

Э. Хэллем
Великие
геологические
споры



**Великие
геологические
споры**

Great geological controversies

A. HALLAM

*Lapworth Professor of Geology
University of Birmingham*

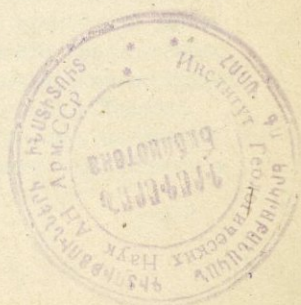
OXFORD UNIVERSITY PRESS

Э. Хэллем
Великие
геологические
споры

Перевод с английского
канд. геол.-мин. наук З. В. Кабановой

под редакцией
д-ра геол.-мин. наук Ю. Г. Леонова

Москва
„Мир“ 1985



4661

ББК 26.3

X99

УДК 55

Хэллем Э.

X99 Великие геологические споры: Пер. с англ. — М.: Мир, 1985. — 216 с.

Новая книга известного английского геолога Э. Хэллеме посвящена истории борьбы взглядов по некоторым кардинальным проблемам геологии. В увлекательной форме и в то же время в строго научном плане рассказывается о борьбе непунистов и плутонистов, катастрофистов и эволюционистов, сторонников и противников теории покровного четвертичного оледенения, мобилистов и фиксистов и т. д. Автор сообщает много интересных подробностей этих «великих геологических споров», мало известных советскому читателю.

Для геологов всех специальностей и широкого круга читателей, интересующихся историческим развитием науки о Земле.

X $\frac{1904010000-423}{041(01)-85}$ 113-85, ч. 1

ББК 26.3

552

Редакция литературы по геологии

© А. Hallam, 1983

© Перевод на русский язык, «Мир», 1985

Предисловие редактора перевода

Английский ученый Энтони Хэллем давно заслужил известность своими работами по истории геологии. Написанные им книги интересны и нестандартны. Они в увлекательной форме знакомят читателя с фактической стороной дела, но, кроме того, позволяют заглянуть в суть происходившего, познакомиться со скрытыми, объективными и субъективными, пружинами научного творчества и психологической атмосферой, в которой происходит рождение и столкновение идей и концепций. Предлагаемая читателям новая книга Хэллеме «Великие геологические споры» не только не составляет в этом отношении исключения, но, бесспорно, является его наиболее зрелым и содержательным трудом.

В этой книге Хэллем рассматривает историю нескольких знаменитых дискуссий по ряду кардинальных вопросов геологии. Они сыграли исключительно важную роль в становлении науки о Земле. В ходе этих дискуссий были решены некоторые крупные теоретические вопросы геологии. Но еще важнее то, что при этом выработывалось геологическое мировоззрение и стиль мышления, которые свойственны геологии сегодняшнего дня. Можно смело сказать и больше: хотя речь в данном случае идет о геологических проблемах, суть дискуссий имеет более общее значение; на их примере вскрываются закономерности общего характера, имеющие отношение к любым, в особенности к естественным, наукам. Поэтому данная книга будет, вероятно, интересной и полезной не только для геологов, но и для специалистов разного профиля.

К изучению истории геологии, как, наверное, и любой другой науки, подходят по-разному. Можно говорить, хотя, вероятно, и с известным упрощением, о двух подходах или, скорее, о двух уровнях исследования. Чаще приходится сталкиваться с работами описательного характера, в которых приводится в основном хронологическая канва событий: последовательность открытий, появление новых фактов и концепций, смена имен ведущих ученых, научных школ и направлений. Хотя эти работы могут быть интересными, но при отсутствии в них анализа они мало что дают для понимания процесса познания. Более высокий уровень занимают исследования аналитического характера, в центре внимания которых оказываются причины, определяющие конкретный ход развития науки с его революционными вспышками, драматическими столкновениями мнений, с неприятным и забвением прогрессивных, новаторских идей и их последующим, нередко триумфальным, возрождением. Именно к такого рода аналитическим работам относится книга Хэллеме.

Автору удалось избежать ошибок, подстерегающих ученого, изучающего прошлое науки. Одна из них, достаточно распространенная, заключается в

том, что борьба мнений и позиции ученых прежних лет часто оцениваются излишне прямолинейно и односторонне — под углом зрения наших современных знаний и принятых сейчас критериев. На первый взгляд, это позволяет легко ориентироваться в научных страстях и дискуссиях прошлого и уверенно отделить правильное от ошибочного. Но легкость эта иллюзорна. На самом же деле такой подход, когда не анализируется, как рассматриваемые идеи соотносятся с уровнем знаний своего времени, с успехами смежных дисциплин, с господствовавшими тогда общими системами мировоззрения, на фоне которых разворачивались исследуемые события, а также с методами и приемами научного анализа, не только затрудняет выявление мотивов тех или иных научных решений, но и мешает правильно оценить их действительную роль в развитии науки. Не соблазняясь более простым путем, Хэллем постоянно стремится понять и дать почувствовать читателю атмосферу описываемого времени, логику и фактическую и мировоззренческую базу тогдашней научной мысли. Это позволяет увидеть историю науки не только в черных и белых тонах. Свое место в ней находят как победившие и прочно вошедшие в актив науки теории, так и элементы отвергнутых, оказавшихся в целом несостоятельными систем.

К сожалению, в книге почти полностью отсутствуют имена русских геологов. Между тем некоторые из них явно заслуживают упоминания в связи с рассматриваемыми проблемами. Я уж не говорю о М. В. Ломоносове (кстати, он упомянут в книге), мысли и высказывания которого имеют прямое отношение к спорам между непунистами и плутонистами-вулканистами и который предвосхитил многое из того, о чем писал Геттон. Но в начале XIX в. в критику непунизма внесли свой вклад и другие русские геологи, такие, как А. Ф. Севастьянов, Н. И. Воскобойников, С. В. Гурьев, К. Ф. Бутнев, Д. И. Соколов и др. В России также уделялось внимание проблеме происхождения эрратического материала; в частности, уже в 1815 г. В. М. Севергин поставил вопрос о связи его с материковым оледенением. Количество таких примеров можно было бы существенно расширить, но это тема специального исследования, тема интересная и, кажется, еще довольно слабо изученная.

Книга Хэллема заставляет о многом задуматься. Например, об этике научного поведения, о вреде для науки и для индивидуального творчества ученого предвзятого и нетерпимого отношения к конкурирующим или просто непривычным взглядам, об опасности некритической убежденности в непогрешимости собственных доктрин, об отношении к фактам и т. д. Умело выполненный исторический анализ должен, несомненно, не только давать картину прошлого, но и помогать в исследованиях, выполняемых сегодня, учить чему-то, предостерегать от ошибок. Книга Хэллема выполняет эту функцию, и в этом ее очевидная ценность.

Ю. Леонов

Предисловие

Нами пройден длинный путь от традиционного викторианского представления о бескорыстном ученом, занятом лишь погоней за объективной Истиной, до более реалистического, хотя и не столь возвышенного, понимания того, что научные теории находятся под влиянием всей суммы взаимоотношений внутри научного сообщества. Разногласия могут возникать из-за соперничества между отдельными лицами или научными коллективами — по соображениям, ничего общего не имеющим с сутью рассматриваемых проблем. Определенную роль могут играть научные школы, связанные с разными организациями или даже странами, и существующие в силу тех или иных причин предубеждения часто затрудняют непредвзятую интерпретацию фактов.

Если согласиться с тем, что важной стороной научной деятельности являются критическая оценка и проверка концептуальных моделей, то к спорам следует отнестись как к неотъемлемой части этой деятельности; что же касается манеры ведения подобных споров каждым отдельным ученым, то она во многом зависит от его склонностей и темперамента. Я нахожу удобным делить знакомых мне ученых на «воинствующих» и «придир»; первые сильнее в выдумывании идей, вторые — в выискивании в них слабых мест. Мы в большинстве своем относимся к смешанному типу. Надеюсь, меня не обвинят в чрезмерном цинизме, если я скажу, что мы чаще оказываемся «воинствующими», когда речь идет об оценке собственных идей, и «придирами» — при обсуждении идей наших коллег; каждому, однако, понятно значение плодотворного воздействия друг на друга этих двух групп. Именно постоянному обращению к критической проверке идей и обсуждению данных, а не какому-то врожденному благородству обязана относительная добросовестность ученых.

Работая над книгой, я имел в виду две цели. Во-первых, в последние годы широко обсуждаются модели научного метода исследования и научного прогресса, но при этом недостаточно внимания уделяется, на мой взгляд, истории развития отдельных наук. История геологии дает богатый материал для такого рода анализа; я остановился на пяти подходящих к случаю примерах из числа тех знаменитых дискуссий, которые возникли при зарождении этой науки. Сфокусировать внимание на противоречиях всегда полезно, так как в спорах краски сгущаются и часто

открывается возможность заглянуть в лежащие в основе спора мотивы и доводы противоборствующих сторон. Да и внимание, кроме того, сосредоточивается на вопросах, имеющих решающее значение для обсуждаемого предмета.

Вторая цель книги — способствовать знакомству более широких кругов читателей с некоторыми увлекательными эпизодами истории человеческой мысли. За годы преподавания в университете я часто приходил в отчаянье от того, что многие студенты и даже некоторые коллеги плохо представляли и еще меньше интересовались тем, каким путем геология пришла к своему современному виду. Положение оставляет желать лучшего, если, например, даже такая фундаментальная доктрина, как униформизм Лайеля, часто походя сводится к банальной фразе: «Современное — ключ к пониманию прошлого». Соответствия здесь не больше, чем в попытке передать смысл учения Чарлза Дарвина об эволюции путем естественного отбора такими словами: «Выживание наиболее приспособленного».

Хотя книга и не претендует на исчерпывающее описание истории геологии на протяжении двух последних столетий, в ней же рассматриваются многие важнейшие изменения, произошедшие в геологическом мышлении за это время. Затрагиваемые здесь различные вопросы ни в одной другой книге не рассматриваются в их совокупности. Адамс, Гейки, Циттель в своих книгах, которые можно отнести к категории классических учебников по истории геологии, касаются тем лишь двух первых глав, к тому же написаны они под влиянием устаревших теперь историографических традиций. В последние годы, начиная с работы Джилиспи «Акт божественного творения и геология», появились, несомненно, более критические оценки описываемой здесь борьбы мнений, но они в большинстве своем стали достоянием лишь узкого круга специалистов по истории науки. Сам я уже подробно писал о дрейфе континентов, которому посвящена гл. 5 этой книги, но здесь я попытался по мере возможности избежать повторений и, кроме того, ввел большое число новых цитат.

Цитатам в книге вообще отведено много места, поскольку при хорошем отборе они, как мне кажется, больше оживляют предмет, нежели бесконечное перефразирование. Некоторые цитаты относятся поистине к рангу небольших литературных жемчужин, так как геологический язык в прежние времена чаще блистал красноречием и более сочной фразеологией, чем это в обычае сегодня. Кроме значительных высказываний некоторых великих (а также и не очень великих) лиц, заслуживающих того, чтобы стать достоянием общества, в книгу вошли записанные современниками замечания и анекдоты, помогающие полнее понять личность или позицию исследователя.

Книга написана с расчетом на профессиональных геологов и

студентов, но я надеюсь, что она окажется интересной и для более широкого круга читателей. Для ее восприятия требуется весьма скромный уровень профессиональных знаний, специальная же терминология в ней сведена до минимума. У географов, во всяком случае, не должно возникнуть серьезных проблем при чтении книги; для биологов может оказаться поучительным знакомство с геологическими предпосылками дарвиновского эволюционного мировоззрения. Те, кто интересуется историей науки, могут найти полезные сведения и информацию для размышлений в этих очерках прошлого, охватывающих темы несомненно всеобщего значения.

Первые две из описываемых здесь дискуссий относятся ко времени, названному героической эрой в геологии. В первые десятилетия XIX в. геология была наукой, полной волшебного очарования. Она оказывала самое серьезное влияние на формирование представлений о нашей планете, особенно в вопросах, связанных с оценкой времени. Более 3000 слушателей присутствовали на лекции Седжвика, которую он прочел во время Ньюкаслской конференции Британской ассоциации в 1838 г.; 4500 человек желали купить билеты на серию лекций, прочитанных Лайелем в Бостоне во время его посещения Америки в 1841 г. Приняв во внимание гораздо меньшее — и абсолютное, и относительное — количество образованной публики, по этим цифрам можно составить представление об огромной притягательной силе предмета в те дни. Наконец, знакомство хотя бы с ранней историей геологии должно быть обязательным условием для любого, кто хотел бы считаться осведомленным в вопросе о путях осмысления Человеком своего окружения.

В заключение я хотел бы засвидетельствовать свою признательность д-ру Н. Рупке, прочитавшему рукопись и сделавшему критические замечания, проф. М. Рузу и д-рам Х. Френкелю, У. Глену, М. Дж. Ходж за поучительные дискуссии и мисс Х. Гиббс за квалифицированную перепечатку текста.

Бирмингем
март 1982 г.

Э. Хэллем

«Теория, основанная на новом принципе, теория, вынужденная завоевывать себе признание, опровергая общепринятые мнения теоретизирующих ученых, и тот, кто в качестве ее рекомендации может указать лишь на точность исходных принципов..., неизбежно сталкиваются с сильнейшей оппозицией, вызванной предубеждениями ученых и предрассудками тех, мнение которых формируется не в соответствии с собственными суждениями, а с оглядкой на авторитет людей науки.

Поэтому, чтобы завоевать общественное признание, теории мало быть правдоподобной или даже безупречной; скорее всего, потребуется отстаивать каждый из ее пунктов, объявляемый другими теоретиками несостоятельным, и показывать ошибочность каждого возражения, которое может быть выдвинуто против нее. В ходе развития науки истина и заблуждение вынуждены, таким образом, сражаться друг с другом; и лишь в той мере, в какой наука изживает ложные концепции, которые также заключены в самой природе человеческого знания, в естественных науках утверждается истина».

Джеймс Геттон

«Теория Земли» (1795)

Глава 1

Нептунисты, вулканисты и плутонисты

Пренебрежительное отношение создателей новых отраслей науки к своим интеллектуальным предшественникам считается столь же обычным, как протест подростков против родителей на определенных этапах их жизни. Без сомнения, это необходимая фаза роста, и на нее следует смотреть снисходительно. Любопытно, однако, что до недавнего времени общепринятая историография судила об основателях современной геологии, от Вернера до Плейфера и Лайеля, полагаясь лишь на их собственные слова, и соглашалась с их презрительным отрицанием более ранних мыслителей в науке о Земле, видя в них лишь некомпетентных фантазеров. Геологию, говорил Лайель, не следует путать с космогонией.

Название «космогония» относится ко многим теориям о Земле, выдвинутым на рубеже XVII и XVIII вв. и получившим широкое распространение в XVIII в., начиная с работ Бюффона. Портер¹ убедительно показал, что многие из теоретиков, о которых в данном случае идет речь, далеко не заслуживали того, чтобы приписывать им, как это делал Плейфер, «род психического расстройства». Они считались ведущими учеными своего времени. Легко согласиться с этим в отношении Холли и Хука и весьма поучительно узнать от Портера, что работой Бернета восхищался Ньютон, а трудами Уистона — Локк. Такие «континентальные» европейские космогонисты, как Лейбниц и Бюффон, долгое время пользовались широкой известностью и признанием.

Создание обобщающего «научного мифа» о Земле стало важным шагом вперед по сравнению с еще более ранней традицией, когда различные минеральные образования или геоморфологические особенности изучались независимо друг от друга; тот же факт, что эмпирической проверке в то время придавалось меньше значения, чем позднее, не умаляет роли этого этапа в развитии геологии. Теории оставались теологическими и антропоцентрическими, однако под влиянием механистической философии Ньютона акцент в них постепенно смещался от представления о деградирующей планете к представлению о планете, существенно стабильной и упорядоченной; возникал также вопрос, относится ли к ней как к системе пассивной или же находящейся в динамическом равновесии.

В XVIII в. по всей Европе распространилась волна протеста против смутных и грандиозных по масштабу спекулятивных идей, при этом главное внимание стало уделяться тщательным и детальным наблюдениям почти без стремления к обобщениям. Как ни странно, но первый большой вклад в геологию, утверждавшую себя в качестве новой науки, вклад, приведший к важным обобщениям на основе ограниченных наблюдений, был сделан одним из ревностных приверженцев этого строго эмпирического направления.

Учение Вернера

Абраам Готлоб Вернер² (1749—1817) родился в Прусской Силезии и с детства был тесно связан с горным делом, сделав своим хобби коллекционирование образцов минералов. Он учился в недавно созданной Горной академии во Фрайберге, Саксония, расположенном вблизи Рудных гор — района, известного горными разработками. После учебы в Лейпцигском университете он был в 1775 г. избран профессором Горной академии во Фрайберге и занимал этот пост в течение 40 лет.

На протяжении большей части своей жизни Вернер не отличался крепким здоровьем, что явилось основной причиной его ограниченного участия в полевых работах, которые велись лишь в Рудных горах и в прилегающих районах Саксонии и Богемии. К тому же он питал отвращение к литературному труду и, будучи неважным корреспондентом, писал весьма умеренно (ему бы никогда не занять на длительный срок должность в современном американском университете!). Однако как педагог он пользовался огромной популярностью, привлекая своим энтузиазмом студентов со всех концов Европы.

Вернер гордился своей способностью к организации регулярных и методичных научных исследований. Эти черты его характера хорошо соответствовали ощущавшейся тогда необходимости внести какой-то порядок в хаос классификаций минералов и горных пород — дело, в котором остался его весомый вклад. Но он не остановился на простой классификации минералов и горных пород, а разработал основную, более общую часть своей теории, названную им *геогнозией* — термином, предложенным в середине XVIII в. Фюкселем. Геогнозия определялась Вернером как «наука, изучающая твердое тело Земли как в целом, так и в виде различных сообществ минералов и горных пород, из которых она состоит, а также их происхождение и соотношение друг с другом».

Минералогическое учение Вернера выходит за рамки простого описания минеральных веществ. В своих лекциях он рассматри-

вал широкий круг вопросов — от условий образования отдельных образцов до физической географии и человеческой деятельности, показывая влияние минералов и пород на развитие ремесел и промышленности. Кювье писал:

«Он так превосходно излагал свой предмет, что пробуждал энтузиазм у своих слушателей и разжигал в них не только склонность, но и страстную веру в свое учение... В маленькой академии Фрайберга, созданной с целью подготовки горных инженеров и штейгеров для шахт Саксонии, возрождался спектакль, воскрешавший в памяти университеты средневековья; студенты стекались сюда из всех цивилизованных стран. Здесь можно было встретить людей, уже немолодых и достигших видного положения, которые старательно изучали немецкий язык, чтобы получить возможность припасть к стопам этого Великого оракула в науках о Земле»³.

