставке «Современные методы геологических исследований», посвященной 100-летию со дня рождения В. И. Ленина.

Параллельно с описанными работами новая методика геологического картирования и ведения поисков полезных ископаемых в масштабе 1:200 000 отработывалась и в других геолого-географических районах, труднодоступных в транспортном отношении, слабо освоенных народным хозяйством.

В относительно неплохо обнаженном горном и равнинном районе правобережья низовьев р. Индигирки опытные работы выполнил в 1966—1970 гг. отряд № 21 КАЭ-12. Основными исполнителями работ были А. В. Артемов, М. С. Долотов, Н. А. Панях, Н. Н. Ремизов и Н. Н. Херасков. Исследованиями была охвачена площадь в 36,8 тыс. км<sup>2</sup>, на которой распространены дислоцированные осадочные и магматические образования палеозойского и мезозойского возраста, а также четвертичные отложения на обширных пространствах. Особенностью этой территории была ее достаточно хорошая опоскованность при отсутствии единой геологической основы. Поэтому опытные работы были «облегчены» в отношении поисковых задач и имели преимущественно картировочную направленность. Геологическое картирование территории проводилось путем последовательного наращивания площади в течение трех полевых сезонов и увязочных маршрутов по всей территории в четвертый сезон. При этом оказалось, что в результате исследований последнего года, когда они велись по всей площади, было получено

больше данных (в том числе принципиально важных и совершенно новых), чем в любой предыдущий сезон.

В закрытом мощными четвертичными отложениями, залесенном и заболоченном регионе Мезенской впадины на севере Восточно-Европейской равнины опытные геологические съемки с ограниченными объемами наземных исследований и широким использованием аэрометодов в период 1966—1971 гг. выполнила Аэрогеологическая партия № 14 ВАГТа. Этими съемками руководили Р. Р. Атласов, В. И. Башилов, Е. Н. Калганов, Э. Г. Костюнин, А. С. Лавров, Л. Н. Никитин, В. И. Розанов. Поисковые работы нацеливались на выявление участков, перспективных в отношении нефтегазоносности, и на изучение строительных материалов, торфа, горючих сланцев, бокситов, фосфоритов, пресных и минерализованных вод в поверхностных и неглубоко залегающих отложениях. Объемы дорогостоящих буровых работ сокращались за счет электроразведочных, структурно-геоморфологических, морфометрических и геоботанических методов исследований и рационального размещения точек бурения.

Сначала намеченный на площади номенклатурного листа комплекс работ выполнялся партией типового состава в один год, затем съемка стала проводиться по двухгодичному циклу с охватом площади двух смежных листов и постепенным сгущением сети наблюдений и, наконец, по трехгодичному циклу с одновременным охватом площади четырех листов. Во всех случаях данные дешифрирования материалов аэрофотосъемки еще до выезда в поле использовались для построения предварительной геологической карты, по которой намечались наземные маршруты, электроразведочные профили и пункты заложения буровых скважин. Это позволило обойтись бурением 1200—1400 м скважин на лист съемки (вместо 5000—6000 м, проводимых Северо-Западным геологическим управлением) и снизить стоимость 1 км<sup>2</sup> съемки до 50 против 120 руб., затрачиваемых при работах обычного типа, когда съемки одного листа партией типового состава длится три года. В результате работ аэрогеологи составляли следующие карты: четвертичных отложений, геологическую со снятым четвертичным покровом, структурно-геоморфологическую, рельефа фундамента и гидрогеологическую.

Опытно-производственные работы в таежном районе Средне-Сибирского плоскогорья, на междуречье Нижней Тунгуски и Чуны, с 1968 по 1974 г. вела Таймуирская партия геологосъемочной экспедиции Красноярского ТГУ. В работах участвовали Ю. С. Глухов, В. Н. Катков, В. Н. Кутумов, А. В. Печерский и др. Всего в партии было до 30 ИТР и 40 рабочих. Научно-методическое руководство осуществлял главный геолог экспедиции Д. И. Мусатов. Исследованный район в 68,5 тыс. км<sup>2</sup> (20 листов) с поверхности сложен вулканогенными образованиями нижнего триаса, угленосными отложениями верхнего палеозоя и интрузивными породами трапповой формации. Профилирующими видами полезных ископаемых являются каменный уголь, нефть и газ, бокситы, железные и медно-никелевые руды. Особенность этих работ заключалась в проведении опережающих аэромагнитной и гравиметрической съемок, использовании материалов высотной, радарной и инфракрасной съемок, насыщении геологической съемки широким комплексом сопутствующих геофизических исследований и значительным объемом бурения. Картирование и опоскование территории велось методом обработки отдельных участков с постепенным наращиванием площади и выполнением увязочных маршрутов. Стоимость 1 км<sup>2</sup> съемки составила 55 против

90 руб. при обычной полистной съемке, осуществленной тем же управлением в соседних районах.

Наиболее общей особенностью охарактеризованных опытных работ является проведение геологических исследований в сравнительно короткое время силами одной партии на крупной территории, охватываемой группой номенклатурных листов. По этому признаку съемка в дальнейшем была названа групповой. Охват исследованиями большой площади дает простор для использования установленных дешифровочных признаков картируемых объектов, позволяет сразу изучать крупные геологические структуры и устанавливать региональные закономерности, ускользающие от внимания, когда изучение единой структуры проводит несколько коллективов.

Вторая особенность состоит в многократном качественном и измерительном дешифрировании материалов аэрофотосъемки (и другой видеоинформации, получаемой дистанционными методами), с помощью которого поступающие по мере ведения работ геологические, геоморфологические, геофизические, геоботанические, геохимические и другие данные интерполируются и экстраполируются по всей территории и ежегодно составляются предварительные геологические карты. Неоднократно проводится также интерпретация геофизических материалов, которая выполняется геофизиками и геологами совместно. Предварительные карты используются для планирования и рационального направления последующих работ.

Очень важную особенность новой методики представляет отход от кондиционной плотности наземных наблюдений и опробования, сосредоточение картировочных и поисковых работ на участках, где можно получить наиболее ценную информацию, и резкое разрежение их сети на остальных площадях, строение которых достаточно уверенно устанавливается по данным дешифрирования аэроснимков и геологическая обстановка которых мало благоприятна для локализации полезных ископаемых. Картируемые геологические подразделения подробно изучаются на наиболее подходящих для этого опорных участках; тщательному обследованию подлежат также участки сложного строения, участки геофизических аномалий и слабодешифрирующиеся участки. Все они выделяются по результатам дешифрирования аэроснимков, интерпретации геофизических данных и наблюдений с воздуха. Специальные поисковые работы концентрируются на участках, перспективных по геолого-геофизическим соображениям, аэровизуальным наблюдениям или по данным лабораторного изучения проб.