Самим Вернером было опубликовано очень немного. Поэтому при составлении полного собрания его геогностических трудов пришлось использовать некоторые неопубликованные рукописи и студенческие записи его лекций. Наиболее полное собрание трудов Вернера на английском языке было выпущено его верным английским последователем Робертом Джеймсоном⁴; главной опубликованной работой Вернера был очерк объемом в 28 с. — знаменитая *Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten* («Краткая классификация и описание различных типов горных пород»), завершенная в 1777 г., но изданная десятилетие спустя⁵. В этой работе он создал, по существу, стратиграфическую схему, претендовавшую на применимость для Земли в целом. Первоначально, в «Краткой классификации», приводились только четыре подразделения (*Gebirg* — старый немецкий горный термин), но позже к ним было добавлено пятое — *Uebergangsgebirge* («переходные» породы). В порядке от более древних к более молодым были выделены следующие подразделения:

1. *Urgebirge* («первозданные» породы). Граниты, гнейсы, сланцы, серпентиниты, кварцевые порфиры и др.

2. *Uebergangsgebirge* («переходные» породы). Последовательный ряд пород, состоящий из известняков, диабазов и граувакк, относимых в настоящее время к позднему палеозою.

3. *Flötzgebirge* («флэцевые», или «слоистые», породы). Двенадцать подразделений, включающих последовательный ряд, начиная от толщ, известных сейчас как красный лежень (*Rotliegendes*), медистый сланец (*Kupferschiefer*) и соленосные отложения (все — пермского возраста), а также толщ триаса, юры, верхнего писчего мела и до третичных, которые включают

бурый уголь и базальты. Стратиграфическое положение (возраст) толщи верхнего пясчег мела по отношению к юрским и третичным породам не было тогда надежно установлено.

4. Aufgeschwemmte Gebirge («новейшие наносы»). Относительно консолидированные породы: конгломераты Нагельфлю, пески, глины и т. д.

5. Vulkanische Gesteine (вулканические породы). К ним были отнесены «настоящие» вулканические породы (лавы, туфы) и псевдовулканиты (роговики, порцелановые яшмы).

Стратиграфическая схема Вернера не была оригинальной. В ней много заимствовано из работ его немецких соотечественников Лемана и Фюкселя, которые в середине восемнадцатого столетия установили основные особенности стратиграфических разрезов в Гарце, Рудных горах и в Тюрингии. Термин «флэцевые породы» идет от Лемана, а Фюксель, который более детально описал стратиграфическую последовательность, первым выделил реально существующие толщи (формации) горных пород — такие, как медистый сланец, цехштейн и раковинный известняк (Muschelkalk). Вернер преувеличенно подчеркивал свой долг по отношению к шведу Торберну Бергману, который в свою очередь часто цитировал Лемана, не употребляя, однако, его аналогичных и ранее опубликованных терминов Uranfangliche и Flötzgebirge⁶.

Вернер не только расширил петрографическое описание ранее установленных подразделений, но он свел их в глобальную схему и предложил теорию, объясняющую их происхождение; в этом и заключается законная претензия его учения на новизну. Почти ничего не было тогда известно о внутренней части, или ядре, Земли, но неровная форма земной поверхности с чередованием высоких поднятий и глубоких впадин была очевидной. По теории Вернера, Земля изначально была полностью покрыта первичным океаном⁷, скрывавшим даже самые высокие горы. В глубокой мутной воде во взвешенном или растворенном состоянии содержались все вещества, из которых ныне образована земная кора. Время шло, и в определенной последовательности осаждались осадки. Первоначально они выпадали исключительно химическим путем: к ним относятся граниты и другие породы, которые сейчас мы рассматриваем как изверженные, а также гнейсы и кристаллические сланцы, все вместе составляющие группу «первозданных» пород. Когда уровень воды начал падать, стали формироваться горные породы, состоящие частично из химических осадков, частично из осадков, отложившихся механическим путем («переходные» породы). Появились редкие морские окаменелости. При дальнейшем понижении уровня океана образовалась группа «флэцевых» пород, среди которых механические осадки уже преобладали над химическими и в боль-

шом количестве встречались окаменелости. И наконец, пониженные участки были заполнены аллювиальными отложениями, имеющими, следовательно, только локальное распространение; они образовались главным образом за счет механического разрушения более древних пород.

В первозданной и переходной формациях слои часто наклонены. Отчасти это объяснялось их химическим происхождением: было хорошо известно, что при кристаллизации вещества из раствора происходит отложение его как на стенках вмещающего сосуда, так и на дне его. Крутое залегание слоев могло, таким образом, указывать на их приспособление к форме первичной поверхности. Крутой наклон, однако, связывали также с неравномерным оседанием неуплотненных осадков и с оползанием их по крутым наклонным поверхностям. Считалось, что понижение уровня океана происходило не медленно и постепенно, а весьма бурно, с мощными течениями, прорывавшими глубокие каналы и приводившими к образованию долин и гор. По мере того как воды успокаивались, залегание слоев постепенно приближалось к горизонтальному, а падение уровня воды приводило к сокращению площади их распространения.

Акцент на решающую роль воды в этой теории быстро привел к тому, что ее сторонников окрестили *нептунистами*. Безапелляционный тон, принятый Вернером, хорошо иллюстрируется приводимой ниже цитатой, взятой из его работы, посвященной происхождению жил, которые также считались продуктом химического осаждения из Всемирного океана и включали как кристаллические породы, так и минералы⁸.

«Суммируя наши современные знания, мы можем с уверенностью заключить, что флэцевые и первозданные горы сложены толщами химических и механических осадков, последовательно выпадавших из воды, покрывавшей Землю. Мы уверены также в том, что ископаемые (т. е. минералы), которые слагают слои и толщи горных массивов, были растворены в этих первичных водах и выделились из них; следовательно, металлы и минералы, встречающиеся как в первичных горных породах, так и в напластованиях флэцевых гор, также содержались в этом универсальном растворе и образовались из него путем химического осаждения. Более того, мы уверены и в том, что в различные эпохи из него выделялись различные ископаемые: в одни эпохи — землистые, в другие — металлические минералы, в третьи — какие-то другие ископаемые. Мы умеем также по расположению этих ископаемых, залегающих друг над другом, с высокой точностью определять, какие из осадков древнее, а какие моложе».

С другой стороны, имеются свидетельства современников, заставляющие с большой осторожностью судить о степени догматизма Вернера, у которого его, вероятно, было не больше, чем у большинства немецких профессоров того времени. Так, Пинкертон⁹ приводит слова Вернера, что «теория приносит пользу, так как суммирует факты и делает их более ясными и привлекательными для слушателей». «Но,— продолжает Пинкертон,— со скромностью человека, действительно гениального, он не считал, что его теория лишена недостатков и противоречий». Во всяком случае, ясно, что, не отказываясь от основ своей теории, Вернер был готов вносить в нее поправки. Мы уже видели, как после публикации «Краткой классификации» он добавил «переходные» слои. Узнав, что некоторые осадки встречаются не в той последовательности и на более высоких отметках, чем предполагалось, он был готов допустить временное возвращение Всемирного океана и повторное затопление тех возвышенностей, которые были осушены раньше. Так, по Вернеру, на площади, занятой флёцевыми породами, из вновь пришедшей воды выделились базальты, затем вода снова отступила.

Утверждать, что теория Вернера была всего лишь необычайно привлекательна, значит недооценивать ее. Появившись, она легко и убедительно объяснила широкий круг геологических явлений и успешно перекинула мост между космогоническими теориями типа теории Бюффона, которые, не приводя доказательств, постулировали серию событий в истории Земли, и многочисленными, но несистематизированными эмпирическими данными, полученными учеными ряда европейских стран. Де Соссюр в Англии и Паллас на Урале подтвердили факт, впервые установленный в Центральной Европе, что ядра горных хребтов состоят из кристаллических пород, по всей очевидности более древних, чем облекающие их слои, и они же образуют фундамент в пределах низменностей. Создавалось впечатление, что величина отношения обломочных (т. е. механически отложенных) осадков к химическим (известняки, эвапориты) увеличивается вверх по разрезу, а аллювиальные осадки ограничены в своем распространении только равнинами. Чем древнее слои, тем они, как правило, сильнее искривлены, что наводило на мысль о более бурном режиме ранних эпох.

Отдавая должное педагогическому таланту Вернера, не приходится удивляться, что он воспитуал плеяду восторженных, глубоко верящих в непутизм последователей, занятых как распространением его идей, так и изучением геологического строения разных частей земного шара с целью еще ярче высветить выделенную Вернером последовательность горных пород. Однако не было недостатка и в скептиках. Одним из наиболее уважаемых критиков Вернера был итальянский геолог Сципио

Брейслак¹⁰. В своем популярном в то время учебнике геологии он доказывал, что объема воды, имеющегося сейчас на земном шаре, совершенно недостаточно для того, чтобы в ней в растворенном или взвешенном виде могло содержаться все твердое вещество земной коры. Куда же делась остальная вода? Вернерианцы так и не смогли дать удовлетворительный ответ на этот вопрос, а сам Вернер считал, что вода ушла по каким-то неизвестным причинам в космическое пространство! Брейслак, как и некоторые другие, полагал, что для многих геологических явлений можно было бы найти лучшее объяснение, допустив поднятие суши, а не падение уровня океана. Будучи итальянцем, Брейслак, как и Моро за много лет до него, неизменно восхищался мощью вулканов и их способностью приводить к поднятию, в то время как Стено еще раньше, в XVII в., видел в наклоненных и разорванных слоях Северной Италии свидетельство разрыва и обрушения земной коры. Эти новаторские работы итальянцев полностью игнорировались Вернером.

Главный спор возник, однако, по другому поводу—по вопросу о происхождении базальтов. Химический ли это осадок Всемирного океана, как утверждали нептунисты, или излившаяся из вулканов лава, как предполагала группа преимущественно французских и итальянских геологов, получивших известность под именем вулканистов?

Происхождение базальтов

Название «базальт» было воскрешено в шестнадцатом столетии Агриколой, вновь применившим этот древний термин Плиния для характерных темноокрашенных кристаллических пород, часто со столбчатой отдельностью, которые были хорошо знакомы геологам конца восемнадцатого столетия. В родной для Вернера Саксонии, как и в других местах Центральной Европы, горизонтально или почти горизонтально лежащие слои базальтов бронируют поверхность некоторых возвышенностей в областях развития пород флэцевой формации, в то время как, по всей видимости, родственные им зеленые песчаники приурочены к переходной и первозданной формациям. Прекрасно зная, что другие исследователи считают базальты вулканической породой, Вернер просто отметал их взгляды, даже не пытаясь систематически их опровергать, и неизменно защищал свою точку зрения на базальты как на химический осадок Всемирного океана. Круто наклоненные пласты базальтовых пород, косо пересекающие другие слои и известные под названием даек, не смущали его. Они попадали в его обширную категорию жил, представляющих собой, как он предполагал, трещины, заполненные химическими осадками.



4661

Существование вулканов, конечно, не могло отрицаться, но Вернер ограничивал их деятельность лишь самым последним временем. Коль скоро «внутреннего жара», могущего служить источником тепла, не существовало, Вернер считал, что извержение лавы происходит там, где базальты и другие породы плавают при горении подстилающих пластов каменного угля. Последний был известен в германских странах как в переходных, так и во флёцевых породах, и Вернер и его ученики тратили немало времени, пытаясь установить тесную связь между распространением базальтов и каменного угля. Вернер не изучал вулканы непосредственно в поле, но он, конечно, видел образцы лав. Как же он объяснял столь поразительное сходство между лавами и базальтами? Он считал, что там, где базальты находятся в виде лавы, первичный осадок был переплавлен под действием огня, образовавшегося при возгорании нижележащих угленосных отложений. Лавы часто ассоциируются со шлаками и вулканическими конусами и не имеют столбчатой отдельности. С другой стороны, в знакомых Вернеру базальтовых пластах не было шлаков, но присутствовала столбчатая отдельность, и они перемежались с осадочными породами явно водного происхождения. В 1777 г. им были проведены наблюдения в местах старых подземных пожаров на угольном месторождении в окрестностях базальтовых холмов в Богемии. Породы, изменившиеся под влиянием огня, включали обожженную глину («порцелановые яшмы»); все вместе они были объединены под названием псевдовулканитов.

Далеко не новой была идея, согласно которой присутствия горючих веществ, таких, как каменный уголь и битумы, вполне достаточно для объяснения вулканической деятельности; ее предложил еще в середине века французский геолог Жан Этьен Геттар (1715—1786). В отличие от своего прославленного современника Бюффона Геттар был эмпириком, выполнившим первые весьма ценные работы в области геологической съемки и геоморфологии. Более важным для обсуждаемой проблемы явилось, однако, то, что он первым в результате тщательных наблюдений выявил на Центральном массиве в Оверни наличие потухших вулканов, которым суждено было сыграть столь заметную роль в позднейших спорах. Геттар, правда, не считал базальты вулканической породой, полагая, что они образовались путем кристаллизации из водного раствора. Поэтому Геттара, как ни странно, можно считать прародителем сразу обеих научных школ — как непунистов, так и вулканистов.

Значительно больше оснований считаться отцом школы вулканистов у другого француза — Никола́ Демаре¹¹ (1725—1815), изыскания которого в Оверни нашли широкий отклик во Франции. В отличие от Вернера Демаре был не академиком, а госу-

дарственным чиновником, дослужившимся до поста Генерального инспектора и директора французской мануфактурной промышленности. Его интеллектуальные качества пользовались широким признанием на протяжении его долгой жизни, лучшим свидетельством чего служит полученное им приглашение сотрудничать в прославленной энциклопедии Дидро и д'Аламбера. Его отличал фанатичный и целеустремленный интерес к геологии, он был в полном смысле слова одержим горными породами, не замечая многого остального; это иллюстрируется следующей выдержкой из *элоги* Кювье¹²:

«Его друзья шутливо утверждали, что он разобьет самую прекрасную статую, лишь бы установить природу древнего камня, и эта его особенность была так широко известна, что хранители музеев в Риме побаивались впускать его. Светские разговоры, о чем бы ни шла речь, интересовали его также только с одной стороны. Например, когда один англичанин рассказывал в доме герцогини д'Анвиль о совсем тогда еще недавнем захватывающем приключении в первом путешествии Кука, во время которого корабль, наскочивший на риф, не затонул лишь благодаря тому, что кусок скалы обломился и заткнул собой пробоину, каждый из присутствующих по-своему выразил интерес к этой истории. Демаре в свою очередь спокойно поинтересовался, был ли камень базальтом или известняком».

Подобно Геттару, Демаре был убежденным эмпириком в своих наблюдениях, и его работы в Оверни — выдающийся пример тщательных и детальных исследований на очень ограниченной площади с целью решения конкретной научной проблемы. В 1763 г. он обнаружил столбчатую отдельность в вулканических породах, которые он смог связать с древним лавовым потоком, а также проследил аналогичные породы со свежим шлаком вплоть до старых кратеров. Он прекрасно понимал происхождение столбчатой отдельности в Мостовой Гигантов в Северной Ирландии, которая стала широко известна европейским натуралистам в восемнадцатом столетии. Он, правда, никогда не видел Мостовую Гигантов, но, чтобы познакомиться с активной вулканической деятельностью, посетил Италию, а также неоднократно возвращался в Овернь. Демаре был первым, кто оценил значение останцов и факт размыва и удаления некогда непрерывных толщ пепла и шлака, увидев в этом доказательство расчленения и уничтожения постепенно разрушающихся вулканических построек под действием эрозии. Эти наблюдения явились первым конкретным примером, подтверждающим доктрину о происхождении долин под влиянием эрозионной дея-

тельности рек, и первой попыткой проследить историю ландшафта, сопоставляя различные стадии эрозии.

В 1774 г. в мемуарах Академии наук Демаре опубликовал монографию, быстро ставшую классической. Как и следовало ожидать от эмпирика, он постарался быть очень осторожным и сдержанным в собственных интерпретациях, но не отказал себе в удовольствии порассуждать о том, что Геттар был не прав, рассматривая уголь и битумы как источник тепла для вулканизма; сам он предпочитал думать, что базальты могли получиться при плавлении гранитов!

Дальнейшие аргументы в пользу магматического происхождения базальтов в Центральном массиве (Овернь, Виварэ, Веле) были получены в последующие годы Сулави, Фожа де Сент-Фондом и Доломье; Распе из Гессена и Ардуино из Падуи также опубликовали статьи, подтверждающие эту точку зрения. Непокколебимым вулканистом был, конечно, Брейслак¹³, соотечественник Ардуино. Критика вулканистов, никогда не встречавшаяся в публикациях Вернера, побуждала его тем не менее искать дальнейшие подтверждения своих нептунистских взглядов. Он считал, что в 1788 г. нашел требуемое доказательство, описав на Саксонской возвышенности, в местности Шайбенберг, разрез, сложенный снизу вверх, как казалось, постепенно сменяющимися друг друга песчаниками, глинами, «ваккой» (алевролитами) и базальтами¹⁴. Полная постепенность переходов была для него ясным указанием на то, что базальты не обособлены от осадочных пород, и, следовательно, их водное происхождение бесспорно. Торжествуя, он бросает вызов вулканистам, предлагая им дать объяснение этому совершенно неоспоримому, как он считал, решающему доказательству своих идей.

К несчастью для Вернера, это новое «открытие» было вскоре поставлено под сомнение одним из самых способных и любимых его учеников — Фойгтом, который настаивал, что базальты Шайбенберга являются лавой. Последовала многословная дискуссия, которая, не переубедив ни одну из сторон, привела вместо этого к разрыву прекрасных дружеских отношений.

Беспристрастно относясь к вернерианцам, Демаре признавал, что, имея дело с одним-единственным разрезом Саксонской возвышенности, он не смог бы определить вулканическое происхождение базальтов. В остальном он держался в стороне от дискуссии между нептунистами и вулканистами, которая приобретала к последним годам столетия все больший размах; Демаре просто призывал скептиков приехать в Овернь и убедиться во всем собственными глазами.