К числу основных особенностей опытных съемок относится также постоянное использование закрепленного за партией вертолета для проведения аэровизуальных наблюдений, обследования выборочных пунктов десанто-съемочными маршрутами, доставки работников к началу наземных маршрутов и их вывозки в конце дня и для перевозки подразделений партии с одного участка работ на другой. В районах, проходимых для наземного механического транспорта, вертолет в значительной мере заменяется вездеходами и автомобилями.

Широкое применение аэрометодов в региональных геологосъемочных работах повлекло за собой укрупнение партии, обновление способов регистрации и обработки информации, удлинение продолжительности камеральных работ и изменение ряда других положений организации и методики.

Базирувавшиеся на аэрометодах и новых принципах организации опытные съемки обладают многими достоинствами по сравнению с обычной

полистной съемкой. Благодаря охвату исследованиями большой площади вопросы стратиграфии, магматизма, тектоники, геоморфологии, минерализации и прогнозирования полезных ископаемых решаются с большей достоверностью. Повышению качества итоговых материалов способствует и научно-производственная (тематическая) специализация геологов-съемщиков, которая становится возможной в укрупненной партии. Удельные же объемы полевых наблюдений, опробовательских, буровых и других работ сокращаются за счет более целесообразного их размещения на основе учета аэрогеологической и геофизической информации по большой территории. Одновременно отпадает необходимость в специальных редакционно-увязочных работах внутри группы листов.

Полевое время стало использоваться рациональнее, так как вертолет устранил потери времени на подходы к маршрутам, переходы между обнажениями и на перебазировки. Резко уменьшилась зависимость действий геологов от доступности района, достигнута большая гибкость в организации работ партии, которая получила возможность оперативно менять программу исследований в зависимости от конкретной обстановки и в случае необходимости быстро проверять результаты наблюдений.

Укрупненная партия с концентрированными ассигнованиями и широким фронтом работ более удобна для оснащения дефицитной и новой техникой, применения нестандартных методов исследования и для руководства геологосъемочным процессом специалистами вышестоящих инстанций. Все это приводит к индустриализации геологической съемки, значительному повышению производственных показателей партий, улучшению условий труда и быта на полевых работах.

К достоинствам новой методики относится также составление геологических карт на аэрофотооснове, что обеспечивает их проверяемость в отношении контурной нагрузки и идентификации объектов и является важнейшей предпосылкой для достижения воспроизводимости карт как меры их достоверности.

В процессе проведения опытных съемок и сразу после их завершения выполнялись специальные исследования, которые выясняли, не происходят ли потери информации, снижения качества карт и результативности поисков полезных ископаемых из-за уменьшения удельных объемов и неравномерного размещения полевых наблюдений, поискового опробования, горнопроходческих и других работ. С этой целью продукция опытных съемок сравнивалась с отчетными материалами обычных полистных съемок, имевшимися на отдельные части той же территории и смежные площади с аналогичным геологическим строением.

Геологические карты и материалы анализировались и сопоставлялись по таким показателям, как: дробность расчленения стратиграфического разреза, плутонических и субвулканических тел; полнота изучения вещественного состава пород, контактов и дислокаций; сходимость карт по контурам, трактовке и количеству геологических объектов; степень обоснованности фактическим материалом основных выводов и построений (наличие соответствующей документации наблюдений, количество пунктов находок органических остатков, обосновывающих возраст отложений, количество определенных абсолютного возраста, химических и минералогических анализов горных пород, количество описанных петрографических шлифов, объемы других определительских и аналитических работ для каждого показан-

ного на карте подразделения). Карты полезных ископаемых и другие связанные с поисками материалы сравнивались по количеству и видовому разнообразию обнаруженных в ходе съемок проявлений полезных ископаемых, пунктов минерализации, минералогических и геохимических аномалий; по количеству выявленных зон (участков) конкретных групп метасоматитов и метасоматически измененных пород; по полноте изучения полезных ископаемых, региональных и локальных факторов, обуславливающих их размещение; по обоснованности выделения перспективных площадей (структур) и локальных объектов полевыми наблюдениями и лабораторными исследованиями. Сравнение по всем этим и другим показателям установило, что геологосъемочные работы по новой методике расшифровывают геологическое строение района и освещают перспективы обнаружения в нем минеральных месторождений не менее успешно, чем традиционная полистная съемка по традиционной методике.

В 1969—1971 г. Верхне-Аянкинская партия Камчатского ТГУ в порядке контроля качества материалов опытной съемки проводила кондиционные геологосъемочные работы масштаба 1:200 000 на площади одного из номенклатурных листов. Несмотря на затраты, почти вдвое превышающие по стоимости 1 км<sup>2</sup> обычные среднемасштабные геологические съемки, проведенные в те же годы в этом же регионе, существенно важных новых данных получено не было. Лишь на отдельных участках была достигнута большая детальность расчленения геологических тел, подтвержденная фактическим материалом. В большинстве же участков расхождения карт возраст, состав, генезис и контуры распространения пород оказались более обоснованными у аэрогеологов. Съемка по стандартной методике подтвердила наличие выделенных аэрогеологами потенциально рудного узла, рудного поля и высокую перспективность открытого ими главного рудопроявления вплоть до величины прогнозных ресурсов; других перспективных проявлений обнаружено не было.

В апреле 1970 г. материалы различных опытных работ были рассмотрены комиссией из представителей Мингео СССР, ВСЕГЕИ и территориальных ГУ. Комиссия признала, что новая методика и организация геологосъемочных работ позволяют при небольших (на единицу площади) затратах исследовать обширные пространства и получать данные, достаточные для первоначального геологического прогноза и выделения перспективных площадей, в пределах которых вероятно обнаружение месторождений полезных ископаемых, т. е. позволяют решать главную задачу, стоящую перед среднемасштабной геологической съемкой. При этом выявилось, что на базе рассмотренных выше организационно-методических принципов ведения региональных работ могут быть оформлены три новых их вида: групповая геологическая съемка, аэрофотогеологическое картирование и геологическое дополнительное изучение ранее заснятых площадей.