Развитие спора шло таким образом, что вскоре теории Вернера был нанесен еще более сокрушительный удар. По одному пункту и нептунисты, и вулканисты были согласны: граниты —

это изначальные породы, часть первозданной коры. Тогда уже было известно, что вулканические породы Оверни лежат на гранитах. В 1789 г. Ги де Деломье (1750—1801), профессор «Эколь де Мин» (Горной школы) в Париже, выдвинул революционную идею (подать общественно-политическим событиям в своей стране), что граниты не являются первозданной породой и подстилаются породами самого разного состава, которые внедряются в граниты и вызывают образование базальтовой лавы¹⁵. Вулканический очаг не может, следовательно, находиться в осадочных слоях, содержащих горючие материалы; источник тепла должен располагаться на значительной глубине, под консолидированной корой. Исследования Джеймса Геттона, проведенные тогда же в Шотландии, представили доказательства того, что и сами граниты имеют изверженное происхождение и во многих случаях пронизывают лежащие над ними осадочные слои. Огню, а не воде предназначено было послужить ключом к пониманию обширного круга геологических явлений.

Плутонизм Геттона

Джеймс Геттон¹⁶ (1726—1797) с юности интересовался химией и выбрал для изучения в Эдинбургском университете медицину, как наиболее близкий его интересам предмет. Впоследствии он учился в Сорбонне и Лейденском университете, где получил докторскую степень за диссертацию, посвященную кровообращению. Однако медицина никогда не привлекала его как профессия. Вместо этого в 1754 г., после двух лет, проведенных в Восточной Англии, он стал фермером в Бервикшире. Однако интерес к химии пересиливает, и он становится компаньоном небольшой промышленной фирмы, занятой производством аммиачных солей. Полученные в результате этого средства позволили ему оставить сельское хозяйство и вернуться в 1768 г. в Эдинбург свободным человеком, который может посвятить себя научным занятиям; здесь он останется до конца своей жизни. Подобно Вернеру, Геттон был вечным холостяком, и его светская жизнь вращалась вокруг устричного клуба, куда входили такие близкие друзья, как химик Джозеф Блэк, математик Джон Плейфер, военно-морской тактик Джон Кларк оф Элдин, экономист Адам Смит, архитектор Роберт Адам и философы Адам Фергюсон и Дуальд Стюарт. Их, да еще великого философа Дэвида Юма, также жившего в Эдинбурге, было более чем достаточно, чтобы город в те времена заслужил название Северных Афин. Не считая Парижа, ему как научному и интеллектуальному центру не было равных.

Из всех названных людей Блэк оказал наибольшее влияние на Геттона. Согласно Плейферу¹⁶, их отношение к науке и ха-

рактеры едва ли могли различаться сильнее. «Пыл, энтузиазм, быстрота мысли и живость Геттона наталкивались на осторожность и хладнокровие Блэка, а боязнь чего-либо не узнать у Геттона — на страх хоть в чем-нибудь ошибиться у Блэка; любопытство Геттона было беспредельным, Блэк же вообще не обладал этим качеством; простодушие Геттона было беззаботным и часто приводило к столкновению с общепринятыми предубеждениями, тогда как Блэка отличали корректность и уважительное отношение к общепринятым мнениям».

В действительности Геттон, по-видимому, был притягательным и стимулирующим собеседником и мог бы, несомненно, стать великим педагогом, возможно сравнимым с Вернером. Плейфер писал: «Огонь его вдохновения в таких случаях (в беседах с другими людьми) и живость его лица и манер невозможно описать; они всегда воспринимались с восторгом теми, кто мог разделить с ним его воззрения, и нередко с большим недоумением теми, кто на это был не способен. Как ученый он в необычайной степени сочетал в себе искусство острых, penetratingных наблюдений со способностью к смелым и оригинальным обобщениям».

Как и в случае с Дарвином, он опубликовал свой основной труд после длительного периода созревания, но в отличие от него вскоре после этого умер. Представляется вероятным, что он пришел к заключению об изверженном происхождении базальтов и гранитов примерно в середине 1760-х годов, а несколько позднее сформулировал свою основную теорию. Друзья, очевидно, советовали ему обнародовать работу, и в конце концов в 1785 г. он прочел доклад в Эдинбургском королевском обществе. Три года спустя доклад был опубликован в собрании трудов этого общества под громоздким названием: «Теория Земли или исследование закономерностей, проявленных в создании, разрушении и восстановлении суши на земном шаре». Современному читателю стиль монографии покажется странным. Но и по стандартам современников работа была невероятно перегружена религиозными рассуждениями и часто выражала веру в высокое предназначение и целесообразность природы, что вообще было свойственно восемнадцатому, да в значительной степени и девятнадцатому столетиям. Вот, например: «Мы познаем устройство мира, воздвигнутого в мудрости, предназначеного для достижения цели, достойной той силы, которая, как это очевидно, создала его». Эта цель — поддерживать Землю в состоянии «обитаемой планеты». Мы «призваны принять порядок, достойный божественной мудрости».

Не удивительно в связи с этим читать: «Вулкан создан не с целью страхом довести суеверных людей до припадков благочестия и набожности или подвергнуть уничтожению обреченные

города; вулкан следует считать отдушиной подземного очага, предотвращающей ненужное поднятие суши и предохраняющей от пагубного действия землетрясений». Другими словами, он действует подобно предохранительному клапану — мысль, пришедшая еще Страбону. По классификации Геттона, изверженные породы Оверни и Эйфеля относятся к «настоящим лавам», а шотландские «зеленокаменные породы» (т. е. базальты и долериты) — к «подземным лавам». Этим термином он хотел подчеркнуть, что они являются интрузивными, а не экструзивными (излившимися) образованиями. Благодаря тому что граниты он также считал изверженными породами, встречающимися в виде тел огромных размеров, сопоставимых с зеленокаменными силлами и дайками, и подчеркивал важную роль подземного тепла в геологических процессах, Геттона и его сторонников стали называть плутонистами.

В Срединной долине Шотландии встречаются многочисленные силлы основных пород каменноугольного возраста; на одном из них, под названием Солсбери-Краг, в своем родном Эдинбурге Геттон провел наблюдения, которые впервые убедили его в изверженном и интрузивном происхождении зеленокаменных пород на основании их горячих контактов и обожженных вмещающих пород. Он никогда не был уверен в существовании в Великобритании «настоящих лав», которые можно найти на континенте, хотя позднее они были здесь обнаружены.

Вскоре после этого концепция магматического происхождения была распространена на граниты; главным основанием для этого послужила легко различимая невооруженным глазом письменная структура гранитов Портсой в северо-восточной Шотландии. Геттон сделал правильное заключение, что кристаллы кварца и полевого шпата, вероятно, кристаллизовались одновременно из расплава.

Для обоснования тезиса о плутоническом происхождении гранитов ему надо было показать, что они образовались не за счет переплавления *in situ* уже существующих осадков, а путем внедрения снизу вверх, как и в случае с зеленокаменными породами. Как ни странно, но он не преуспел в этом, изложив в 1785 г. свои взгляды; однако в том же году он вместе с Кларком оф Элдином предпринял новую попытку. Они выбрали участок в поместье графа Атолла в Глен-Тилте на юге Грампианских гор, где, как было известно, граниты контактируют со сланцами. Но предоставим рассказать эту историю Плейферу:

«Когда они достигли местности Форест-Лодж, примерно в семи милях вверх по реке от деревни, доктор Геттон сразу же оказался среди объектов, которые желал изучить. В русле реки можно было видеть, как множество жил красного

гранита (не меньше, пожалуй, шести крупных жил на протяжении мили) секут черные слюдистые сланцы, что создает такой эффектный цветовой контраст, который поразил бы даже безыскусного наблюдателя. Зрелище обнажений, которые сразу же подтвердили многие важные положения его системы, привело Геттона в восторг, а так как в подобных случаях он всегда бурно выражал свои чувства, то сопровождающие его спутники были уверены, что такое сильное проявление восторга и экзальтации вызвано по меньшей мере открытием серебряной или золотой жилы».

В последующие два года в Галловее и Арране Геттон также обнаружил интрузивные дайки гранитного состава, найдя, наконец, решающее доказательство того, что по крайней мере некоторые граниты моложе вмещающих их пород и не являются, следовательно, первичным веществом, как было принято думать.

В целом теория Геттона, изложенная в статье 1788 г., была чуть ли не ошеломляюще оригинальной, хотя отдельные элементы его идей, как и у Вернера, были заимствованными. Так, многими годами раньше на венецианца Лазаро Моро (1687—1740) произвели глубокое впечатление относительно недавние извержения вулкана Санторин в Эгейском море и образование конуса Монте-Нуово на Флегрейских Полях вблизи Неаполитанского залива, а также изученные им по текстам Плиния и Страбона аналогичные явления в античном мире. Моро распространил данные этих наблюдений на горные системы и высказал предположение, что их подъем вызван вырывающимися из недр земли горячими газами и лавой. К тому времени довольно много было известно о процессах денудации и осадконакопления, и рядом ученых уже применялся, хотя и спорадически, принцип актуализма, заключающийся в изучении современных процессов для понимания прошлого.

Ценным научным достижением Геттона была разработка циклической модели Земли, которая, по его представлениям, находится в состоянии динамического равновесия, а начало и конец ее невообразимо длинной истории в принципе непознаваемы. Поступление тепла из недр Земли с периодическим его высвобождением в ходе вулканической деятельности вызывает поднятие суши; это приводит к усилению эрозии, уничтожающей поднятия и понижающей рельеф суши. Образующиеся при этом осадки отлагаются в море и консолидируются. Полагали, что вода не могла быть фактором, обеспечивающим консолидацию, так как цемент осадочных пород — вещество растворимое. В этом вопросе Геттон находился под влиянием опытов Блэка, которые подсказывали, что сочетание тепла и давления на глубине может вызвать консолидацию.

Огромная мощь внутреннего тепла приводила в конечном итоге к поднятию морского дна (об этом свидетельствует присутствие морских окаменелостей на суше), после чего вступали в действие разрушающие процессы денудации; так повторялось цикл за циклом на протяжении неопределенно долгого периода времени.

Магматические образования, подразделяемые на зеленокаменные породы, граниты и порфиры (в том числе фельзиты и кварцевые порфиры), наиболее красноречиво свидетельствуют о роли внутреннего тепла. Плутонизм Геттона, таким образом, более серьезно противоречит вернеровской модели пассивной, испытывавшей лишь поступательные изменения Земли, нежели взгляды вулканистов. Так, Демаре до самой своей смерти отрицал изверженное происхождение гранитов, хотя де Люк, будучи убежденным нептунистом, готов был признать базальты вулканическими породами.

Судя по вышесказанному, следовало бы ожидать массивованного критического натиска со стороны вернерианцев, однако статья Геттона прошла почти незамеченной, если не считать нападков со стороны де Люка и Кирвана, вызванных в основном тем, что Геттоном отрицалась глубоко укоренившаяся библейская хронология, приведенная в пятикнижии Моисея (гл. 2). Кирван оспаривал также магматическое происхождение гранитов. Его нападки¹⁷, изложенные в крайне резкой форме, уязвили Геттона настолько, что побудили его написать более обоснованное изложение своей теории («с доказательствами и иллюстрациями»), которое в виде двухтомного трактата появилось в 1795 г. за два года до его смерти¹⁸. Рукопись третьего тома была обнаружена столетием позже и опубликована Лондонским геологическим обществом в 1899 г.

Гл. 1 первого тома — это почти дословное повторение статьи 1788 г.; поразительно, что в ней не упомянуты результаты его великолепных исследований 1785—1788 гг., когда он открыл не только интрузивные жилы гранитов, но и угловые несогласия¹⁹. Гл. 2 является ответом на критику Кирвана. Коснувшись убеждения последнего в водном происхождении гранитов, Геттон презрительно отверг приводимый им пример с перемычкой на Одере, указав на отсутствие каких-либо доказательств в пользу экстравагантного утверждения Кирвана, что гранитные породы образовались в результате прохождения воды через песок гранитного состава. Несомненно, более убедительным выглядело бы предположение, что неконсолидированный песок цементируется илом! Удивительно, однако, что Геттон снова забывает упомянуть результаты своих наблюдений в Глен-Тилте, Галловее и Арране, подтверждающие его идею об интрузивном происхождении гранитов.

В гл. 3 критикуются неїтунисты (имя Вернера не упоминается), а также вулканисты за то, что они не заметили связи между вулканами и поднятием суши, и за их готовность объяснить образование миндалин в базальтах с помощью инфильтрации растворов в пузырьковые пустоты (объяснение в конечном счете правильное). Следующая глава является ответом на возражения против положения, что так называемые первозданные породы, обнаженные в ядрах горных хребтов, составляют часть первичного «ядра» Земли, сформировавшегося до образования всей «организованной материи» (т. е. ископаемых организмов); породы этого типа, обнаруженные, например, в Озерном округе Англии и на Южно-Шотландской возвышенности, содержат как гальку, свидетельствующую о деятельности процессов эрозии и осадконакопления, так и окаменелости. Из этого ясно, хотя имена и не названы, что критика была направлена на воззрения Лемана и его современников, но Геттону было, очевидно, не известно, что Вернер перенес такого типа породы из первозданной формации в переходную, и это, конечно, ослабляло весомость претензий Геттона. Далее он продолжает обсуждение вопроса о происхождении гранитов, рассматриваемых и неїтунистами, и вулканистами в качестве первичных пород. (Открытия в Глен-Тилте, Галловее и Арране не упоминаются вплоть до посмертно опубликованного третьего тома.)

Говоря о первом томе, следует коснуться еще одной его части — замечания, приведенного Геттоном в гл. 6, об открытии им угловых несогласий в Арране и Сиккар-Пойте в Бервикшире. Геттон первым оценил их значение для установления исторической последовательности событий: осадконакопление и консолидация — наклон слоев и поднятие — эрозия — осадконакопление и консолидация.

Обсуждение доказательств подъема суши продолжается в гл. 1 второго тома, значительная часть которого посвящена предовой для того времени работе Соссюра с описанием Альп; на нее полностью полагался Геттон в своих представлениях об этой крупной горной системе²⁰. Решающим фактом, приведенным во втором томе опубликованной в 1786 г. работы Соссюра, является его находка в Валорзине мощной толщи конгломератов, состоящей из вертикально залегающих слоев переслаивающихся между собой галечников и песчаников. Де Соссюр, в течение длительного времени разделявший взгляды Вернера, считал, что вертикальные или круто наклоненные пласты, фланкирующие альпийские граниты, находятся в своем первичном положении. Валорзинские конгломераты убедили его в обратном. Ему пришлось согласиться с тем, что они, по-видимому, отлагались в горизонтальном положении, которое было нарушено впоследствии в результате движений земли.

Геттон был, очевидно, в восторге от этого открытия, которое подрывало один из фундаментальных принципов доктрины Вернера. Крутое залегание сланцев было широко известно, но из-за кристаллической природы этих пород их интерпретация была противоречивой, и было совсем не очевидно, что объяснение, предлагаемое Геттоном, видевшим в них первично-осадочные породы, измененные под действием высокой температуры, — корректно. В случае же неизмененных грубообломочных пород, таких, как валорзинские конгломераты, у любого непредвзятого наблюдателя не могло возникнуть никаких сомнений. Это недвусмысленным образом подтверждало мелькавшую временами, начиная со Стено, мысль, что слои осадочных пород могут испытывать наклон и деформацию так же, как и поднятие. Более того, следуя принципу Оккама, давно известный факт присутствия морских окаменелостей на горных хребтах легче было объяснить поднятием морского дна, нежели падением уровня Всемирного океана, постепенное исчезновение вод которого оставалось непостижимой тайной.

С точки зрения Геттона, еще более волнующим событием было бы открытие в Альпах следов вулканической деятельности, и он был, наверно, разочарован, не найдя указаний на это ни в третьем, ни в четвертом томах «Путешествий», которые попали к нему незадолго до смерти.

Непосредственное воздействие великого труда Геттона на геологическую общественность тех дней было незначительным, что, по-видимому, объясняется его многословием, невразумительностью прозаического стиля, отсутствием в работе четкой структуры, а также его упущением с публикацией решающих доказательств интрузивного происхождения гранитов. Такого воздействия пришлось ждать до тех пор, пока в начале XIX в. не появилась, несомненно, более ясная работа Плейфера. Однако мы должны вернуться к данным, полученным некоторыми ведущими европейскими последователями Вернера.

Исследования д'Обюиссона и фон Буха²¹

Время шло, и все более тщательные и обширные полевые исследования показывали, что стратиграфическая схема, приведенная в *Kurze Klassifikation* («Краткой классификации») Вернера, требует поправок. Мы уже видели, что сам Вернер вскоре дополнил схему, введя между первозданной и флёцевой формациями переходную формацию. Еще важнее с точки зрения влияния на теорию осадконакопления из постепенно сокращавшегося океана оказались находки в переслаивающейся с механическими отложениями флёцевой формации таких пород, как базальты и порфиры, которые первоначально относились к раз-

ряду первозданных; это предполагало возврат условий, вызывающих осаждение из водного раствора химическим путем. Кроме того, было обнаружено, что граниты местами залегают на сланцах первозданной формации. Пытаясь найти место такого рода явлениям, исследователи выделяли, например, древние и молодые граниты или несколько — первую, вторую, третью и четвертую — генераций порфиров. Полной ясности в объяснении этих изменений не было достигнуто, и попытки спасти положение, произвольно допуская периодические колебания уровня Всемирного океана для обоснования каждого из вновь возникающих случаев, подрывали доверие у любого, кроме разве слепо веровавших вернерианцев. К тому же в теории Вернера не было готового объяснения значительных колебаний мощности отдельных толщ горных пород от разреза к разрезу. Но самый жестокий удар доктрине непутизма был нанесен отступничеством и переходом в лагерь вулканистов трех наиболее известных учеников Вернера, занимавшихся у него в 1790-е годы, — Гумбольдта, д'Обюиссона и фон Буха.

Жан Франсуа д'Обюиссон де Ваузен родился в Тулузе и с 1797 по 1802 г. учился во Фрайберге. Он покинул его страстным непутистом и написал работу о базальтах Саксонии, в которой теория Вернера рассматривается как неопровержимая. По совету оппонентов он решает посетить местность, где можно было бы изучить современные вулканы, и выбирает для этого Овернь и Виварэ. Здесь он обнаружил базальты, залегающие на гранитах по крайней мере 400-метровой мощности. Едва ли можно было предположить существование *углей* под самыми ранними химическими осадками, поэтому, в соответствии с учением Вернера, базальты не могли быть лавой. Но ведь д'Обюиссон сам видел кратеры с лавовыми потоками. Фактически он пришел к тем же самым выводам и по тем же самым причинам, что и Доломье несколькими годами раньше. Он быстро опубликовал результаты своих исследований²², но ему потребовалось еще некоторое время, чтобы признать, что и базальты Саксонии имеют, по всей видимости, такое же происхождение:

«Факты, которые я наблюдал, исключали всякую возможность ошибки; правда так ясно открылась моим глазам, что, отказываясь от попытки обнаружить истину, я должен был бы либо полностью отречься от того, на что мне указывал здравый смысл, либо поступиться своей совестью, которая требовала тотчас же сообщить об этих наблюдениях. Не могло быть сомнений, что базальты Оверни и Виварэ имеют вулканическое происхождение. В Саксонии и в большинстве районов развития базальтов встречаются породы с точно такой же основной массой, в

которой заключены в точности такие же и только такие же кристаллы; полностью совпадают также условия их залегания. Это не просто аналогия, но полное сходство, и мы не можем уклониться от вывода о полной идентичности условий их образования»²³.

Однако самым знаменитым пропагандистом идей Вернера был Леопольд фон Бух (1774—1853), особенно в первые годы своих блестящих полевых исследований, которые в конце концов принесли ему репутацию одного из выдающихся геологов своего времени. Закончив учебу во Фрайберге, он некоторое время работал в Горной службе Силезии, пока не оставил ее в 1797 г., чтобы отдать все свое время научным изысканиям. Фон Бух происходил из богатой семьи и, будучи хорошо обеспеченным, мог позволить себе такой поступок. Прежде всего он немедленно отправился в Альпы, а в следующем году посетил Италию. В начале наступившего столетия он подробно описал свои наблюдения в знаменитой книге путешествий, посвятив ее Вернеру²⁴.

Вначале — в первом томе — фон Бух совершенно безоговорочно придерживался нептунистских взглядов: «Каждая страна и каждая местность, где обнаруживаются базальты, дают свидетельства, прямо противоречащие любым идеям об излинии этих удивительных пород в расплавленном состоянии и тем более о том, что каждый базальтовый холм отмечает местоположение вулкана»²⁵.

Вполне возможно, что первые сомнения зародились в нем после наблюдений вулканических пород в окрестностях Рима. Огромное впечатление произвела на него мощь вулканических сил на Везувии и Флегрейских Полях. Особенно сильно смутило его открытие полевошпатового порфира, несомненно образовавшегося из лавового потока, и он тщетно пытался отыскать хоть какие-нибудь следы отложений с углем, который мог бы обеспечить необходимое гигантское количество тепла. Тем не менее он все еще оставался в лагере нептунистов, хотя и не делал секрета из перемены своих взглядов после посещения в 1802 г. Оверни — этого кладбища нептунистских идей²⁶. Как Доломье до него и д'Обюиссон после, фон Бух был поражен, обнаружив вулканы, воздымающиеся над сложенным массивными гранитами плато. Невозможно было отрицать вулканическое происхождение ни базальтов, ни некков, состоящих из полевошпатового порфира. Однако было бы неправильно утверждать, что он вернулся в Германию убежденным вулканистом, ибо он еще некоторое время упрямо сохранял веру в водное происхождение базальтов Саксонии, которые действительно переслаиваются с осадочными породами.

Следующие большие путешествия фон Бух предпринял в Скандинавию в 1806, 1807 и 1808 гг. Результаты своих наблюдений он вновь опубликовал в популярной для того времени форме путевых заметок²⁷. С точки зрения дискуссии, о которой идет речь в этой главе, поистине самое важное открытие было сделано им в Норвегии, в районе Осло (в то время Христиании), где он наблюдал дайки гранитов, внедряющиеся в известняки с окаменелостями, явно измененные на контакте в результате прогрева. В различных районах Скандинавии им были, кроме того, обнаружены и правильно интерпретированы следы недавних поднятий суши. Эти результаты сыграли большую роль в его переходе к идеям плутонистской школы; однако он никогда открыто не признавал влияния воззрений Геттона, хотя и трудно представить, чтобы он оставался в полном неведении о его работах.

Дальнейшие исследования на Канарских островах, в Альпах и других районах постепенно убедили фон Буха в важной роли вулканизма в процессе образования гор, тем не менее формально он так никогда и не отрекся от учения Вернера, которое, как мы увидим дальше, значительно шире концепции собственно нептунизма. Как для него, так и для его современников освобождение от идей нептунизма происходило не сразу, нептунистские взгляды просто мало-помалу угасали, перестав соответствовать результатам дальнейших исследований. Подобным же образом д'Обюссон в опубликованном незадолго до смерти трактате в целом еще придерживается вернеровской системы, хотя и отвергает часть ее положений, отдавая предпочтение взглядам плутонистов. В немецких университетах в течение ряда лет после смерти Вернера нептунизм еще сохранял свои позиции, но скорее благодаря сложившейся традиции и глубоко укоренившемуся авторитету ученого, нежели внутренней убежденности исследователей; во всяком случае, он никогда уже не оправился от сокрушительных ударов, нанесенных отступничеством ряда ведущих учеников Вернера. Долгое время спустя, после того как вера в сокращающийся Всемирный океан иссякла, широкое хождение имели такие стратиграфические термины, как *переходная и флэцевая формации*, но к середине 20-х годов XIX в. нептунизм был окончательно забыт. Мы же теперь обратимся к хорошо зафиксированному в документах упадку нептунизма на Британских островах.

Специфика дискуссии в Великобритании

Окрыленный открытием морских организмов в слое базальта в Портраше (Северная Ирландия), в которых он видел свидетельство *prima facie* водного происхождения, Кирван в рабо-

те *Geological essays* (1799) («Геологические очерки») вернулся к яростным нападкам на Геттона. И хотя сторонники последнего смогли доказать, что предполагаемый базальт в действительности является глинистым сланцем, сильно обожженным на контакте с застывшими базальтами, это так и не убедило самых пылких нептунистов. Одним из таких приверженцев Геттона был Джон Плейфер (1748—1819), для которого возобновление атак со стороны Кирвана послужило главным стимулом, чтобы написать более вразумительное и потому легче завоевавшее признание изложение великого труда своего друга. Действительно, его *Illustrations of the Huttonian theory* («Иллюстрации теории Геттона») ²⁸ нашли массу читателей и быстро стали считаться классическими. Геттоновские идеи здесь передавались не только в более яркой форме, чем это было сделано самим маэстро, но в них, кроме того, были приглушены провиденциальные, мистические мотивы. В подтверждение идей Геттона было приведено много новых примеров, а местами существенно усилена аргументация. Иными словами, Плейфер был более чем просто популяризатором.

Еще одним известным плутонистом, последователем Геттона, был сэр Джеймс Холл (1761—1832) — пионер экспериментальной петрологии. Под влиянием идей Геттона об изверженном происхождении гранитов, порфиоров и базальтов он поставил опыты по плавлению шотландских и итальянских базальтов и спустя несколько лет опубликовал результаты исследований в статье, озаглавленной *Experiments on whinstone and lava* («Опыты над зеленокаменными породами и лавами») ²⁹. Он установил, что быстрое остывание ведет к образованию стекла, тогда как при медленном остывании образуется кристаллическая порода, сходная с первоначальной.

В начале XIX в. Эдинбургу суждено было стать ареной исключительно острой дискуссии между плутонистами и нептунистами. Ведущим нептунистом здесь был Роберт Джеймсон (1774—1854). После учебы в Эдинбургском университете он в 1800 г. уехал во Фрайберг, но в 1804 г. вернулся в Эдинбург, получив кафедру естественной истории, и занимал этот пост в течение полувека вплоть до своей смерти. (Плейфер возглавлял кафедру натуральной философии в том же самом университете, перейдя на нее с кафедры математики в 1805 г.)

Джеймсон, подобно своему почитаемому учителю во Фрайберге, был весьма одаренным минералогом; он стал хранителем университетского музея. Тома 1 и 2 его *System of mineralogy* («Системы минералогии»), опубликованной в 1804 г., являются, по существу, описательным каталогом этого музея, но том 3 (1808) представлял собой лучшее по тем временам изложение учения Вернера на английском языке без претензии на какую

бы то ни было оригинальность³⁰. Джеймсоч, как добропорядочный вернерианец, подчеркивал ценность эмпирических полевых исследований:

«Следует отметить, что большой практический опыт полевых наблюдений и прослеживания соотношений между минеральными образованиями необходимы для того, чтобы мы оказались способны применить принципы вернеровской геогнозии или просто должным образом постигнуть всю ценность этой правдивой и точной картины минерального царства. Несомненно также, что, попытавшись создать общую минералогическую теорию без предварительного личного ознакомления не только с ископаемыми в простейшей форме (т. е. минералами) и породами в той мере, насколько это возможно при кабинетных исследованиях, но и со способами их сочетания при образовании горных систем, которые можно правильно понять только при детальном наблюдении характера напластования пород и варьирующих соотношений слоев и жил, а также изучения особенностей различных формаций и их соотношения между собой в том виде, как они предстают в натуре — в *крупном*, так сказать, *масштабе*, — без всего этого попытка передать полезную информацию будет обречена на неудачу. Можно представить, что, находясь в таком состоянии невежества, мы часто открываем признаки дислокаций, искривления и смятия, существующих только в нашем воображении; можно даже прийти к невероятному заключению, что твердые части земного шара не более чем груда руин. Покойный д-р Геттон из Эдинбурга, человек бесспорно изобретательный, но недостаточно разбирающийся в минералогии, вывел из своих наблюдений, что существующий мир образовался из обломков двух прежних миров, населенных бесчисленными племенами животных и изобилующих прекрасной растительностью. По этой нелепой гипотезе даже гнейсы, слюдястые и глинистые сланцы — не что иное, как механические осадки, размягченные под влиянием тепла таким образом, что стал возможным их подъем без разрушения, приведший к изменению первоначально горизонтального положения на современное вертикальное.

Всеми геогностами, за исключением окружения Геттона, признано, что существует большая группа пород, названных первозданными, которые образуют древнейшую часть Земли и не содержат в себе материала более древнего, чем они сами; сами же они не что иное, как настоящие химические осадки; нельзя считать, следовательно, что наш

мир мог позаимствовать хотя бы часть своего вещества от одного или нескольких предшествовавших ему миров. Если признается истинность этого факта, то, очевидно, теория Геттона, невзирая на весь блеск красноречия в ее поддержку, должна быть отвергнута как беспочвенная»³¹.

Изучающие искусство полемики могли бы многое почерпнуть из этого пассажа, этого слегка завуалированного налетом похвалы уничтожения, имеющего целью отмежевать оппозицию от главного потока научной мысли и опорочить ее, бросая обвинения в невежестве и намекая на нелепость.

Джеймсон продолжает полемику следующим образом:

«Геттонианцы считают гнейсы и слюдястые сланцы механическими осадками потому, что в породах, возникших из состояния полного расплавления, не может сохраниться и намек на сланцеватую текстуру. Если этот вывод правилен, то подобные породы никогда бы не могли встречаться в жилах, ибо, согласно взглядам геттонианцев, все жилы образовались путем нагнетания жидкого вещества снизу. Хорошо известно, однако, что все такие породы («порфиновые сланцы», «глинистые сланцы», «слюдястые сланцы», «сланцеватый кварц») *встречаются в жилах, часто имеющих огромную мощность*»³².

Следовательно, они не могут быть «механическими» по происхождению, т. е. формироваться под действием высокой температуры на обломочные осадки. Джеймсон противопоставляет песчаники гнейсам и кристаллическим сланцам. В песчаниках полевые шпаты, кварц и слюда встречаются в виде явно обломочных частиц, несущих следы истирания. В гнейсах и сланцах эти минералы находятся в кристаллическом виде, цемента между зернами нет.

«Из этих фактов непереложно следует, что гнейсы и слюдястые сланцы суть настоящие химические продукты; так как гнейсы переходят в граниты, а слюдястые сланцы — в глинистые, то все эти породы следует рассматривать в качестве образований одного типа. Нам удалось таким образом доказать, что четыре основных вида первозданных пород — граниты, гнейсы, слюдястые и глинистые сланцы — не содержат материала, извлеченного из пород, более древних, чем они сами, и что они являются в полном смысле слова первичными. Следовательно, существующий ныне мир не получил свое вещество от одного или нескольких предшествовавших ему миров, и соответственно рушится основной принцип теории Геттона»³³.

Волнистые слои или складки причисляются к жилам неправильной формы. Геттоновская теория жил критикуется с обстоятельным цитированием работ Плейфера, а утверждение последнего, что жилы в нижней части толще, чем в верхней, ставится под сомнение на основании опыта горных работ. Жилы, находящиеся вблизи поверхности,—это не основные жилы, а всего лишь их *ответвления*. Показано³⁴, что некоторые жилы заполнены такими породами, как слюдистые сланцы, которые, согласно взглядам геттонианцев, никогда не достигали состояния полного расплавления!

Совершенно ясно, что представления Джеймсона о жилах, к которым, по его мнению, относятся также пласты и полосчатые тела метаморфических пород, сильно отличались от представлений школы Геттона. Содержательный диалог, естественно, всегда труден между людьми с совершенно разными, давно сложившимися мнениями.

В других местах книги Джеймсон решительно отрицает наличие признаков горячих контактов на краях массивов зеленокаменных пород, отрицает также и то, что вещества, полученные при экспериментах Холла, можно отождествлять с породами, встречающимися в естественном состоянии в земной коре.

В 1808 г. Джеймсон основал Вернеровское общество и с 1811 г. издавал его Ученые записки (Мемуары). В первых двух томах все геологические статьи отличались безоговорочно вернеровской направленностью и использовалась лишь терминология главы школы, но примерно к 1820 г. Мемуары отступают от столь неукоснительного следования нептунизму, хотя торжественного отречения или резкого изменения позиции не произошло. Со временем, по мере того как идеи нептунизма угасали, в Мемуарах появлялось все больше статей по зоологии, ботанике и палеонтологии. К его чести, а может быть, просто из-за недостатка материала для публикации Джеймсон принимал статьи как в поддержку, так и против учения Вернера. Даже в *Transactions of the Geological Society* («Трудах Геологического общества») в целом публиковалось намного меньше статей, защищающих идеи плутонизма; наиболее же популярные статьи, доступные для неспециалиста, печатались обычно в *Edinburgh Review* («Эдинбургском обозрении»).

В 1811 г. догматизм и бездоказательные (*a priori*) рассуждения вернерианцев подверглись критике в уничижительных выражениях со стороны анонимного автора, предположительно У. Х. Фиттона, одного из наиболее одаренных учеников Джеймсона, позднее перешедшего в лагерь геттонианцев:

«Вернеровская школа препятствует дальнейшим открытиям. Способ, которым это делается, весьма прост. Исходя

из неверного допущения, что порядок уже определен и установлен, дальнейшие исследования пресекаются, а суждения считаются доказанными на основании теоретического принципа, который сам нуждается в подтверждении с помощью подлинных наблюдений... Когда геогност Вернеровской школы приступает в наше время к изучению местности, он занят преимущественно тем, чтобы уложить наблюдаемые явления в те рамки, которые его Учитель предусмотрел для них в своей схеме минерального царства. Не такое уж это большое дело описать слои как таковые и сравнить их с аналогичными породами в других странах, для того чтобы установить их принадлежность к той или иной толще осадков при условии, что некогда они были распространены по всей Земле...»³⁵.

В более поздней статье³⁶ Фиттон рассказывает любопытный анекдот про правоверного нептуниста преподобного Уильяма Ричардсона, поддерживавшего Кирвана в его интерпретации природы портрашских «базальтов». Во время визита Ричардсона в Эдинбург Холл показал ему в районе Солсбери-Краг контакт песчаников с базальтами и заключенные в последних обломки песчаников, что указывало на внедрение базальтов в толщу песчаников. Ричардсон выразил презрительное недоумение по поводу того, что теория Земли должна базироваться на столь тривиальных внешних признаках!

В Эдинбурге по сравнению с Лондоном споры всегда велись с большой страстью, и главной целью основателей Геологического общества, созданного там в 1807 г., была попытка избежать дискуссий и спекулятивных рассуждений, отдав предпочтение трезвому анализу фактов. В 1820-х годах ведущие члены этого общества, такие, как Конибер и Букланд, не только признали вулканическое происхождение базальтов, но и обнаружили стремление поддержать соратников Геттона в их взглядах на граниты и на роль тепла в преобразовании горных пород.

Жестокий ударом для Джеймсона был переход в лагерь Геттона еще одного из его блестящих учеников. Ами Буэ (1794—1881) родился в Гамбурге от родителей франко-швейцарского происхождения; он изучал медицину в Эдинбурге, но, как и для Геттона, его истинной страстью стала геология. В написанной им в 1820 г. статье сделана попытка объяснить (по меньшей мере отчасти) происхождение шотландских гранитов с позиций плутонизма, а в 1823 г. им были описаны интрузии гранитов в Пиренеях. Несмотря на то что сам он признавал приоритет Геттона, многие «континентальные» геологи относились к Буэ, как к первооткрывателю³⁷. В 1822 г. в *Memoirs of*

the Wernerian Society («Записках Вернеровского общества») он сообщил, что в Рудных горах, одном из наиболее излюбленных Вернером районов, получены материалы, которые могут служить доказательством в пользу теории Геттона.

Адам Седжвик позднее вынужден был заметить: «Вода в мозгах долго мучила меня, пока свет и тепло не выпарили ее без остатка»³⁸. И далее:

«В 1823—1824 гг. я не пытался исследовать определенные разновидности пород на предмет поисков в них окаменелостей, так как считал, что все они находятся ниже зоны, с которой начинается жизнь. В то время я еще не вполне научился избавляться от вернеровской бессмыслицы, которую в меня вдолбили»³⁹.

Джеймсон, однако, и в 1825 г. продолжал обучать «вернеровской бессмыслице» к ужасу, по крайней мере, одного из своих юных студентов — Чарлза Дарвина:

«В Солсбери-Краг я слышал, как профессор, ораторствуя среди окружающих нас вулканических пород по поводу базальтовой дайки с миндалекаменной структурой на краях и отвердевшими слоями породы по обеим ее сторонам, сказал, что это щель, заполненная осадками сверху, и прибавил с усмешкой, что есть люди, по мнению которых она внедрилась в расплавленном состоянии снизу. Вспоминая об этой лекции, я не удивляюсь моей тогдашней решимости никогда не посещать занятий по геологии»⁴⁰.