Групповая геологическая съемка (ГГС) представляет собой современный способ геологической съемки; в отношении детальности и комплексности изучения всех вопросов геологии и поисков полезных ископаемых она удовлетворяет тем же требованиям, которые предъявляются к полистной съемке. Сущность ГГС состоит в одновременном изучении крупных, охватываемых группой номенклатурных листов территорий с помощью рационального комплекса полевых работ, размещение которых намечается по результатам дешифрирования материалов аэрофотосъемки и геологической интерпрета-

ции геофизических данных, проводимой совместно с дешифрированием. На ГГС в первую очередь распространяются те особенности и преимущества, которые характеризуют описанные выше опытные съемки.

Аэрофотогеологическое картирование (АФГК) заключается в составлении геологических карт, базирующемся на визуальном и инструментальном дешифрировании материалов аэрофотосъемки, использовании имеющейся геологической и геофизической информации и на минимальном объеме контрольных полевых наблюдений для выявления геологического содержания отдешифрированных объектов и геофизических аномалий. В методическом отношении АФГК аналогично ГГС, отличаясь от нее меньшей детальностью и глубиной исследований, меньшей обоснованностью получаемой карты и меньшей полнотой сведений о полезных ископаемых. Сокращение объема полевых работ сказывается на поисках в большей мере, чем на составлении геологической карты, поскольку дешифрированием аэрофотоснимков для составления карты извлекаются многочисленные, часто прямые данные, а в отношении полезных ископаемых — редкие и обычно лишь косвенные. В целом работы носят преимущественно картировочный характер, в силу чего этот вид геологических исследований назван картированием, а не съемкой, неотъемлемой частью которой являются поисковые работы, производимые в значительных объемах.

Геологическое доизучение ранее заснятых площадей (ГДП) в отличие от практиковавшейся в прежние годы пересъемки включает не весь комплекс методов и видов работ, а лишь те, которые прежде не применялись или были применены в недостаточном объеме. При этом фотогеологический метод используется не только для уточнения и пополнения ранее составленных карт, но также для определения мест размещения всех видов наземных работ, сосредоточения их на потенциально перспективных участках и на геологических объектах, ранее изученных неполноценно.

В феврале 1971 г. материалы охарактеризованных выше и некоторых других опытно-методических и опытно-производственных работ рассмотрела сессия секции региональной геологии Научно-технического совета Мингео СССР. Решением сессии принципы и методы проведения ГГС, ГДП и АФГК были одобрены и признаны целесообразными к внедрению в производство. Групповой метод съемки сессия рекомендовала применять на всех массивах площадей, еще не заснятых в масштабе 1:200 000, охватываемых четырьмя или более смежными номенклатурными листами и представляющих интерес в отношении выявления дефицитных видов минерального сырья. Аэрофотогеологическим картированием было рекомендовано покрыть удаленные районы несложного геологического строения с неясными перспективами обнаружения полезных ископаемых, в силу чего насыщение исследований этих районов большим комплексом работ геологически не обосновано и экономически не оправдано. Геологическое доизучение, выполняемое, как правило, по группе листов, было признано целесообразным взамен пересъемки перспективных площадей, геологические карты которых и сопровождающие материалы устарели, не увязаны между собой и не могут служить основой для конкретного прогнозирования полезных ископаемых, планирования и целенаправленного проведения поисково-разведочных работ. В июне 1971 г. Министерством геологии СССР было предписано министерствам и управлениям геологии союзных республик, Всесоюзному аэрогеологическому тресту широко практиковать групповые геологосъемочные работы

как наиболее производительные и экономичные, считать при этом ГГС, ГДП и АФГК самостоятельными видами регионального геологического изучения территории Советского Союза.

Внедрение в практику новых прогрессивных видов работ требовало официально утвержденного изменения существовавших для обычной геологической съемки правил подготовки проектно-сметной документации, организации и ведения работ, геологической и финансовой отчетности. Таким юридическим документом, одновременно отражающим методическую специфику ГГС и АФГК, явились «Основные положения организации и производства групповой геологической съемки и аэрофотогеологического картирования масштаба 1:200 000» [30].

При составлении «Основных положений» В. А. Фараджевым и начальником КАЭ-12 Г. В. Махиным были проанализированы и обобщены материалы опытных съемок, учтены замечания и предложения Управления региональной геологии и поисково-съёмочных работ Министерства геологии СССР, а также ряда территориальных геологических организаций.

Внедрение ГГС, АФГК и ГДП началось с первого года девятой пятилетки и более широко — с 1972 г. Вопросы методики и организации современных видов региональных геологосъёмочных работ докладывались и обсуждались на всесоюзных семинарах и региональных совещаниях, проведенных Мингео СССР совместно с ВДНХ в 1971 г., на Всесоюзном совещании геологов-съёмщиков в Ульяновске в 1973 г. и на школах передового опыта при ВДНХ СССР в 1972 г., 1974 и дважды в 1975 г. (всего участвовало более 400 чел.). Вопросам планирования и оплаты этих работ и внедрению «порайонных цен» была посвящена Всесоюзная школа передового опыта, организованная и проведенная в 1975 г. Научно-техническим обществом и Красноярским ТГУ. Начиная с 1972 г., регулярно, 1—2 раза в год, начальник управления региональной геологии и поисково-съёмочных работ Мингео СССР В. К. Еремин, В. А. Фараджев и А. И. Бурдэ читали лекции о ГГС, АФГК и ГДП слушателям курсов повышения квалификации геологов при ВСЕГЕИ, Московском и Воронежском университетах (всего было охвачено 450 чел.).

Внедрение высокоэффективных способов геологосъёмочных работ осуществлялось также путем проведения занятий с участниками региональных семинаров. В течении девятой пятилетки территориальные геологические управления, тресты, республиканские министерства и Главгеолразведка организовали 23 таких семинара, в которых участвовало не менее 800 человек. На них выступали разработчики новых методов, руководители геологических служб и многие специалисты объединения «Аэрогеология». Часть лекций, докладов или их тезисов опубликована [2—5, 18, 19, 22—25]. На протяжении всего этого периода рецензировались проекты работ по ГГС, на местах работ были даны методические рекомендации 15 партиям, индивидуально проконсультированы многие десятки представителей 21 организации; Управлению внешних сношений Мингео СССР представлены и им приняты предложения по вопросам совершенствования геологосъёмочных работ, выполняемых советскими специалистами за рубежом. Составленные при опытно-методических работах карты и приемы их составления демонстрировались в 1973 г. на выставке «Геологические карты СССР». Материалы партии № 12 КАЭ-12 по разработке ГГС масштаба 1:200 000 в 1972 г. экспонировались на ВДНХ СССР и отмечены медалями.

Одновременно с началом внедрения ГГС масштаба 1:200 000 в связи с ее высокой геологической, поисковой и экономической эффективностью Красноярское ТГУ, а затем и другие организации приступили в опытном порядке к выполнению групповым способом геологической съемки масштаба 1:50 000. Поскольку эти опыты уже на первых этапах работ дали положительные результаты, возникла необходимость в подготовке для ГГС масштаба 1:50 000 специальной инструкции. ВСЕГЕИ, ВАГТ и Красноярское ТГУ приступили к разработке соответствующих инструктивных документов. Соисполнители задания ограничились составлением «Основных положений организации и производства групповой геологической съемки масштаба 1:50 000», включив в них общие методические указания по этапам осуществления ГГС с учетом типов районов.

Разработка «Основных положений» основывалась на сборе, анализе и обобщении методических и организационных данных по опытно-производственным групповым геологосъемочным работам масштаба 1:50 000 в различных геолого-географических районах и на методических исследованиях, направленных на изыскание рациональных приемов проведения ГГС. Авторы настоящей статьи и Д. Н. Минеева непосредственно в партиях изучили опыт проведения ГГС на Пайхое и Полярном Урале, в Восточном Саяне и Байкало-Патомском нагорье, Якутии, Охотско-Чукотском регионе и на Сахалине. Кроме того, авторы познакомились с запроектированной методикой ГГС на Украине, Памире и в Приморье. А. И. Бурдэ и А. С. Кумпан (ВСЕГЕИ) ознакомились с групповыми съемками в Казахстане, построили модели процесса ГГС и обобщили опыт проведения обычных геологосъемочных и поисковых работ. В. П. Богадица и Т. Н. Сакович (Красноярское ТГУ) обработали сведения о ГГС на Енисейском кряже, в Саянах и Минусинской впадине.

Особое внимание обращалось на установление эффективности применяемых методов и видов работ, на размещение их по площади, на критерии выбора участков сосредоточения картировочных и поисковых маршрутов. При этом была конкретизирована роль авиаработ в разных районах и на разных этапах геологической съемки. В частности, было показано, что на закрытых участках не требуется повышенная плотность наземных маршрутов, ибо все немногочисленные места возможного выхода коренных пород в эрозионных врезках опознаются с помощью аэровизуальных наблюдений. Кроме того, была проведена воздушная фотосъемка одного из поисковых участков малоформатной камерой; полученные материалы подтвердили высокую информативность, экономичность и оперативность такой съемки.

Эмпирически обоснован также необходимый для ГГС комплект материалов аэросъемок. Во всех районах геологами экспедиций и производственными отделами ТГУ согласовывались касающиеся групповых партий вопросы проектирования, организации, технического оснащения и финансирования; выяснились мнения о специфических порайонных требованиях к геологической съемке, которые следовало отразить в «Основных положениях».

Обследованные объекты ГГС различаются геологическим строением, минерацией и ландшафтными особенностями, обеспеченностью материалами аэрофотосъемки и других дистанционных исследований, размерами и геолого-геофизической изученностью площадей, структурой и составом партий, видами, объемами, сроками и стоимостью работ, техническим оснащением и другими показателями. Собранный материал явился, таким

образом, достаточно представительным для критического анализа имевшегося опыта ГГС и обоснованного составления «Основных положений».

К середине 1974 г. партия № 12 КАЭ-12 разработала проект «Временных указаний по планированию и проектированию ГГС масштаба 1:50 000» и «Предложения по методике ГГС масштаба 1:50 000 в условиях Охотско-Чукотского вулканического пояса». Первый документ основывался на предварительном обобщении материалов, касающихся опыта проведения ГГС, на выявлении их достижений, ошибок и трудностей. В нем были сформулированы условия постановки ГГС и ее задачи; приведены оптимальные размеры площадей и типы районов, в которых она может проводиться; даны указания о мероприятиях по планомерному, заблаговременному обеспечению групповых геологосъемочных работ материалами аэрофотосъемки; приведены требования к содержанию подготовительных работ и проекта; изложены общая последовательность и методика полевых работ, которые рекомендуется предусматривать проектом; указаны условия, при которых рентабельно применение вертолета; освещена специфика камеральных работ при ГГС, которую нужно учитывать при проектировании; даны рекомендации о составе партии и научно-производственной специализации исполнителей.

Проект «Временных указаний» был направлен на апробацию соисполнителям темы, в объединение «Аэрогеология» и Управление региональной геологии Министерства геологии СССР, далее разослан во Всесоюзный научно-исследовательский институт экономики минерального сырья и геологоразведочных работ, в территориальные ГУ, республиканские министерства и управления геологии, а также в заинтересованные экспедиции. «Предложения по методике» охватили тот же круг вопросов, но применительно к районам Охотско-Чукотского вулканического пояса они были изложены подробнее, в частности, раскрыты возможности воздушной гамма-спектрометрической съемки и описана схема интерпретации ее материалов. Эти предложения переданы в аэрогеологические экспедиции № 2 и № 9 для практического применения и на отзыв.

По разносторонности и проработанности освещенных вопросов охарактеризованные выше документы сыграли роль первого варианта «Основных положений». В полевой период 1974 г. они были обсуждены в местных геологических организациях.

В 1974 г. варианты «Основных положений» были составлены также соисполнителями. В дальнейшем сотрудники ВСЕГЕИ и КАЭ-12 составили проекты «Основных положений», в которых использовали все разработки.