К счастью для геологии, Адам Седжвик и Чарлз Лайель пробудили в нем энтузиазм к этой науке несколькими годами позднее.

Так как Джеймсон был умным человеком и дожил до глубокой старости, намного пережив то время, когда рассматриваемая дискуссия стала не более чем историей, имеет смысл задаться вопросом, отрекся ли он когда-нибудь от своих взглядов. В печати такого отречения не было, но, по словам Свита⁴¹, он будто бы сделал это на заседании Эдинбургского королевского общества, точная дата которого остается, правда, неизвестной.

Заключительные замечания

Начиная со времен Лайеля и позднее историкам геологии был свойствен довольно односторонний взгляд на спор нептунистов с вулканистами и плутонистами. Отдавая должное Вернеру в том, что касается его вклада в классификацию минералов и горных пород (а это относится в общем к «малому жанру») и его

педагогического таланта, почти все полагают, что своей догматической, не считающейся с фактами приверженностью к сумасбродной доктрине он сдерживал прогресс геологии⁴². Что же касается учеников Вернера, то презрение, с которым продолжали относиться ко многим из них их оппоненты, сохранялось, по-видимому, очень долго уже после завершения дискуссии. В Великобритании, пусть не в таком количестве, как на континенте, существовала влиятельная ассоциация нептунистов с экстремальными катастрофическими идеями и с непреклонной верой в правильность повествования Моисея в книге Бытия об истории сотворения мира. Если это справедливо, как будет показано в следующей главе, по отношению к Кирвану и в меньшей степени к де Люку, то совершенно не касается многих более известных геологов, поддерживавших учение нептунизма, и уж абсолютно неверно в отношении самого Учителя. Вернер, подобно Геттону, фактически был деистом и даже обвинялся в атеизме⁴³.

Что касается Демаре, Геттона и их сторонников, то отношение к их исследованиям было, напротив, почтительным; они рассматривались как безукоризненные образцы эмпирического индуктивного подхода, когда обобщения делаются осторожно и только на основе тщательно изученных и разумно интерпретируемых фактов.

Вместо того чтобы не критически принять традиционную, общепринятую точку зрения и смотреть на признание в конечном счете геттоновской интерпретации упрощенчески, т. е. как на триумф сил света (или тепла?) над силами тьмы или по меньшей мере обскурантизма, нам бы следовало задуматься над тем, что же все-таки было в учении Вернера, побуждавшем лучшие умы Европы активно распространять его идеи и проводить геологические исследования на обширной части земного шара. Чем же так притягателен был нептунизм, чтобы получить такую массу волонтеров? Прежде чем попытаться ответить на этот вопрос, попытаемся как бы взвесить на одних весах интерпретацию отдельных геологических явлений нептунистами и плутонистами.

Если к середине двадцатых годов XIX в. стало почти общепризнанным, что такие горные породы, как базальты и граниты, образовались не путем химического осаждения из водного раствора, а имеют изверженное происхождение, то и выводы нептунистов о том, что осадки консолидируются при уплотнении и образовании минерального цемента, оказались значительно ближе к истине, чем настойчивое подчеркивание Геттоном роли тепла как основной причины, когда речь шла о включениях кремней в отложениях пясчег мела. Даже Плейфер объяснял образование кремнистых конгломератов действием струи расплавленного кремния, инъецированного в толщу рыхлого гравия! Действительно, в течение многих лет одно из главных возражений,

направленных против последователей Геттона, заключалось в том, что тепло само по себе, независимо от его количества, не могло бы привести к консолидации обломочных пород.

Далее, геттонянцы доказывали, что *все* жилы — изверженного происхождения и питание их шло снизу. Сейчас, однако, известно, что, по крайней мере частично, для многих металлоносных жил правильна непунистская альтернатива, согласно которой жилы заполнялись поступающими сверху осадками из низкотемпературных водных растворов.

Следующий заслуживающий упоминания момент заключается в том, что присутствие горизонтально залегающих слоев или морских осадков на возвышенностях и в горах хотя и легче объяснить поднятием территории, нежели понижением уровня Всемирного океана, тем не менее именно в этой части динамического цикла, где речь идет о поднятии, представления Геттона более туманны, чем когда дело касается денудации и осадконакопления.

Если современному поколению геологов можно с улыбкой смотреть на промахи непунистов в интерпретации данных полевых наблюдений, которые нам кажутся простыми и совершенно очевидными, то не следует забывать о том преимуществе, которое дает нам несравненно более глубокое знание окружающего нас мира. Стоит напомнить, что даже такой искусный исследователь, как Геттар, автор выдающихся работ в Оверни, не распознал в базальтах вулканические породы, и даже Демаре признавал, что, будь его опыт ограничен лишь базальтами Саксонии, он сделал бы ту же самую ошибку, что и Вернер. И сам фон Бух, убедившийся в вулканическом происхождении базальтов в Оверни, долгое время возражал против распространения этого заключения на саксонские базальты.

Мы должны помнить, что изучение горных пород под микроскопом началось многими годами позже, а примитивные познания того времени в области петрохимии наглядно иллюстрирует вера Демаре в возможность получения базальтов из расплавленного гранита. Вернер полагал, что мог бы найти убедительные переходы от базальтов к осадочным породам, как это сделал Джеймсон в отношении гранитов и гнейсов; оба ссылались на эти данные в подтверждение непунистской системы взглядов. А ведь прослеживание переходов — обычный прием в практике полевых геологических работ, который всегда был одним из лучших способов выявления соотношений между горными породами.

Конечно, Вернера можно критиковать за ту чрезмерную смелость, с которой он распространил на весь земной шар выводы, сделанные на основании весьма ограниченного полевого опыта изучения горных пород, и, естественно, его система стала уязвимой, как только наиболее способные его ученики — д'Обюссон,

фон Бух и Гумбольдт — приступили к изучению важнейших типов горных пород, расширив географию полевых исследований. Мы должны, однако, сознавать, что в отличие от Демаре, который был, по-видимому, откровенным эмпириком, Геттон был не в меньшей степени, чем Вернер, создателем умозрительных научных систем — ведь многие из ключевых полевых наблюдений, предоставившие решительные доказательства в защиту его теории, были сделаны много позднее того времени, когда он ее впервые сформулировал. И если при объяснении обширного круга геологических явлений он справедливо приписывал ведущую роль теплу, а не воде, то современные знания показывают, что он нередко оказывался прав, несмотря на ошибочные предположения⁴⁴.

В одном, очень важном отношении вернеровская система превосходила систему Геттона — в том, что касается стратиграфии. И хотя, по общему признанию, это были всего лишь незрелые литостратиграфические построения, они тем не менее положили необходимое начало действительно историческому подходу к изучению Земли, что в конечном счете издавна считалось сущностью геологии⁴⁵.

Местные подразделения Фюкселя, Лемана и Бергмана, несомненно, были важным шагом вперед, но только общая схема, построенная в отличие от схем космогонистов на основе надежных фактических данных, могла взбудоражить научную мысль. Именно идея универсальной корреляции и послужила тем стимулом, который заставил вернерианцев отправиться в путь по земному шару, регистрируя присутствие, к примеру, первозданной, переходной и флёцевой формаций. В этом отношении несколько несправедливой кажется критика вернеровских построений со стороны Фиттона в опубликованной им статье 1811 г., так как даже сегодня большая и весьма уважаемая категория геологических исследований заключается в превращении хаоса наблюдаемых в поле обнажений горных пород в карты и разрезы, регистрирующие расположение стратифицированных образований и привязку их к ранее разработанной стратиграфической схеме.

В работе Геттона, напротив, нет никакой стратиграфии, а следовательно, и настоящей истории; вместо этого перед нами модель системы, находящейся в условиях динамического равновесия в поле, созданном неизвестными пока силами, с обертонами в ньютоновском духе. С точки зрения этого весьма существенного обстоятельства система Геттона не конкурирует с вернеровской системой и не заменяет ее⁴⁶. Согласимся, что работа Геттона *Theory of the earth* («Теория Земли»), будучи, без сомнения, и монументальным, и классическим исследованием, овееана для современного читателя отчетливым ароматом древности, причем обусловлено это не только употребляемым в ней языком.

Основной причиной, из-за которой дискуссия между непутистами и плутонистами заглохла так быстро, еще в начале XIX в., является, как я считаю, развитие превосходного нового метода исследований — корреляции отложений по ископаемым организмам. Нельзя недооценивать значения новаторских работ Кювье и Броньяра (которые всегда отдавали должное Вернеру) в Парижском бассейне и в особенности исследований Уильяма Смита в Англии. Эти работы, больше чем что-либо другое, заложили фундамент современной геологии и позволили создать полноценную шкалу относительного времени, которой можно было пользоваться во всех районах земного шара.

Ни геттонианцы, ни вернерианцы не проявляли большого интереса к окаменелостям и не имели, по-видимому, ни малейшего представления об их стратиграфическом значении. Не удивительно, что после двух десятилетий активных исследований, стимулированных указанными выше выдающимися открытиями, стратиграфическая схема Вернера оказалась несостоятельной. Так, например, в Альпах в залегающих с сильным наклоном и глубоко метаморфизованных породах «первозданного» типа были найдены окаменелости, свидетельствующие о том, что эти породы моложе некоторых неметаморфизованных, горизонтально лежащих слоев других мест. Получалось, что «универсальные» формации Вернера могут быть какими угодно, но только не универсальными.

Применение принципов Смита к сложной и непонятной группе пород «промежуточной» формации в Великобритании побудило Седжвика и Мурчисона взяться за разгадывание их тайн.

В целом структура геологической исследовательской деятельности менялась очень быстро, и постоянно приходилось искать решение вновь возникавших проблем. Многие направления исследований, которыми увлекались ученые старшего поколения, стали казаться их последователям малосущественными. Одним из важнейших следствий широкого признания биологической и историко-геологической роли ископаемых организмов было рождение нового спора, значение которого для геологии оказалось столь глубоким и всеобъемлющим, что эхо его докатилось до наших дней. К этому спору мы теперь и обратимся.

Примечания

- ¹ R. Porter (1977). The making of geology: earth science in Britain 1660—1815. Cambridge University Press.
- ² *Ospovat A. M.* (1971). Abraham Gottlob Werner, short classification and description of the various rocks. Hafner Press, New York. Основной и относящейся почти к тому же времени биографической работой является знаменитая элога Кювье. Cuvier (1819—1827). В кн.: Recueil des éloges histo-

- riques lus dans les séances publiques de l'Institut Royal de France. Levrault, Strasbourg. Более краткие описания жизни и научной деятельности Вернера включены в три книги, которые принято рассматривать в качестве классических трудов по истории геологии раннего периода: Geikie A. (1897). *The founders of geology*. Macmillan, London; von Zittel K. A. (1901). *History of geology and palaeontology to the end of the nineteenth century* (trans. M. M. Ogilvie-Gordon). Scott, London; Adams, F. D. (1938). *The birth and development of the geological sciences*. Bailliere, Tindall, & Cox, London.
- ³ Элога Кювье (англ. пер. Ф. Д. Адамса) (см. прим. 2), p. 214.
 - ⁴ Jamieson R. (1976) *The Wernerian theory of the Neptunian origin of rocks*. Hafner Press, New York. Факсимильное издание работы *Elements of Geognosy* (1808).
 - ⁵ См. *Ospovat* (см. прим. 2).
 - ⁶ Hedberg H. D. (1969). *Stockholm Contr. Geol.* 20, 19.
 - ⁷ Идея о Всемирном океане была старой, восходящей по меньшей мере к временам Лейбница и Стено.
 - ⁸ Werner A. G. (1971). *New theory of the formation of veins*; с. 110, англ. пер. Андерсена.—С. Anderson (1809). Constable, Edinburgh.
 - ⁹ J. Pinkerton (1811). *Petrology: a treatise on rocks*, vol. 2. White, Cochrane, London.
 - ¹⁰ См. *von Zittel* (см. прим. 2).
 - ¹¹ Хороший обзор работ Геттара и Демаре с полной библиографией был сделан Гейки (см. прим. 2). О Демаре см. также Taylor K. L. (1969). В кн.: *Towards a history of geology* (ed. C. J. Schneer), p. 339. MIT Press.
 - ¹² Перевод Гейки (см. прим. 2), p. 76.
 - ¹³ Zittel (см. прим. 2) дал лучшее описание этой, выполненной на континенте работы.
 - ¹⁴ Werner A. G. (1788). В кн.: *Neue Entdeckung, Intelligenz-Blattes des Allgem. Literatur Zeitung*, no 57.
 - ¹⁵ de Dolomieu G. (1789). *Journal des Mines*, 41, 385.
 - ¹⁶ Большая часть сведений о Геттоне, имеющих сейчас в нашем распоряжении, основана на биографическом описании, составленном его другом и последователем Джоном Плейфером.—J. Playfair (1803). *Trans. Soc. Edin.*, 4, 39. Бейли комментирует его труды в кн.: E. B. Bailey (1967). *James Hutton—the founder of modern geology*. Elsevier, Amsterdam, а Дотт-мл. (R. H. Dott, Jr., 1969) в кн.: *Towards a history of geology* (ed. C. J. Schneer), p. 122. MIT Press—дает современную оценку его роли в науке.
 - ¹⁷ Kirwan R. (1794). *Trans. roy. Irish Acad.*
 - ¹⁸ Hutton J. (1795). *Theory of the earth, with proofs and illustrations*. 2 vols. Факсимильное издание 1959 г.—Wheldon and Wesley, Codicote, Herts.
 - ¹⁹ В качестве возможного объяснения Бейли (см. прим. 16) выдвигает предположение, что в период подготовки рукописи Геттон был серьезно болен.
 - ²⁰ de Saussure H. B. (1779—1796). *Voyages dans les Alpes*. 4 vols. Barde-Manget, Geneva.
 - ²¹ Основными литературными источниками для этого раздела послужили книги Гейки и Адамса, указанные в прим. 2.
 - ²² d'Aubuisson de Voisins J. F. (1804). *J. Physique*, 58, 427; 59, 367.
 - ²³ d'Aubuisson de Voisins J. F. (1819). *Traité de Geognosie*, vol. 2. p. 603. (Перевод Гейки).
 - ²⁴ von Buch L. (1802—1809). *Geognostische Beobachtungen auf Reisen durch Deutschland und Italien*. 2 vols. Hande & Spener, Berlin.
 - ²⁵ von Buch (см. прим. 24), vol. 1, p. 126. (Перевод Гейки).
 - ²⁶ Его новая точка зрения была, по-видимому, известна арбитрам д'Обюиссона, когда те советовали ему посетить Овернь.
 - ²⁷ von Buch L. (1810). *Reise durch Norwegen und Lappland*, Berlin. Английский перевод Дж. Блэка был опубликован Колберном (Colburn, London) в 1813 г.

- ²⁸ *Playfair J.* (1802). *Illustrations of the Huttonian theory.* Edinburgh. Факсимильное издание 1956 г. (University of Illinois Press).
- ²⁹ *Hall, Sir J.* (1798). *Trans. roy. Soc. Edinb.*, 5, 43.
- ³⁰ *Jamieson R.* (1808). *Elements of geognosy.* Факсимильное издание 1976 г. под названием «*The Wernerian theory of the Neptunian origin of rocks.*» Hafner Press, New York.
- ³¹ *Jamieson R.* (см. прим. 30), pp. 344—345.
- ³² Курсив мой.
- ³³ *Jamieson R.* (см. прим. 30), p. 348.
- ³⁴ *Jamieson R.* (см. прим. 30), p. 346.
- ³⁵ Анон. (1811). *Edinburgh Rev.*, 18, 95.
- ³⁶ *Fitton W. H.* (1837). *Edinburgh Rev.*, 65, 9.
- ³⁷ См. *Fitton* (см. прим. 36).
- ³⁸ *Clarke J. W. and Hughes T. McK.* (1890). *Life and letters of Adam Sedgwick*, vol. 1, p. 284. Cambridge University Press.
- ³⁹ *Clarke and Hughes* — (см. прим. 38), p. 251.
- ⁴⁰ *Darwin F.* (1887). *Life and letters of Charles Darwin*, vol. 1, p. 41, Murray, London.
- ⁴¹ *Sweet J. M.* (1976). Предисловие к факсимильному изданию работы Джеймсона (см. прим. 30).
- ⁴² См., например: *Geikie* (см. прим. 2), p. 103: «...хотя ему и следует отдать должное благодаря точности литологических характеристик и упорному отстаиванию принципа геологической последовательности, все же в том, что касается геологической теории, его влияние — прямое (как педагога) или косвенное (благодаря работам его учеников и последователей) — оказалось по большей части губительным с точки зрения *высших интересов геологии*» (курсив мой).
- ⁴³ *Ospovat* (см. прим. 2).
- ⁴⁴ *Портер* (Porter, см. прим. 1), выгодно контрастируя с традиционным подходом к биографии Геттона как к некоему житию, отмечает, насколько мало зависел Геттон от главного течения эмпирической школы в Великобритании в конце XVIII в., и считает, что правильно понять его можно, лишь рассматривая Геттона как представителя шотландского просвещения наряду с такими выдающимися фигурами, как Дэвид Юм и Адам Смит.
- ⁴⁵ «Принципы геологии» *Лайеля* начинаются следующим утверждением: «Геология — наука, изучающая последовательные изменения, происходящие в органическом и неорганическом царстве природы; она исследует причины вызывающие эти изменения, и изучает их влияние на преобразования поверхности и внутреннего строения нашей планеты».
- ⁴⁶ *Фон Энгельхардт* (von Engelhardt, 1982, в кн.: *Fortschritte der Mineralogie*, 60, 21) отстаивает мысль, что нептунизм и плутонизм составляют исторические корни двух разных ветвей наук о Земле. Первый из них, зародившийся еще до Вернера, развился в историческую геологию с такими входящими в ее состав дисциплинами, как стратиграфия, палеонтология и палеогеография, тогда как с плутонизмом связано возникновение геодинамического направления, призванного объяснить физико-химическую основу природных явлений.

Катастрофисты и униформисты

Как и нептунисты, с которыми их нередко объединяют, катастрофисты пользуются плохой репутацией. В ходячем представлении это люди с неумеренной фантазией, легкомысленно изобретающие сверхъестественные причины и позволяющие априорным метафизическим убеждениям довлеть над геологическими исследованиями. Униформисты, напротив, народ трезво мыслящий, рассудительный; принципом «настоящее — ключ к прошлому» они в конце концов преодолели все препятствия и наголову разбили оппозицию благодаря своей склонности к тщательному изучению природных явлений и осторожным, логически здоровым выводам, хорошо подкрепленным фактическим материалом. В действительности история этого противоречия намного сложнее и, конечно же, интереснее.