К 1976 г. окончательно выявилась необходимость изменения некоторых позиций «Основных положений» организации и производства геологосъемочных работ масштаба 1:50 000 (1:25 000), действовавших с 1968 г. [20]. ГГС не только изменила методику и организацию, но расширила возможности крупномасштабных геологосъемочных работ. Одновременно в связи с общим прогрессом в деле изучения недр изменились представления о задачах съемки в районах разного геологического строения, повысились требования к изучению полезных ископаемых, конкретизировались задачи прогнозных исследований, выявилась целесообразность сочетания геологической съемки с другими видами региональных работ и определилась необходимость изменения порядка издания материалов геологосъемочных работ. С учетом этого авторы настоящего сообщения, А. И. Бурдэ и

Д. М. Мусатов переработали подготовленные для ГГС «Основные положения» в «Инструкцию по организации и производству групповой геологической съемки масштаба 1:50 000 (1:25 000)», которая была утверждена Министерством в 1977 г. [9]. На этапе редактирования и подготовки инструкции к утверждению и изданию в авторский коллектив вошли А. С. Киреев (Мингео СССР) и В. М. Фрейзон (объединение «Аэрогеология»).

В девятой пятилетке были подготовлены также инструктивные документы, регламентирующие важные стороны производства ГДП масштабов 1:200 000 и 1:50 000 и АФГК масштаба 1:50 000. А. И. Бурдэ, В. К. Еремин, А. С. Киреев, А. С. Кумпан и В. А. Фараджев составили «Временные предложения по организации и проведению геологического доизучения ранее заснятых площадей». Сотрудники объединения «Аэрогеология» М. З. Глуховский, В. И. Колесников, В. М. Моралев и В. И. Фомин разработали «Временные указания по проведению аэрофотогеологического картирования масштаба 1:50 000 в зоне строительства Байкало-Амурской железнодорожной магистрали». На эти «Временные указания» опираются также исполнители АФГК многих других районов.

Варианты этих документов и их обоснования докладывались и обсуждались на заседаниях Ученого совета ВСЕГЕИ и на Всесоюзных школах передового опыта. Результаты разработок по мере их получения становились предметом лекций А. И. Бурдэ, В. К. Еремина, А. С. Кумпана и В. А. Фараджева на курсах повышения квалификации инженеров-геологов. Авторами разработок прочитан ряд докладов в геологических управлениях, оказана консультативная помощь представителям многих организаций (всего этими мероприятиями охвачено 28 ТГУ, трестов, республиканских министерств и управлений геологии). Ряд консультаций дан кураторам Мингео СССР по геологической съемке. Организация курсов, семинаров и консультативных встреч способствовала не только внедрению новых способов ведения региональных геологических работ, но также выяснению круга вопросов, которые особенно интересуют непосредственных исполнителей съемок и требовали полного разъяснения или особой регламентации в инструктивных документах.

Внедрение современных видов региональных геологосъемочных работ, основанных на всестороннем применении аэрометодов, шло быстрыми темпами. В 1971—1975 гг. из общего объема геологосъемочных работ, выполненных в масштабе 1:200 000, ГГС составила 27, ГДП — 17, АФГК — 35, а традиционная полистная съемка только 21%. В 1976—1980 гг.: ГГС — 22, ГДП — 24, АФГК — 49, полистная съемка — 5%. Среди геологосъемочных работ масштаба 1:50 000 доля различных видов за эти же пятилетки изменяется следующим образом: ГГС — с 21 до 43%, ГДП — с 15 до 16, АФГК — с 5 до 26, а доля полистной съемки падает с 59 до 15%. При этом качество геологических карт повысилось, поисковые результаты улучшились. Показателем признания геологических карт, составленных при групповой съемке, и аэрофотогеологических карт является принятие утвержденного Министерством в 1978 г. Дополнения к «Инструкции по составлению и подготовке к изданию листов государственной геологической карты СССР масштаба 1:200 000» [10]. Дополнение предусматривает издание карт, составленных при ГГС и АФГК, группами листов с одной объяснительной запиской, устанавливает определенный порядок подготовки их к публикации и рекомендует расширить информацию, показываемую на картах полезных

ископаемых и их прогноза, издаваемых как по результатам групповой, так и полистной съемок.

Обновление методической базы геологосъемочных работ дало большой экономический эффект. По сравнению с полистной съемкой масштаба 1:200 000 ГГС дешевле примерно в 2, ГДП — в 4 и АФГК — в 8 раз. Для масштаба 1:50 000 стоимость ГГС на 25, а ГДП на 33% ниже стоимости полистной съемки [27]. Удешевление благодаря аэрометодам достигается в основном за счет процесса сбора информации о геологическом строении (процесса картирования). Этим объясняется меньшее снижение себестоимости крупномасштабной геологической съемки, которая требует постоянно-го усиления поисковых и оценочных работ.

Замена полистной геологической съемки групповой и пересъемки доизучением по группе листов дала уже в девятой пятилетке экономию более 100 млн. руб. [6]. Сэкономленные денежные средства использованы на расширение региональных геологосъемочных работ, на проведение АФГК и на увеличение объемов поисково-оценочных работ. Так, в девятой пятилетке объемы работ в масштабе 1:200 000 были увеличены по сравнению с восьмой пятилеткой на 70%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Башилов В. И.* Вариант методики геологической съемки закрытых районов севера европейской части СССР. — В кн.: Вопросы региональной геологии СССР. М.: Недра, 1971, с. 25—34.
2. *Башилов В. И., Махин Г. В., Еремин В. К.* Аэрофотогеологическое картирование закрытых территорий. — Разведка и охрана недр, 1972, № 4, с. 17—21.
3. *Брюханов В. Н., Козлов В. В.* Пути ускорения среднемасштабного геологического картирования. — Сов. геология, 1964, № 6, с. 128—134.
4. *Еремин В. К.* Новые виды и методы геологосъемочных и поисковых работ. Воронеж, 1973. 30 с.
5. *Еремин В. К.* Пути повышения экономической эффективности региональных геологосъемочных работ. М.: Недра, 1973. 30 с.
6. *Еремин В. К., Брюханов В. Н.* Итоги внедрения новых видов региональных геологосъемочных работ в системе Министерства геологии СССР. М.: ВИЭМС, 1975. 30 с.
7. Инструкция по организации и производству геологосъемочных работ в масштабе 1:200 000 и 1:100 000/Сост. В. Н. Верещагин, И. К. Зайцев, К. Б. Ильин и др. М.: Госгеолтехиздат, 1955. 128 с.
8. Инструкция по организации и производству геологосъемочных работ масштабов 1:50 000 и 1:25 000/Сост. Д. В. Вознесенский, А. С. Амеландов, А. Н. Гейслер и др. М.: Госгеолтехиздат, 1956. 374 с.
9. Инструкция по организации и производству групповой геологической съемки масштаба 1:50 000 (1:25 000)/Сост. Н. С. Афанасьева, А. И. Бурдэ, А. С. Киреев и др. М., 1977. 72 с.
10. Инструкция по составлению и подготовке к изданию листов государственной геологической карты СССР масштаба 1:200 000. М.: Недра, 1969. 71 с.
11. *Келли Т. Э.* Аэрогеологическое картирование в условиях Крайнего Севера. Ин-т техн. информ. и экон. исслед. по нефт. и газовой пром-сти, 1962. 8 с.
12. *Комаров И. С., Садов А. В.* Некоторые общие вопросы методики применения аэрометодов при скоростных инженерно-геологических исследованиях. — В кн.: Методы дешифрирования аэрофотоматериалов при геологических исследованиях. М.: Недра, 1964, с. 102—110.
13. *Корнутова Е. И.* Применение аэрометодов при геолого-геоморфологических исследованиях в бассейне р. Вилюя. — Материалы ВСЕГЕИ, 1959, вып. 24, с. 5—46.
14. *Костенко Н. Н., Проскурин Н. В., Чебдарев Н. М.* Опыт применения вертолетов в практике геологосъемочно-поисковых работ. — Разведка и охрана недр, 1956, № 7, с. 32—38.

15. *Куприянов А. Б.* Организация и методика геологосъемочных и поисковых работ на Американском Севере.— М.: Изд-во АН СССР, 1959. 171 с. (Информ. бюл. по зарубеж. Северу; № 5/6).
16. Методы и стоимость геологической съемки с помощью вертолетов в северной части Канады/Сост. В. И. Огороднева. М., 1965. 11 с. (Информ. сообщ. ОНТИ ВИЭМС; Вып. 43(2)).
17. *Миллер В., Миллер К.* Аэрофотогеология. М.: Мир, 1964. 291 с.
18. Обмен опытом по повышению экономической эффективности всех видов региональных геологосъемочных работ на основе внедрения порайонных цен. Красноярск, 1975. 106 с.
19. Организация и проведение групповых геологосъемочных работ: Материалы по науч.-техн. пропаганде в геологии. М.: ВИЭМС, 1971. 75 с.
20. Основные положения организации и производства геологосъемочных работ масштаба 1:50 000 (1:25 000)/Сост. Е. Е. Белякова, А. И. Бурдэ, Б. Н. Горбунов и др. М.: Недра, 1968. 56 с.
21. Основные положения организации и производства групповой геологической съемки и аэрофотогеологического картирования масштаба 1:200 000/Сост. В. А. Фараджев, Г. В. Махин. М.: Недра, 1973. 62 с.
22. *Печерский А. В.* Некоторые специфические особенности геологической съемки среднего масштаба в условиях Сибирской платформы. Новосибирск, 1969, с. 73—82. (Тр. СНИИГГИМС; № 99).
23. *Печерский А. В.* Подготовка к проведению среднемасштабной геологической съемки.— Разведка и охрана недр, 1971, № 2, с. 54—56.
24. Применение новых видов и методик геологосъемочных работ в условиях Казахстана. Алма-Ата, 1973. 97 с.
25. Пути повышения эффективности геологосъемочных и поисковых работ. М., 1973. 200 с.
26. *Ренгартен П. А.* Использование вертолета при геологосъемочных работах в Восточном Казахстане.— Разведка и охрана недр, 1960, № 2, с. 21—26.
27. *Сидоренко А. В., Еремин В. К.* Новый этап региональных геологосъемочных работ в СССР. М.: ВИЭМС, 1976. 22 с.
28. Справочник укрупненных сметных норм на геологоразведочные работы (СУСН). Вып. VIII. Аэрогеологические работы. М.: Госгеолиздат, 1950. 207 с.
29. *Сушон А. Р.* Стадийность и стоимость геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые в капиталистических странах. М.: ВИЭМС, 1970. 60 с.
30. *Фараджев В. А., Афанасьева Н. С., Дорофеев К. Б.* и др. К вопросу об ускоренном геологическом картировании.— Сов. геология, 1968, № 4, с. 20—32.
31. *Aho A. E.* Grude geologic map derived largely from air photo J. interpretation and aerial observation.— Canad. Min., 1958, vol. 79, N 8, p. 61—63.
32. *Brown C. E. G.* Helicopters exploration coasts in the Northern Canada.— Canad. Mining and Met. Bull., 1964, vol. 57, N 623, p. 282—286.
33. *Carter E. K.* Helicopter operations, Calvert Hills—Robinson River 4 mile sheet areas, N. T. Australia, September—October 1957.— In: Proc. of the United Nations seminar on aerial survey methods and equipment. Bangkok, 1960, p. 124—126. (Miner. resour. develop. ser.; N 12).
34. *Douglas R. V. W.* Light helicopter reconnaissance in interior plains and mountains (operation Mackenzie).— Bull. Geol. Surv. Canad., 1959, N 54, p. 21—32.
35. *Eade K. E.* Geological reconnaissance by helicopter in New Quebec.— Canad. Mining J., 1958, vol. 79, N 4, p. 118—121.
36. *Flandrin J., Brasseur R.* How make maps from aerial photographs.— Canad. Oil and Gas Industry, 1957, vol. 10, N 8, p. 63—68.
37. *Hunt C. B.* Geological mapping by helicopter.— Geotimes, 1960, vol. 4, N 7, p. 12—14, 40.
38. *Jacquemont P.* L'Erg oriental et sa reconnaissance par l'helicoptere.— Bull. Assoc. fr. techn. petrole, 1958, N 129. 18 p.
39. *Lord C. S.* Operation Keewatin, 1952: A geological reconnaissance by helicopter.— Canad. Mining and Met. Bull., 1953, vol. 46, N 492, p. 224—233.
40. *MacLaren A.* Geological mapping on a plateau using a Bell helicopter.— Canad. Mining J., 1955, vol. 76, N 4, p. 55—56.
41. *Morgan D. A. O.* Some economic aspects of mineral exploration.— Bull. Inst. Mining and Met., 1963, vol. 72, N 674, p. 269—279.