По замечанию Хоойкааса¹, широко распространено заблуждение, касающееся различия между *методом* (т. е. способом, техникой исследования) и *миропониманием* (т. е. всеобъемлющей теорией). *Катастрофизм* — это миропонимание, уходящее корнями в спекулятивные космогонические представления Бернета, Уистона и Вудворда на рубеже XVII—XVIII вв., что, без сомнения, и было одной из главных причин того, что катастрофисты более позднего периода постоянно служили мишенью для насмешек. С другой стороны, *униформизм*, как показано Лайелем, является одновременно и миропониманием, и методом. Английский термин «униформизм» часто используется в качестве точного аналога применяемого на континенте термина *актуализм* и означает подход к изучению процессов сегодняшнего дня как к средству интерпретации процессов прошлых эпох.

Ничто не мешает, конечно, пользуясь актуалистическими методами, прийти к идеям катастрофизма. Так, в последних десятилетиях XVIII в., когда безраздельно царил этика эмпиризма и ранние катастрофисты подвергались осмеянию, широко было распространено убеждение, что наиболее эффектные особенности ландшафта — высокие горные хребты со странно искривленными слоями горных пород в ядрах и врезанными в них глубокими ущельями и долинами — не могут быть результатом процессов современного типа. Обращение к некогда проявившимся, исключительно мощным и не имеющим аналогов в настоящее время силам казалось неизбежным даже для тех, кто, несомнен-

но, посчитал бы себя оскорбленным при малейшем намеке на то, что они прибегают к помощи всевышнего. Казалось очевидным, что современные реки и потоки недостаточно полноводны и быстры, чтобы прорезать долины, в которых они текут. И было далеко не ясно, что общего могут иметь сравнительно скромные современные поднятия суши, отмечаемые, например, в вулканических областях Италии, с сильно наклоненными или изогнутыми слоями в Альпах и других горных хребтах. Заключение о мощнейших преобразованиях в прошлом казалось совершенно логичным для таких выдающихся ученых, как Доломье и Паллас, которые не разделяли убеждений непутистов.

Если Геттон заслуживает титула «основателя современной геологии»², то не столько за его плутонизм, сколько за вызов, брошенный им широко распространенному тогда убеждению о фундаментальном отличии прошлого от настоящего, и за введенное им представление об огромной, пусть тогда еще и не измеренной, продолжительности геологического времени.

Теория Геттона и ее критика

Ученые-геологи XVIII в., даже космогонист Бюффон, временами применяли актуалистическую методологию. Тот факт, что блестящий русский ученый М. В. Ломоносов (1711—1765), умерший, когда Геттон еще занимался фермерским трудом, а Вернер был юношей, использовал в своих исследованиях актуалистические принципы², примечателен, наверно, по следующей причине. Одаренный человек, умственно не скованный жесткой приверженностью к библейским догмам, даже в условиях очень ограниченного и косвенного общения с мыслительными центрами Западной Европы, мог независимо выработать научный подход, позднее ставший общепризнанным.

Однако лишь Геттон попытался прибегнуть к актуалистическому методу как к средству оценки, хотя бы косвенной, геологического времени. Об этом ясно свидетельствует приведенная ниже выдержка из его статьи 1788 г.⁴, противоречащая обвинению его в неясности:

«Изучение современного состояния вещей дает нам материал, позволяющий судить о том, что было раньше; знание же действительно происшедшего позволяет сделать заключение, что должно случиться здесь потом. Следовательно, *допустив равномерный ход и постоянство природных процессов*⁵, мы получаем, судя по всему, основание для вывода о том, что для осуществления тех событий, результат которых мы сейчас наблюдаем, неизбежно требовалось какое-то время».

Обратите внимание на важнейшее допущение, отмеченное в приведенном выше высказывании курсивом. В логическом отношении оно, по-видимому, не отличается от альтернативного утверждения, основанного на поразительных внешних признаках (альпийские долины, например), согласно которому природные процессы не равномерны и не постоянны.

Позднее Геттон развивает эту мысль и вводит понятие о *неограниченном* времени:

«Подводя итоги спору, мы уверены⁶, что море размывает берега и беспрестанно разрушает современные континенты в целом; однако процесс идет настолько медленно, что мы не в состоянии найти меру для его количественной оценки. Следовательно, при естественном течении земных процессов требуется неограниченное время для разрушения современных континентов земного шара, которые сейчас, как мы считаем, находятся на стадии зрелости»⁷.

Строгое следование этому принципу приводит к выводу, в высшей степени устраивающему деиста, не интересующегося первопричинами и верящего в механистическую вселенную Ньютона:

«Итак, для объяснения того, что происходит, нет повода прибегать к помощи каких-либо неестественных вымышленных бедствий, к каким-либо разрушительным случаям в природе или к действию сверхъестественных сил»⁸.

Между прочим, нигде в своей статье Геттон не цитирует ни одного современного ему ученого, который действительно бы обращался к сверхъестественному, хотя не приходится сомневаться, что популярные мифы были еще живы.

Вышеприведенные отрывки все же с трудом наводят на мысль, что принцип Геттона — этот образец эмпиризма в геологическом фольклоре — обладал по сравнению с любыми альтернативными подходами огромной эвристической ценностью для динамической геологии. Возьмем, например, выразительную выдержку из *Illustrations* («Иллюстраций») Плейфера, где обсуждается волнующая проблема горных долин:

«Именно там, где реки прокладывают путь в узких теснинах среди гор, легче всего устанавливается идентичность слоев на обоих бортах, вызывающая чувство глубокого изумления у наблюдателя... Не найдется человека, хоть немного склонного к геологическим раздумьям, который тут же бы не сообразил, что некогда горный массив занимал пространство, занятое теперь рекой; а отважившись поразмыслить о причинах таких удивительных перемен, он при-

пишет их некой великой конвульсии природы, разорвавшей гору и открывшей проход реке. Но только философ (ученый), глубоко продумавший, к каким результатам может привести длительное и непрерывное действие, и понявший простоту средств природы, увидит здесь не что иное, как постепенную работу потока, когда-то текшего на уровне вершин так глубоко пропиленного ныне горного хребта, и затем врезавшегося в горные породы почти тем же способом, каким резчик распиливает блок мрамора или гранита»⁹.

Прибегнув к аргументам, которые кажутся мне самыми прекрасными в его книге, Плейфер продолжает атаку на катастрофическую интерпретацию процесса возникновения долин:

«Любая река состоит из основного ствола, питаемого множеством притоков, каждый из которых течет в долине, соответствующей его величине; все вместе они образуют систему связанных друг с другом долин, обладающих настолько прекрасной согласованностью уклона их русел, что ни один из них не впадает в главную долину ни слишком высоко, ни слишком низко — обстоятельство, которое было бы в высшей степени невероятным, если бы каждая из этих долин не была обязана своим возникновением работе текущего в ней потока.

Если бы река действительно состояла из одиночного, без притоков, русла, проложенного в прямолинейной долине, то можно было бы предположить, что какое-то великое сотрясение или мощный поток однажды вскрыли проход, по которому вода направилась к океану; но когда мы рассматриваем обычную форму реки, главный ствол которой расщепляется на множество притоков, уходящих на большие расстояния друг от друга и в свою очередь снова ветвящихся на бесчисленное число еще более мелких ответвлений, в сознании прочно укрепляется мысль, что все эти долины прорезаны самой водой, что они постепенно углублялись за счет эрозии местности и что неоднократное прикосновение одного и того же инструмента выгравировало столь причудливую сеть линий, глубоко врезанных в поверхность земного шара».

Научная теория ничего не стоит, если она не стимулирует воображение. Воображение Плейфера в отношении необъятности геологического времени было, по его собственному свидетельству, глубоко взволновано, когда в 1788 г. он вместе с Геттоном и Холлом осмотрел знаменитое угловое несогласие в местечке Сиккар-Пойнт, где субгоризонтально лежащие девон-

ские песчаники перекрывают толщи почти вертикально стоящих глинистых сланцев и граувакк силура.

«Доктора Геттона привел в восхищение вид этих обнажений, позволяющих столь наглядно увидеть различные формации, слагающие внешнюю кору Земли, и в которых благодаря удачному сочетанию всех обстоятельств можно сделать полные и точные наблюдения. Мы впервые видели эти феномены, и произведенное на нас впечатление нелегко забыть. Перед нами были осязаемые свидетельства одного из наиболее необычных и значительных фактов в естественной истории Земли, придающие реальность и вещность тем теоретическим рассуждениям, в которых, несмотря на их правдоподобие, никогда еще не удавалось удостовериться так наглядно. Могли бы мы, напрашивался вопрос, получить более ясные представления о формировании этих пород и о длительном интервале, разделявшем время их образования, окажись мы на самом деле свидетелями их воздымания со дна морских глубин? Мы ощущали себя перенесенными назад во времени в ту эпоху, когда сланцы, на которых мы стоим, находились еще на дне моря, а песчаники, что сейчас перед нашими глазами, только еще начинали осаждаться в виде песка и мути из толщи океанической воды. На сцену выступает еще более отдаленная эпоха, когда даже древнейшие из этих пород не стояли на головах в виде вертикальных слоев, но лежали горизонтально на морском дне, и их залегание не было еще нарушено действием неизмеримо мощных сил, разорвавших твердый панцирь планеты. Еще более отдаленные от нас революции вырисовываются в этой удивительной перспективе. Кажется, голова идет кругом, когда заглядываешь так далеко в эту бездну времени; слушая с интересом и восхищением философа, разворачивающего перед нами упорядоченную картину последовательности этих удивительных событий, начинаешь сознавать, насколько дальше иной раз может проникнуть разум по сравнению с тем, на что отваживается воображение»¹⁰.

Обратите внимание, как в этом великолепном отрывке Плейфер позволяет своему воображению уносить его назад сквозь время: «Еще более отдаленные от нас революции вырисовываются дальше в этой удивительной перспективе. Голова, кажется, идет кругом, когда заглядываешь в эту бездну времени». Надежное доказательство существует лишь для одного геттоновского «цикла». Более того, в этом и ранее цитированных отрывках он намекает на то, что огромные интервалы времени, которые приходится допустить, связаны в большей мере с денудационной

частью цикла, а не с поднятием, «...когда даже древнейшие из этих пород не стояли на головах в виде вертикальных слоев, но лежали горизонтально на морском дне, и их залегание не было еще нарушено под действием неизмеримо мощных сил, разорвавших твердый панцирь планеты». В словах, набранных курсивом, просматривается дополнительный смысл — указание на катастрофическое поднятие, — вполне созвучный с принятым в то время образом мышления. Эта сознательная презумпция асимметрии цикла, по-видимому, тоже отражает мысли самого учителя. Так, Геттон пишет о «...гигантских силах, ломающих и перемещающих правильно лежащие слои; ... слои, сформировавшиеся в правильной последовательности на дне моря, были с силой изогнуты, разломаны и передвинуты с их первоначального места»¹¹.

Будучи математиком, Плейфер позволил себе метафорически, на языке дифференциального исчисления, выразить свое отношение к геологическому времени:

«Тот факт, что развитие с человеческой точки зрения идет слишком медленно, чтобы его можно было сразу распознать, не дает оснований возражать против его реальности. То, что в лучшем случае доступно нашему опыту, представляет собой ничтожно малую — по сравнению с целым величиною и должно восприниматься как мгновенный прирост грандиозной прогрессии, лимитированной лишь продолжительностью существования мира. ВРЕМЯ выполняет операцию *интегрирования* бесконечно малых величин, составляющих эту прогрессию; получающийся в итоге суммирования результат превышает любую наперед заданную величину»¹².

Геттон закончил статью 1788 г. наиболее знаменитой своей сентенцией: «Выполненные нами исследования приводят, таким образом, к заключению, что мы не находим ни следов начала, ни признаков конца». Плейфер развил эту мысль следующим образом:

«Творец природы не обеспечил Вселенную законами, которые, подобно созданиям человеческих рук, несли бы в себе орудие своего собственного уничтожения. В свои творения он не допустил симптомов детства и старости, ни вообще каких-либо признаков, позволяющих определить их будущее или продолжительность их прежней жизни»¹³.

Теория Геттона настолько радикально ушла вперед по сравнению со всем, что было до этого, что враждебные критические нападки на нее были просто неизбежны¹⁴. Нелегко поддавался обращению даже его друг сэр Джеймс Холл:

«Моим побуждением было полностью отвергнуть его систему, и такое отношение могло, вероятно, сохраниться, если бы не привычная близость с автором, живость и проницаемость которого в беседе так поразительно контрастировали с туманностью его писаний. Это его очарование и множество свежих фактов, на наблюдение которых подтолкнула его система, заставляли меня прислушаться к аргументам в пользу идей, казавшихся мне тогда фантастическими. После трех лет почти ежедневных сражений с доктором Геттоном по вопросам теории я начал смотреть на его основополагающие принципы все с меньшим и меньшим отращением»¹⁵.

Как уже отмечалось в гл. 1, появившаяся в печати критика на статью Геттона 1788 г. принадлежала в основном Кирвану и де Люку.

Ричард Кирван (1733—1812) — известный химик и минералог — был президентом Королевской Ирландской академии с 1799 по 1819 г. В статье, опубликованной в 1793 г.¹⁶, он весьма страстно нападал на Геттона, обвиняя его в атеизме, высмеивая и выставляя в ложном свете. По мнению Кирвана, абсурдной была мысль о философской неизбежности оставаться в неведении относительно происхождения Земли. Он считал, что нептунистская последовательность горных пород легко согласуется с библейской версией; в геологическом истолковании шаг за шагом разворачивается история божественного сотворения мира. Не будучи геологом, Кирван претендовал на широкую осведомленность во всем, что касалось явлений природы, но претендовать — еще не значит знать. Его главное возражение Геттону основано не на каких-либо доказательствах, а вызвано отходом Геттона от буквальной веры в акт божественного творения. Ввиду прозрачности мотивов этого «иска», изложенного Кирваном в статье и в более расширенном виде в его *Geological essays* (1799) («Геологических эссе»), остается лишь удивляться, что его атака привлекла столь серьезное внимание; и все же рациональное зерно в его критике было — он ратовал за *историчность* геологии, которую Геттон проглядел. Но в ретроспективе главная ценность критики заключалась в том, что она побудила Геттона позаботиться об обеспечении своей теории фактами.

В ответе Кирвану в гл. 2 первого тома *Theory of the earth* («Теории Земли») Геттон презрительно отвергает его рассуждения о гранитах. По поводу слов Геттона: «Мы не находим следов начала», — Кирван заметил, что «в этом случае система последовательных миров была бы, очевидно, вечной», что вызвало ответную реплику Геттона: «Вот логика, следуя которой меня, чего доброго, обвинят в атеизме». Он выражает недовольство Кирва-

ном, считая, что тот углядел в его словах смысл, который он и не думал в них вкладывать.

«Прослеживая назад ход событий, сменяющих друг друга во времени и отсчитывающих нам ход времени, мы доходим до эпохи, дальше которой заглянуть уже не можем. Однако это еще не начало действовавших позднее процессов... Моей главной заботой было показать, как в целом задумано устройство мира; я это и старался сделать, но основывался при этом не на предположениях и догадках, а на собственном выразительном ответе этого мира о конечном его предназначении — создании условий для жизни животного царства, ибо в этом, без сомнения, и заключается его цель».

Иными словами, Геттон отходит от признания взгляда Аристотеля на вечность мироздания, вводя методологические ограничения; геологические данные не дают решения, и он удовлетворяется тем, что оставляет вопрос открытым. В его системе нет даже намека ни на прогресс, ни на направленность развития.

Жан Андре де Люк (1727—1817), был, несомненно, более серьезным критиком. Он родился и вырос в Женеве, но с 1773 г. жил в Англии. Опытный естествоиспытатель, хорошо ориентирующийся также в физике и химии, он должен считаться одним из пионеров в изучении динамики геологических процессов. Особой известностью у современников он пользовался, вероятно, благодаря борьбе за широко распространенное мнение о фундаментальном отличии действующих, современных причин от причин, действие которых прекратилось (типа, например, сил, ответственных за возникновение гор). Так что его конфликт с Геттоном был неизбежен.

Де Люк опубликовал четыре письма в ответ на статью Геттона 1788 г.¹⁷, а позднее суммировал свои взгляды в «Элементарном учебнике геологии»¹⁸. Краеугольным камнем его системы явилось разделение истории Земли на две по самой своей сути различные эры, для первой из которых были характерны создающие процессы, вызвавшие рост континентов, для второй — более поздние, следовавшие за этим события. Более раннюю, закончившуюся уже эру он разделил на шесть последовательных стадий, соответствующих формациям Вернера. Ей был положен конец примерно 4000 лет назад ярким событием, ознаменовавшим начало современной эры. В ходе великой катастрофы древняя суша была затоплена стремительными потоками огромной массы воды.

Все получалось как бы независимо от истории Моисея, и де Люка восхищало это прекрасное совпадение научных и библейских доказательств, в особенности в том, что касалось всемирного потопа¹⁹. В противоположность его пренебрежительному от-

ношению к Кирвану, который в «Геологических эссе» допустил непростительную ошибку, исходя в своих рассуждениях а priori из библейской истории сотворения мира, де Люк относился с уважением к Геттону и Плейферу, хотя его трактат в первую очередь был направлен против их взглядов. Особенно смущала его отстаиваемая этими авторами огромная древность мира:

«По мнению д-ра Геттона и многих других геологов²⁰, наши континенты беспредельно древние; как они были заселены, нам неизвестно, человечество пребывает в полном неведении относительно своего происхождения. По моему собственному мнению, возникшему из того же самого источника, а именно из фактов, древность наших континентов настолько невелика, что среди людей еще сохраняется память о революции, давшей им рождение; вот что заставляет нас искать в книге Бытия летопись истории человечества, начиная с его возникновения. Можно ли в кругу всех естественных наук отыскать вопрос более значительный?»²¹.

Обвинять оппонентов в умышленном притягивании фактов в угоду своим субъективным убеждениям было обычной особенностью научных дебатов того времени; де Люк так и поступал, обвиняя Геттона и Плейфера. Приведенная цитата говорит о его уверенности в том, что факты на его стороне, но вопрос, конечно, в том, что понимать под фактами. Те факты, которые убеждали Плейфера в поднятии береговой линии, для де Люка служили указанием на падение уровня моря!

Лекции Кювье

В первые годы XIX в. Париж как центр геологических исследований соперничал с Эдинбургом и в конце концов затмил его; именно здесь был заложен фундамент для развития палеонтологии. Это произошло благодаря основанию при новой республике Музея натуральной истории в Жарден де Планта и назначению туда профессорами нескольких людей исключительного таланта. Геологию представлял Фожа де Сент-Фонд, минералогию — Хаюи и затем Броньяр, беспозвоночных изучал Ламарк, позвоночных — Жофруа Сент-Илер и самый блистательный из всех — Кювье.

У Жоржа Кювье (1769—1832)²², которого обычно считают французом, родители были швейцарцами, а образование он получил в Штутгарте. В его знаменитом труде, посвященном сравнительной анатомии и функциональной морфологии ископаемых позвоночных, был сформулирован «закон корреляции частей организма» и содержалось сенсационное утверждение, основанное на изучении ископаемых слонов и гигантских ленивцев, что часть

организмов вымерла. Кювье внес также значительный вклад в стратиграфию. Под влиянием классических работ Лемана и Фюкселя в Саксонии и Тюрингии Кювье и Броньяр заинтересовались отложениями Парижского бассейна, обратив, в отличие от предыдущих исследователей, особое внимание на содержащиеся в них окаменелости. В отложениях третичного и мелового (писчий мел) возраста были обнаружены комплексы организмов, которые исчезли так же внезапно, как и появились. Используя метод актуализма, Кювье и Броньяр смогли показать, что в третичных слоях зафиксировано циклическое чередование пресноводных и морских условий, свидетельствующее, по-видимому, в пользу идей Геттона. (Другой великий француз — Демаре из-за недостатка доказательств скептически относился к циклам Геттона.)

В более стройном и расширенном виде Кювье изложил свои идеи в крупной публикации, увидевшей свет в 1812 г. — годом позже выхода трудов по Парижскому бассейну. Она была посвящена изучению ископаемых костей, но в предисловии под названием *Discours préliminaire* («Вводные лекции») Кювье предложил новую теорию. Очень быстро было осознано большое значение этого предисловия, и оно выдержало несколько изданий в виде *Discours sur les révolutions de la surface de globe* («Лекций о революциях на поверхности земного шара»). Джеймсон опубликовал их английский перевод, выдержавший четыре издания²³. Кювье считал себя эмпириком *par excellence* и отказывался предаваться рассуждениям, которые не могут быть надежно подкреплены фактами:

«Мы предлагаем изучать изменения, все еще происходящие на нашей планете, исследовать причины, продолжающие действовать на ее поверхности... Этот отрезок истории Земли тем более важен, что давно уже считается возможным объяснить прошлые революции на ее поверхности с помощью этих все еще существующих причин...»²⁴. Однако мы убеждаемся, что не так, к сожалению, обстоит дело в физической истории; нить процесса здесь обрывается²⁴, поступь природы меняется, и ни один из факторов, используемых природой ныне, нельзя признать достаточным для работы, выполненной в прошлом»²⁵.

Из приведенного отрывка ясно, что актуализм не являлся для Кювье чем-то новым, и действительно на континенте он был взят на вооружение, в частности, Палласом, де Соссюром и Доломье. Тем не менее Кювье решительно становится на сторону де Люка в том, что касается вывода о несопоставимости прошлого и настоящего. Важно отметить: Кювье, подобно де Люку, полагал, что его система взглядов прочно опирается на факты.

Суть идей Кювье видна из следующего отрывка:

«Участки, некогда представлявшие собой сушу, несколько раз затапливались водой в результате вторжений моря или в ходе скоротечных наводнений. Любой, изучающий районы, покинутые водой при ее последнем отступании, может также убедиться, что эти площади, заселенные сейчас человеком и наземными животными, по меньшей мере однажды, а возможно, и несколько раз уже поднимались выше уровня моря, и в прежние времена на них устойчиво существовали четвероногие, птицы, растительность и вообще все, что возникает на суше. Иначе говоря, море покинуло теперь сушу, которую оно перед тем затапило. Изменение уровня моря заключалось не просто в его более или менее постоянном и повсеместном отступании. Отмечается последовательная смена подъемов и падений, конечный результат которых выразился, однако, в общем понижении уровня моря.

Но исключительно важно отметить, что эти повторяющиеся вторжения и отступания ни в коей мере не происходили постепенно. Напротив, порождавшие их катаклизмы возникали по большей части внезапно. Это особенно легко показать для последнего из них, когда благодаря двойной подвижке современные континенты вначале были поглощены морем, а затем, по крайней мере на большей части своей площади, осушились. В северных странах эти события оставили вмержшие в лед туши огромных четвероногих, сохранившиеся до наших дней вместе с кожей, шерстью и мясом. Если бы они не были заморожены тут же в момент гибели, разложение разрушило бы их тела. Но с другой стороны, такой постоянный холод не мог быть до этого свойствен тем местам, где мы находим вмержших в лед животных: они не могли жить при подобной температуре. Животные погибли, значит, в тот самый момент, когда оледенение нагрянуло на области их обитания.

Все случилось внезапно, а не постепенно, и этот вывод, столь очевидный для последней из катастроф, не менее справедлив и для предыдущих. Дислокации, наклон и опрокидывание древних слоев не оставляют сомнений в том, что неожиданные и мощные причины привели к возникновению наблюдаемых нами формаций, а о неистовой мощи движений моря свидетельствуют скопления обломков и окатанной гальки, залегающие часто между пластами коренных горных пород.

Столь грандиозные события нарушали в такие эпохи и течение органической жизни. Масса живых существ стано-

вилась жертвой подобных катастроф: часть из них, обитавших на суше, поглощалась наводнением, другие, жившие в глубоком море, оказывались на поверхности Земли, осушавшейся после внезапных поднятий океанического дна; целые семейства погибали безвозвратно, оставляя лишь несколько реликтовых форм, которые натуралистам с трудом удается распознать»²⁶.

Данные в пользу периодически повторявшихся катастроф включали внезапное исчезновение фауны вверх по разрезу (в чем личный опыт Кювье был ограничен Парижским бассейном), чередование морских и пресноводных слоев в отложениях Парижского бассейна, конгломераты и нарушенное залегание слоев в более древних породах. Весомым доказательством считался вывод о внезапной гибели сибирских мамонтов, останки которых обнаружили в вечной мерзлоте в конце восемнадцатого столетия²⁷. Обращает на себя внимание весьма уверенный, даже категоричный тон высказываний, сочетающийся с ограниченным опытом полевых исследований, — и вспоминается многоуважаемый Вернер!

Будучи формально христианином, Кювье, как в сущности все его современники ученые, не проявлял интереса к попыткам согласовать геологические данные со священным писанием, не говоря уже о привлечении сверхъестественных сил для объяснения описываемых им катастроф; его внимание было в основном направлено на выявление сведений о событиях в прошлом с максимально возможной точностью. В то время как последовательные катастрофы, причины которых не обсуждались, приводили к вымиранию видов животных, их место в вертикальном разрезе занимали другие виды, мигрировавшие, как это допускалось, из других морей или континентов. Из этого следует, что не все катастрофы, даже из числа обширных, являлись обязательно глобальными. Кювье не задавался вопросом о том, как образуются новые виды, но он резко возражал против эволюционных взглядов своего коллеги Ламарка.

Установление доктрины катастрофизма

В 1821 г. Александр Броньяр, сотрудник Кювье, смог сообщить о присутствии окаменелостей мелового возраста на высоте около 2000 м в Савойских Альпах и окаменелостей, сходных с третичными окаменелостями Парижского бассейна, высоко в Виченцских Альпах²⁸. Эта работа ясно показала, что окаменелые остатки ископаемых организмов — ключ к корреляции и что некоторые горы очень молоды. Исследования этого направления были продолжены самым блестящим из последователей Кювье

во Франции — Леонсом Эли де Бомоном (1798—1874), труды которого получили широкое признание также в Великобритании и Германии. Воспользовавшись новыми приемами стратиграфических исследований, разработанными Кювье и Броньяром во Франции и Смитом в Англии, он детально изучил смятые в складки слои горных хребтов на большой площади в Европе и смог доказать существование многочисленных эпизодов горообразования. Особенно интересным было открытие, согласно которому главный эпизод воздымания гор в Пиренеях имел место между меловым и третичным периодами, т. е. соответствовал времени массового вымирания фауны. Из этого он сделал решительный вывод, что вымирание могло вызываться поднятием горных хребтов, если оно было достаточно резким²⁸.

Эли де Бомон следовал Кювье, отстаивая мысль, что смятые в складки и наклонно залегающие слои указывают на внезапность нарушения и что мы не вправе экстраполировать на такие «катастрофические» явления данные о явно медленных и постепенных «процессах, действующих в настоящее время». Длительные периоды пассивности внезапно прерывались относительно кратковременными поднятиями суши или стремительными вторжениями моря.

Еще одно важное дополнение со стороны французов внес Адольф Броньяр, сын Александра Броньяра, опубликовавший в 1823 г. монографию по ископаемой флоре от позднепалеозойской до современной²⁹. Изменения при переходе от формации к формации обнаруживались не только в животном, но и в растительном царстве. Флора угленосных толщ карбона Западной Европы имела, по его мнению, тропический характер, что давало биологическое подтверждение существовавшей тогда геофизической теории, построенной на базе измерений геотермического градиента в горных выработках. Математик и физик, Фурье считал, что геотермический градиент обусловлен остаточным теплом Земли, скорость остывания которой со временем постепенно уменьшается. Эли де Бомон включил эти представления в свою синтезирующую теорию горообразования. Земля по мере охлаждения сжимается, что вызывает смятие слоев в складки и поднятия горных хребтов. Вулканизм также проявлялся более интенсивно в прежние времена, когда Земля была сильнее разогрета.

Нельзя недооценивать научную силу этого синтеза в том плане, как он воспринимался хорошо осведомленными современниками. В нем сочетались важнейшие элементы непунизма, принимающего переход от древних, сильно деформированных к более молодым, недеформированным породам, и плутонизма, принимающего магматическую активность и поднятие гор, а также вывод о большом расходе геотектонической энергии на ранних стадиях развития Земли. С этими тектоническими перестройками,

включавшими резкое поднятие и опускание, могли быть связаны главные фазы вымирания и изменений органического мира. Новое оружие стратиграфии, которое она получила благодаря ископаемым организмам, давало возможность коррелировать события прошлого на больших пространствах и устанавливать полную последовательность эпизодов горообразования с помощью выявления угловых несогласий и определения их возраста. Адам Седжвик, имея в виду взрыв, произведенный Кювье в науке, выразил это такими словами:

«Замечательные выводы, полученные из неожиданных фактов; счастливое сочетание данных минералогии и зоологии; доказательство последовательных революций в физической истории Земли, о которой раньше не имели ни малейшего представления, — все это, вместе взятое, не только позволило в новом свете увидеть довольно неясный до этого предмет, но придало новые силы и открыло новые возможности индуктивного метода тем, кому в последующие времена суждено было предпринять аналогичные исследования»³⁰.

В Великобритании теория катастрофизма вместе с динамикой и плутонизмом Геттона вполне утвердилась в 20-х годах XIX в. Ясное представление о состоянии научной мысли того времени дано в известном элементарном руководстве одного из ведущих геологов того периода — преподобного У. Д. Конибера³¹. Незрелые еще формулировки нептунистов переросли в новую стратиграфию, основанную на корреляции с помощью ископаемых организмов. Трапповые породы были вулканического происхождения, а осадочные слои первоначально накапливались в горизонтальном положении. Поднятия и изгибы слоев рассматривались Конибером с позиций катастрофизма, на что ясно указывают следующие слова в предисловии: «Геологи несомненно отводят *взрывам* роль главного фактора, заставляющего подниматься слои вверх и *выталкивающего* из волн океана грузные массы континентов»³².

Конибер, как в сущности и все его ученые-современники, свято верил в библейский потоп, и Джеймсон в редакторских комментариях в переводе «Лекций» Кювье попытался поставить знак равенства между потопом и самой последней из катастроф Кювье. (Вопросом о потопе гораздо больше были озабочены в Британии, чем на континенте, отчасти, может быть, потому, что некоторые из ведущих фигур, таких, как Букланд, Конибер, Седжвик, являлись лицами духовного звания.)³³

Ведущим «дилювиалистом» (ученым, изучающим потоп) был, бесспорно, Уильям Букланд (1784—1856), который в 1813 г. получил место преподавателя минералогии в Оксфордском универ-

ситете и там же, в 1818 г., стал преподавателем геологии. Несмотря на то что геология не относилась к числу обязательных предметов, по которым сдавались экзамены, его открытые для всех желающих лекции были настолько великолепны, что привлекали многих уважаемых людей, в том числе руководителей колледжей Оксфорда; среди его учеников был Лайель и, вне университета, Мурчисон. Это был эксцентричный человек, к которому относились с огромной любовью и даже благоговением³⁴. Его кабинет в Старом Эшмольском музее и затем в Клэрндон-Билдинге был завален коллекцией камней и костей. Особенно большую роль он отводил наблюдениям в поле и на полевых экскурсиях всегда появлялся в цилиндре и с сумкой синего цвета для сбора образцов горных пород и окаменелостей.

В своей речи³⁵ при вступлении в должность преподавателя геологии Букланд пытался показать, что геологические факты согласуются со сведениями о сотворении мира и потопе, записанными в книгах Моисея:

«Во всем этом (т. е. в данных геологии и палеонтологии) мы видим такое бесспорное доказательство великолепно сбалансированного соответствия цели и средств, мудрой предусмотрительности, благожелательного намерения и неизмеримой мощи, что надо быть поистине слепцом, чтобы отказаться признать в них доказательство самых возвышенных качеств Создателя»³⁶.

Сам Пэли вряд ли выразил бы это лучше. Букланд считал, что шесть дней творения должны восприниматься фигурально, что последовательные акты творения могли разделяться более продолжительными промежутками времени. Более ранняя — буквальная, как, например, у Кирвана, интерпретация библейской истории о сотворении мира должна быть отвергнута; перед потопом Земля, вероятно, уже была достаточно древней. Что же касается самого потопы, то подтверждающие его геологические данные неоспоримы.

Букланд разработал свою эмпирическую теологию еще до того, как натолкнулся на факт, обеспечивший ей широчайшую поддержку³⁷. В 1821 г. при разработке карьеров на севере Йоркшира из Киркдейлских пещер была извлечена богатая коллекция ископаемых костей. Букланда пригласили изучить эту находку, состоящую в основном из остатков гиен с подчиненным количеством костей львов, слонов, носорогов, гиппопотамов и других животных, что свидетельствовало о некогда находящемся здесь логовище гиен³⁸. Это исследование повлекло за собой тщательное изучение совместно с коллегами осадков многих европейских пещер с использованием богатейшего багажа тех знаний в области сравнительной анатомии, которые были заложены Кювье. За

публикацию своего *magnum opus* (основного труда), озаглавленного «Следы потопа»³⁹, Букланд удостоился высоких похвал со стороны критиков.

Согласно Букланду, потоп захватил всю сушу (был *универсальным*) и, следовательно, не мог в точности соответствовать последней из революций Кювье, с которой связывали кардинальные изменения в расположении континентов и океанов. Кости, найденные в пещерах Европы, в большинстве своем принадлежали вымершим видам животных, остатки которых никогда не встречались в речном аллювии. Ввиду отсутствия каких бы то ни было указаний на существование таких видов после потопа оставалось допустить, что их захоронение в пещерах произошло еще до времен Ноя. Прекрасная сохранность костей в верхних костеносных слоях свидетельствовала, по-видимому, о внезапном захоронении. Это событие, судя по количеству накопившегося после потопа (постдiluвиального) ила и сталактитов, не могло случиться раньше чем 5000 лет назад. Тот факт, что такого рода остатки животных удалось отыскать только в пещерах, казалось, подчеркивал колоссальные размеры поглотившей их катастрофы. Однообразие же илистых осадков указывало лишь на одно случившееся с тех пор наводнение. Отсутствие находок остатков человека допотопного периода очень беспокоило Букланда. В его представлении конец эпохи глени был вызван всемирным потопом во времена Ноя. Но, поскольку надежных данных о существовании людей до потопа не было обнаружено, он пересмотрел датировку потопа, отнеся его ко времени до сотворения человека.

Букланд был хорошо знаком с геологической литературой и, используя сообщения о находках костей ископаемых животных на больших высотах в Андах и Гималаях, пришел к заключению, что потоп не ограничивался территорией низменностей; толща воды была достаточно велика, чтобы закрыть высокие горные хребты. Им был собран обширный и разнообразный материал в подтверждение всемирного потопа. В качестве доказательства рассматривались: теснины и ущелья, прорезающие горные массивы; останцы и столовые горы; колоссальные скопления щебня; валуны, рассеянные на холмах и по склонам гор, куда никак не могли занести их реки. Эти явления, казалось, невозможно было связать с действием современных, недостаточно мощных факторов эрозии и переноса осадков. Поэтому Букланд придерживался представлений сэра Джеймса Холла о некоем грандиозном потоке или водяном вале вроде гигантской приливной волны.

Адам Седжвик (1785—1873), профессор геологии Вудвордского колледжа в Кембридже и самый прославленный из сторонников Букланда, подчеркнул научный характер изучения потопа следующими словами:

«Было бы... опрометчиво и не философски (т. е. ненаучно) обращаться к языку божественных откровений с расчетом получить прямые доказательства истин физических наук. Но истина во все времена должна находиться в согласии сама с собой. Выводы, основанные на утверждениях святого писания, могут быть, следовательно, согласованы с наиболее здравой философией, могут быть сопоставлены с выводами, основанными на данных наблюдения и опыта... польза от применения такого подхода очевидна. Святое писание сообщает, что несколько тысяч лет назад хляби небесные разверзлись и поверхность Земли была затоплена водами всемирного потопа; из геологических наблюдений, по-видимому, следует, что накопление аллювиального материала не могло продолжаться многие тысячи лет; ему предшествовала великая катастрофа, оставившая после себя следы в виде плаща диллювиальных обломочных осадков, лежащих поверх любых слоев горных пород по всему земному шару.

Наблюдается, таким образом, совпадение в целом этих выводов, полученных из разных, совершенно независимых друг от друга источников, что невозможно не заметить и значение чего было бы в высшей степени неблагоприятно отрицать. Это совпадение представляет собой не гипотетическое предположение, оно доказано по всем правилам, с помощью огромного количества прямых наблюдений, выполненных с неустанным трудом и осуществленных с целью установления все той же главной истины»⁴⁰.