42. *Roddick J. A.* Geological surveying by helicopter in the Coast Mountains of British Columbia.— *Canad. Mining J.*, 1955, vol. 76, N 4, p. 51—53.
43. *Roots E. T.* Light helicopter mapping in mountainous region (operation Stikine).— *Bull. Geol. Surv. Canad.*, 1959, N 54, p. 43—53.
44. *Sartenaer P.* Méthodes modernes de prospection géologique en Canada.— *Sci. et nature*, 1962, N 50, p. 21—29.
45. *Thonnard R. L. G.* Quinze degres carres couverts au Kongo par méthode photogéologique.— *Arch. intern. photogrammetrie*, 1963, t. 14, p. 120—123.
46. *Woakes M. E.* Reconnaissance survey in the Canadien N. W. T.— *Mining Mag.*, 1956, vol. 95, N 3, p. 144—150.
47. *Wright G. M.* Reconnaissance by helicopter in the Barren Grounds.— *Canad. Mining J.*, 1955, vol. 76, N 4, p. 53—55.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	3
<i>И. В. Круть.</i> К вопросу о геологическом регионализме и историзме . . . . .	4
<i>Л. И. Ивашевский.</i> Особенности формирования идей и методологических принципов в период становления геологии . . . . .	10
<i>М. Гунтау.</i> Возникновение геологии как науки . . . . .	22
<i>И. А. Резанов.</i> Эволюция взглядов на тектонические движения . . . . .	27
<i>М. М. Романова.</i> О роли давления в процессах метаморфизма (эволюция представлений в XIX — начале XX в.) . . . . .	49
<i>Т. Д. Ильина.</i> Значение русских исследований в XVIII—XIX вв. в изучении магнитного поля Земли . . . . .	60
<i>И. В. Батюшкова.</i> История представлений о роли космических факторов в развитии Земли . . . . .	73
<i>А. З. Хамарханов.</i> О проблеме происхождения нефти в науке XVIII—XIX вв. . . . .	83
<i>О. А. Соколова.</i> О методике полевых геологических исследований М. В. Ломоносова . . . . .	88
<i>И. Г. Малахова.</i> Развитие представлений о взаимодействии тектонических и эрозионных процессов во второй половине XIX в. . . . .	93
<i>П. Ф. Швецов.</i> От начал к основам гидрогеологии . . . . .	102
<i>Н. С. Афанасьева, В. А. Фараджев.</i> К истории разработки и внедрения новых видов региональных геологических исследований . . . . .	129

УДК 551.001(091)

Круть И. В. **К вопросу о геологическом регионализме и историзме.**— В кн.: Развитие идей и методов в геологии. М.: Наука, 1986.

Прослеживается становление и взаимоотношение центральных принципов наук о Земле и геологии, в частности, во-первых, историзма, который традиционно занимал главенствующее место в геологии, и, во-вторых, регионализма, который до сих пор признавался более существенным для географии. Рассмотрены различные аспекты этих принципов в их историческом и логическом развитии с целью теоретической их интеграции в единой системе геонимического знания о нашей планете.

Библиогр. 16 назв.

УДК 550.9(091)

Ивашевский Л. И. **Особенности формирования идей и методологических принципов в период становления геологии.**— В кн.: Развитие идей и методов в геологии. М.: Наука, 1986.

Рассматривается история проникновения и становления эволюционных идей в геологии. Показано, что такие научные направления, как катастрофизм и униформизм были закономерными этапами в развитии геологической мысли. Эволюционизм является закономерным развитием названных выше научных направлений. Его утверждение в геологии обусловлено достижениями в области биологии, исторической геологии и геотектоники.

Библиогр. 14 назв.

УДК 550.9(091)

Гунтау М. **Возникновение геологии как науки.**— В кн.: Развитие идей и методов в геологии. М.: Наука, 1986.

Новая наука формируется в том случае, если: 1) возникает общественное требование, стимулирующее научную деятельность в данной области знания; 2) возникают обобщающие теоретические концепции; 3) создаются научные учреждения. Для геологии все эти три условия сложились во второй половине XVIII в. Возникновение геологии как науки произошло между 1760 и 1820 гг.

Библиогр. 7 назв.

УДК 551.24(091)

Резанов И. А. **Эволюция взглядов на тектонические движения.**— В кн.: Развитие идей и методов в геологии. М.: Наука, 1986.

Изучение тектонических движений началось еще в древности. Рассмотрены предложенные различными исследователями классификации типов тектонических движений. Показано, что к настоящему времени нет достаточно удовлетворительной генетической классификации этих движений, что определяется крайней сложностью разделения движений на отдельные их типы, неоднозначностью расшифровки природы движений.

Табл. 3, библиогр. 19 назв.

УДК 552.16(091)

Романова М. М. **О роли давления в процессах метаморфизма (эволюция представлений в XIX—начале XX в.).**— В кн.: Развитие идей и методов в геологии. М.: Наука, 1986.

В статье рассмотрена история представлений о роли давления в процессах метаморфизма в XIX—начале XX в. Впервые детально проанализирована динамометаморфическая гипотеза образования горных пород, ранее не рассматривавшаяся в литературе по истории геологии. В последней четверти XIX—начале XX в. эта гипотеза имела чрезвычайно широкое распространение, ее разделяли и развивали многие выдающиеся геологи.

Библиогр. 15 назв.

УДК 550.383(091)

**Ильина Т. Д. Значение русских исследований в XVIII—XIX вв. в изучении магнитного поля Земли.**— В кн.: Развитие идей и методов в геологии. М.: Наука, 1986.

Приводятся сведения о магнитных определениях, произведенных во время морских экспедиций под командованием М. Ф. Крузенштерна, Ф. П. Литке, М. Ф. Рейнеке, И. П. Белавенца, М. Е. Жданко. Показано значение организованных в России в XIX в. постоянных магнитных обсерваторий в определении изменений магнитного поля во времени и установлении скорости его «западного дрейфа». Результаты практических исследований магнитного поля территории России дали возможность выявить общее распределение геомагнетизма на обширной территории страны и определить аномалии поля, в том числе Курскую магнитную аномалию.

Библиогр. 35 назв.

УДК 550.2(091)

**Батюшкова И. В. История представлений о роли космических факторов в развитии Земли.**— В кн.: Развитие идей и методов в геологии. М.: Наука, 1986.

Начиная с древнейших времен рассмотрены взгляды естествоиспытателей, связывавших развитие Земли с космическими явлениями. Выделены периоды, когда представления о таком влиянии преобладали или когда они отходили на второй план. В развитии космогеологии выделяются три главные фазы: 1) всеобъемлющий взгляд на Землю, характерный в II в. до н. э.— XVI в. н. э.; 2) детальные геологические исследования земной коры, разделение на «космо» и «геологию» (XVII — первая половина XX в.); 3) изучение Земли как космического тела на основе новейших достижений в изучении космоса (60—80-е годы XX в.).

Библиогр. 54 назв.

УДК 553.982(091)

**Хамарханов А. З. О проблеме происхождения нефти в науке XVIII—XIX вв.**— В кн.: Развитие идей и методов в геологии. М.: Наука, 1986.

Рассмотрены в исторической последовательности научные гипотезы происхождения нефти. Вскрыты пути развития двух представлений о происхождении нефти: из органических и неорганических источников. Показано, что решающее влияние на представления о происхождении нефти оказывали общие геотектонические и космогонические гипотезы, а также экспериментальные данные химического состава нефтей и моделирование геохимической среды нефтеобразования.

Библиогр. 19 назв.

УДК 553.1(091)

**Соколова О. А. О методике полевых геологических исследований М. В. Ломоносова.**— В кн.: Развитие идей и методов в геологии. М.: Наука, 1986.

Даются в сравнении современные представления о геологическом разрезе осадочных пород, строении и минеральном составе медистых сланцев и результаты исследования их М. В. Ломоносовым более 200 лет назад. Освещаются взгляды ученого на генезис медистых сланцев, отраженные в трудах «О слоях земных» и «Слове о рождении металлов от трясения земли».

Библиогр. 9 назв.

УДК 551.053(091)

**Малахова И. Г. Развитие представлений о взаимодействии тектонических и эрозийных процессов во второй половине XIX в.**— В кн.: Развитие идей и методов в геологии. М.: Наука, 1986.

В статье дается исторический обзор идей о взаимодействии эндогенных и экзогенных процессов, оказавших большое влияние на развитие эволюционной

геоморфологии. Показан вклад И. Д. Черского в разработку темы взаимосвязи тектоники и рельефа Сибири. Развитие представлений об эволюции рельефа рассмотрено на примере работ американского географа В. Дэвиса и представителя европейской геологической школы В. Пенка. Ретроспективный анализ идей о связи тектонических и эрозионных процессов свидетельствует о том, что развитие геоморфологии было тесно связано с формированием тектонических идей. Высказанные еще в конце XIX — начала XX в. мысли о стадийном характере рельефообразования трансформировались в настоящее время в понятие о географических (геоморфологических) циклах, имеющее важное методологическое значение для изучения неравномерного процесса тектогенеза.

Библиогр. 29 назв.

УДК. 551.49(091)

**Шведцов П. Ф. От начал к основам гидрогеологии.** — В кн.: Развитие идей и методов в геологии. М.: Наука, 1986.

Рассмотрена история гидрогеологии начиная с древнейших времен. Зарождение ее как науки началось в XVIII в., когда стало формироваться учение о подземных водах и оформление в самостоятельную дисциплину — во второй половине XIX в. Именно в это время гидрогеология стала наукой о процессах и явлениях, связанных со сменами состояния и движения внутриземных водных растворов. Рассмотрено современное состояние гидрогеологии.

Библиогр. 63 назв.

УДК 550.83(091)

**Афанасьева Н. С., Фараджев В. А. К истории разработки и внедрения новых видов региональных геологических исследований.** — В кн.: Развитие идей и методов в геологии. М.: Наука, 1986.

Рассмотрена история разработки и внедрения в практику геологосъемочных работ нового прогрессивного метода, основанного на широком применении авиации, в результате чего традиционная полистная съемка заменена групповой съемкой на новой методологической основе. Показано, что внедрение ускоренного метода полевой геологической съемки привело к улучшению ее качества, резкому ускорению работ и к экономии материальных затрат.

Библиогр. 47 назв.

## В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ "НАУКА"

готовятся к печати:

П а т а л а х а Е.И., С м и р н о в А.В. Систематика природных деформаций на термодинамической основе 15 л.

В книге обосновано существование трех тектонических стилей: мезозонального, эпизонального и катазонального. Систематически описаны типы складчатости, присущие каждому из стилей, их общие черты и специфика. Обрисовано место и соотношение природных деформаций в ходе эволюции земной коры. Показано их значение для геодинамики.

Для геологов-съемщиков и тектонистов.

К у л е ш о в В.Н. Изотопный состав и происхождение глубинных карбонатов 10 л.

В книге на основе изучения изотопного состава углерода и кислорода описаны происхождение и источник вещества различных глубинных карбонатов. Полученные изотопные данные и характер их распределения позволяют утверждать, что эндогенные карбонаты представляют собой линию смещения карбонатного вещества из двух источников с разным исходным изотопным составом.

Для геохимиков, геологов.

*Заказы просим направлять по одному из перечисленных адресов магазинов "Книга-почтой" "Академкнига":*

Магазины "Книга-почтой":

252030 Киев, ул. Пирогова, 4

197345 Ленинград, Петрозаводская, 7

117192 Москва, Мичуринский пр-т, 12

**РАЗВИТИЕ ИДЕЙ  
И МЕТОДОВ  
В ГЕОЛОГИИ**

*Утверждено к печати  
Институтом истории  
естествознания и техники  
АН СССР*

Редактор *И.И. Шехура*  
Редактор издательства *М.А. Яценко*  
Художник *Н.А. Сидельников*  
Художественный редактор *В.Ю. Кученков*  
Технический редактор *О.В. Аредова*  
Корректор *З.Д. Алексеева*

Фотонабор выполнен во 2-й типографии  
издательства "Наука"

ИБ № 28941

Подписано к печати 11.05.86. Т — 03573  
Формат 60 X 90 1/16. Бумага офсетная № 2.  
Гарнитура Литературная. Печать офсетная.  
Усл.печ.л. 9,5. Усл.кр.-отг. 9,7. Уч.-изд.л. 12.6  
Тираж 1450 экз. Тип. зак. 377  
Цена 1 р. 90 к.

Ордена Трудового Красного Знамени  
издательство "Наука"  
117864 ГСП-7, Москва В-485  
Профсоюзная ул., д. 90

Ордена Трудового Красного Знамени  
1-я типография издательства "Наука"  
199034, Ленинград В-34, 9-я линия, 12

4604