Наступление униформистов

Понадобился еще один ученый духовного звания — член Вернеровского общества, прегодобный Джон Флеминг, чтобы поставить под сомнение близкое соответствие между свидетельством Моисея и геологическими и палеонтологическими данными. Моисей сообщает о тихой воде, уровень которой спокойно повышался в течение 40 дней, после чего от наводнения не осталось никаких следов, кроме радуги. Едва ли это похоже на рассказ о яростном и стремительном потоке! Больше того, Кювье настаивал на *полном* вымирании видов, тогда как, согласно Моисею, были спасены по две особи каждого вида. Флеминг считал ненаучной смелую, выходящую далеко за рамки фактов экстраполяцию Букланда, например наобум связывавшую с действием потопа скопления костей в Андах и Гималаях. Все «диллювиальные» и аллювиальные отложения разных районов земного шара слишком уж легко и бездоказательно рассматривались как осадки одного события. Не было, наконец, недостатка в данных, сви-

детельствующих о *постепенном* углублении речных долин. Вымирание «дилювиальной» фауны, подобно углублению долин, также произошло не вдруг, но было размеренным и растянулось на долгое время. Местами в костеносных галечниках обнаруживалась смешанная фауна, состоящая из вымерших и сохранившихся до наших дней видов⁴¹.

Джордж Пулет Скроуп (1797—1876), позже ставший членом парламента, был еще одним влиятельным критиком теории потопа в середине двадцатых годов прошлого века. Попытки увязать результаты геологических исследований со священным писанием угрожали, по его мнению, целостности и статусу геологии; он с сожалением отмечал их антипознавательный характер, говоря что «они тормозят дальнейшее расследование». Скроуп приобрел известность благодаря написанной им книге о вулканах⁴² и особенно классической монографии о вулканической области Центрального Французского массива⁴³, в которых он пошел значительно дальше работ Демаре и других исследователей.

Туманный подзаголовок основного труда Скроупа о вулканах включает слова *теория Земли*. Теории Скроупа свойственна ортодоксальность в том, что касается вывода о направленном развитии с неуклонной потерей энергии по мере остывания Земли и последовательным появлением новых организмов. Как видно из нижеследующего отрывка, эта теория относилась к разряду катастрофистских:

«Внезапные воздымания участков коры земного шара и различные другие причины, нарушавшие в эту эпоху спокойствие первичного океана, вызывали образование волн и течений, которые разбивали и стачивали выступающие неровности океанического дна, их обломки разносились и отлагались в виде слоев аллювиальных конгломератов в тех местах, где турбулентность этих взбудораженных водных масс ослабевала»⁴⁴.

Новизна взглядов Скроупа заключалась в утверждении, что все принятые им в расчет геологические факторы продолжают действовать, правда с меньшей энергией, до настоящего времени. «Экспессы дислокаций» (вызвавшие, например, поднятие Альп), по его мнению, спорадически действительно случались, но в отличие от Кювье он не считал, что связь процессов прерывалась. Скроуп обратил внимание на наличие вулканических пород в слоях осадочных пород всех возрастов и подчеркнул неправомерность простого деления истории Земли на допотопный (преддилювиальный)⁴⁵ и послепотопный (постдилювиальный) периоды.

С помощью детального описания вулканических серий Центральной Франции он доказал возможность классифицировать

вулканы самого разного возраста, беря за основу степень эродированности текучими водами вулканических построек и потоков лавы. В некоторых долинах отмечалось переслаивание пластов лавы и речных галечников. Вулканическая деятельность почти всегда чередовалась с накоплением толщ пресноводных отложений. Это позволяло допустить длительные периоды затишья вулканической активности.

Варьируя геттоновскую тему и требуя «для древности чуть ли не открытого счета», он ратовал за то, что совершенно необязательно приписывать вулканизму Центральной Франции большую интенсивность по сравнению с другими современными вулканическими районами. Современная долина Луары и ее притоков в районе Ле-Пюи выработана уже после излияния лавовых потоков, разрезы которых видны на обоих ее склонах. Между тем лава безусловно современная, о чем свидетельствуют встречающиеся местами конусы из несцементированного шлака, которые были бы быстро уничтожены любым достаточно мощным водным потоком. Это доказывает, что эродирующей силы современных рек вполне достаточно для углубления долин. Больше того — трудно представить, как стремительно несущемуся потоку удалось бы прорезать сложные изгибы, характерные для равнинных рек и известные под названием меандр. Такие выводы, по мнению Скрупы, можно было распространять и на горные области, лишенные вулканизма, где подобный анализ невозможен.

Работа Скрупы не привлекла, по-видимому, большого внимания той группы ученых, которых следовало бы назвать ортодоксальными катастрофистами; они вполне были готовы допустить, что эрозия требует длительного времени при условии, однако, что она имела место до потопа. В президентской речи на заседании Геологического общества в 1830 г. Седжвик не только выразил полную готовность согласиться со Скрупом, что существование речных меандр противоречит катастрофизму, но даже привел другие данные в пользу медленных темпов речной эрозии. Однако, по его мнению, бросалась в глаза очевидная непригодность идей Скрупы ни для объяснения принесенных издалека эрратических валунов, ни для понимания происхождения галечников в долинах Темзы и других рек. Эти явления нельзя, казалось, объяснить слишком вялыми процессами сегодняшнего дня.

Исследования Флеминга и в еще большей степени Скрупы оказали огромное влияние на человека, которому суждено было стать провозвестником нового учения — униформизма.

Чарлз Лайель (1797—1875)⁴⁶, проведший большую часть жизни в Англии, по происхождению принадлежал к шотландскому мелкопоместному дворянству. Он родился в местечке Киннорди графства Ангес; интерес к геологии в нем пробудили лекции

Букланда в Оксфорде. Хотя он готовился к карьере юриста, но практиковал без всякого энтузиазма только два года, используя близорукость в качестве предлога, чтобы все свое время отдавать делу, ставшему его страстным увлечением. Несмотря на завоеванное им признание, он всего лишь в течение двух лет, с 1831 по 1833 г., состоял на профессиональной геологической службе, занимая пост профессора Королевского колледжа в Лондоне. Ему приходилось поэтому рассчитывать лишь на свои личные средства и авторские гонорары («Принципы геологии» выдержали 11 изданий, последнее из них появилось в 1875 г.).

В 1822 г. он изучал меловые отложения Вельда под руководством Гидеона Мантела, обнаружившего незадолго до этого кости рептилий и остатки растений в песчаных и глинистых осадках, принадлежавших, вероятно, пресноводной дельте. Лайеля поразило тот факт, что эти осадки подстилают морские отложения пещего мела, после накопления которых, очевидно, имели место значительное поднятие и эрозия. Здесь, чуть ли не у «порога» Лондона, находилось ясное свидетельство ошибочности учения Вернера.

В следующем году Лайель долгое время провел в Париже, встретившись там среди других с Кювье, Броньяром и Гумбольдтом. Однако наиболее сильное впечатление из всех французских геологов произвел на него Констан Прево, с которым он совершил несколько поездок. Своими исследованиями в Парижском бассейне Прево показал, как ряд последовательных небольших изменений может в итоге привести к превращению моря в пресноводное озеро. Прево был пионером в изучении латеральной смены фаций в пределах одного стратиграфического горизонта; он первым понял значение фациальной изменчивости и убедительно продемонстрировал ее на примере Парижского бассейна в третичное время, когда тот представлял собой узкий морской залив, соленость в котором уменьшалась в восточном направлении по мере удаления от открытого моря. Это исследование заронило серьезные сомнения во внезапно, резком характере изменения обстановки осадконакопления, как считал Кювье, однако попытки Прево бросить вызов авторитету великого ученого большого успеха во Франции не имели.

В 1824 г. Лайель посетил родовое поместье в графстве Ангес и провел некоторое время в его окрестностях, изучая пресноводные мергели в осадках небольших местных озер. В них были обнаружены измельченные остатки *харовых* водорослей. Консолидация и превращение этих известковистых мергелей в цементированную породу привели бы к образованию известняков, очень похожих, если не идентичных, на пресноводные известняки Парижского бассейна, которые, по мнению Кювье и Броньяра, не имеют современных аналогов.

В статье, опубликованной в 1826 г., Лайель еще придерживается ортодоксального взгляда, упоминая о слоях, в разное время подвергшихся жестокому «конвульсиям». Влияние Скроупа тем не менее чувствуется в следующих словах:

«Но при нынешнем состоянии знаний преждевременно, по-видимому, полагать, что существующие агенты не смогли бы со временем привести к таким результатам, какие в основном и становятся предметом исследования геолога. Сделать такое предположение — значит охладить исследовательский пыл, так как в этом случае разрушается надежда разобраться в чем-то непонятном в прошлом путем тщательного изучения современных природных явлений»⁴⁷.

Работа Скроупа, посвященная Центральному Французскому массиву, вызвала у Лайеля сильное желание посетить этот район, что он и сделал в 1828 г. вместе с Родериком Мурчисоном.

Очень скоро они убедились в способности рек прорезать глубокие ущелья в пластах лавы. Последняя заполняла старые долины, после чего реки пропиливали себе новые русла. Лайель был под впечатлением открытия, сделанного в Лимани, где некоторые разновидности третичных известняков с *харовыми* водорослями удивительно напоминали осадки, образующиеся сегодня рядом с его шотландским домом. Действительно, пресноводные отложения были здесь богато представлены. В одной особенно поразительной разновидности известняка содержались окаменелые каркасы личинок веснянки, столь обычные в современных озерах и реках. Литологически, однако, известняки напомнили ему юрские породы Англии; этим фактом в очередной раз подчеркивалось значение использования ископаемых организмов для определения возраста отложений, а также ограниченная применимость старой верперовской литостратиграфии.

Лайель и Мурчисон нашли также пачку мергелей мощностью свыше 700 футов, состоящих в основном из тонких листоватых слюечков — до 30 на дюйм. Каждый слюечек состоял из уплощенных створок остракод из рода *Cypris*. Будучи знаком с этими остракодами еще по своему опыту коллекционирования в прудах и канавах Гэмпшира, Лайель пришел к выводу о годовой природе слюечков. А это означало, что во всей пачке в целом запечатлена история осадконакопления в спокойной воде продолжительностью в несколько сот тысяч лет в условиях, напоминающих обстановку некоторых современных озер.

Оказалось, что слои пресноводных осадков приподняты особенно сильно там, где они непосредственно перекрывали гигантские центры вулканических извержений. Такое явление, по-видимому, впервые навело Лайеля на мысль о тесной причинной связи между вулканизмом и тектоническими нарушениями. Если бы

эффектное поднятие и смятие слоев в горных массивах можно было приписать просто длительному действию обычных землетрясений, то для постулирования спорадически случившихся пароксизмов не осталось бы никаких оснований. Исчез бы, следовательно, главный краеугольный камень концепции катастрофизма.

Значение своих наблюдений в Центральном Французском массиве Лайель осознал, кажется, только в то время, пока в Ницце он ожидал выздоровления заболевшего Мурчисона. По совету последнего он отправляется в Сицилию, где ему удается сделать ряд открытий, имевших решающее значение для построения и теоретической концепции его «Принципов»⁴³.

В Падуе Лайель расстался с Мурчисоном, возвращавшимся в Англию. Продолжая путешествие в районе Неаполя, он взобрался на Везувий и побывал в так называемом «храме» Сераписа, интересном историей своих поднятий и опусканий за время после Римской империи. Интригующими были находки отложений с вымершими видами средиземноморских моллюсков на высоте около 2600 футов на вулканическом острове Искья. Если уж Искья испытала такой подъем в геологически недавнем прошлом, то насколько же больше воздымание можно предположить для Этны?

Находясь в Сицилии, он первым делом направился к величайшему вулкану Европы через долину Валь-дель-Бов — гигантский естественный амфитеатр размером в несколько миль в поперечнике, высланный молодыми потоками лавы. Букланд говорил ему, что эта местность в особенности заслуживает посещения, возможно, потому, что здесь имелись, как он думал, свидетельства в пользу гипотезы кратеров поднятия фон Буха (согласно которой гора целиком могла быть поднята в ходе одного пароксизма), а может быть, просто благодаря общей привлекательности для геолога этого объекта. В окружающих обрывах Лайель нашел, однако, разрезы, в которых чередующиеся слои лавы и туфа имели одинаковый наклон в сторону от центра горного массива. Таким образом, казалось, доказывался постепенный и, следовательно, длительный рост. Он обнаружил также отложения с раковинами морских моллюсков, переслаивающиеся с потоками лавы, на высоте нескольких сот футов над уровнем моря, что наводило на мысль о недавнем поднятии.

Глубокое впечатление произвели на Лайеля явления, с которыми он столкнулся при подъеме на вершину Этны. Из приблизительно 80 паразитических конусов, расположенных на ее гигантских склонах, за последние несколько столетий лишь из одного — Монте-Росси происходили извержения. Если даже принять, что четверть этого количества могла возникнуть на протяжении 30 столетий, истекших с начала библейской истории

человеческого общества, то для образования всех 80 конусов должен был, очевидно, потребоваться период длительностью не меньше 12 000 лет. К тому же это были конусы самой последней генерации, еще не перекрытые лавовыми потоками.

Дальнейшие захватывающие открытия были сделаны в Вальди-Ното, дальше к югу, где часть низких холмов сложена в основном массивными известняками со слепками (ядрами) морских раковин. В окрестностях Сиракуз эти породы подстилаются синей глиной с раковинами гораздо лучшей сохранности, которые было легко идентифицировать с раковинами вымерших ныне средиземноморских видов. Следовательно, эти известняки, по внешнему облику напомиавшие мезозойские, несомненно принадлежали очень молодым третичным слоям. К тому же все эти слои, несмотря на свою — в геологическом смысле — молодость, продолжают, по-видимому, под Этну и, значит, древнее ее! Но ведь и сам вулкан, судя по паразитическим конусам, по человеческим меркам неимоверно стар. Во внутренних районах Сицилии известняки приподняты до высоты 300 футов, но времени, очевидно, было вполне достаточно для постепенного, без пароксизмов, воздымания.

По возвращении из Сицилии в Рим в январе 1829 г. Лайель написал Мурчисону о своих планах в отношении новой книги, посвященной, по его замыслу, принципам рассуждений и аргументации в геологии. Эти принципы «сводятся ни много ни мало к утверждению, что начиная с древнейших времен, в которые может проникать наш взор, и до наших дней не существовало иных причин, кроме тех, которые действуют сейчас, и что энергия их проявления никогда сильно не отличалась от той, которую они обнаруживают в наши дни»⁴⁹.

Первый том книги появился в 1830 г., второй и третий — в последующие три года. Заглавие книги показывает, что это не учебник, а трактат, предлагающий изложение и обоснование новой научной системы: «Принципы геологии, представляющие попытку объяснить прежние преобразования земной поверхности с помощью ныне действующих причин». Том 1 открывается описанием наиболее ранних страниц истории геологии античного периода. По замечанию Рудвика⁵⁰, исторический экскурс понадобился Лайелю, чтобы продемонстрировать задержку в развитии науки в последнее время, обусловленную, во-первых, попытками примирить геологию со священным писанием, и, во-вторых, использованием в качестве отправного пункта допущения, что движущие причины в прошлом отличались от современных. Впрочем, в своих нападках он несколько неразборчив и почти не делает различий между библейским и катастрофистским подходами в геологии.

Понимая, что авторитет популярных «прогрессистских»

взглядов следовало подрывать в самой основе, Лайель подчеркивал несовершенство принципов построения шкалы геологического времени. Требовалось видоизменить научное «воображение» своих собратьев по профессии, которые уже были подготовлены к тому, чтобы признать длительность геологического времени.

Методология Лайеля твердо покоится на принципе актуализма, исходящего из допущения неизменности физических законов:

«Оценка значимости геологических данных, так же как интерес к изучению истории Земли, целиком зависит от степени нашей уверенности в незыблемости законов природы. Лишь их непреложное постоянство позволяет нам, пользуясь строгими правилами индукции, судить по аналогии о событиях давних времен и, сопоставляя ситуацию двух различных геологических эпох, познавать главнейшие законы организации нашей земной системы»⁵¹.

Эта убежденность в познавательной ценности актуалистического метода идет прямо от Геттона; она была воспринята затем Плейфером и Скрупом, но Лайель, введя представление о стабильной униформистской «системе», пошел дальше Геттона:

«Не приходится сомневаться в том, что периоды нарушений и покоя последовательно сменяли друг друга в каждом районе земного шара, но в равной степени может быть верным и то, что энергия движений в недрах всегда оставалась, если брать Землю в целом одинаковой. Сила землетрясений на протяжении некоего цикла была, возможно, сосредоточена, как это наблюдается сейчас, в обширном, но вполне определенном пространстве, затем она могла постепенно смещаться в иное положение, благодаря чему другой район, до этого чуть ли не целую вечность находившийся в покое, становился в свою очередь ареной грандиозного действия»⁵².

А вот что писал Геттон: «...мы не должны ограничивать природу единообразием равномерной прогрессии...»⁵³. Как мало это похоже на отношение униформиста! Им всерьез рассматривался также вопрос о катастрофических поднятиях, тогда как Лайель не видел необходимости прибегать к столь сильным эффектам. По его представлениям, в стабильной системе, в которой возможны лишь флуктуации вокруг среднего положения, эрозия уравнивается накоплением осадков, опускание — поднятием. Лайель разделял убеждение Геттона о наличии связи между сейсмичностью, вулканизмом и поднятием, так же как и его неприятие любых идей прогрессивного или направленного развития⁵⁴.

Отвергая прогрессизм, Лайель критиковал и концепцию остывающей Земли. Не существовало, по его мнению, указаний на большую активность в прошлом магматизма и тектонических движений или на систематическое похолодание на земном шаре. Интенсивный вулканизм Италии, Центрального Французского массива и других мест был очень молодым и предвлялся длительным периодом покоя. В древних породах действительно содержится больше гранитного и метаморфического материала⁵⁵, но только потому, что они образовались на глубине и оказались на поверхности после значительного поднятия и размыва; чем древнее породы, тем это вероятнее. В Бернских Альпах было в те годы установлено, что отложения всего лишь третичного возраста метаморфизованы до сланцев⁵⁶.

Лайель постоянно возвращался к феномену поднятия, поскольку идея о медленном и постепенном движении представляла собой, как мы видели, одну из его наиболее оригинальных концепций, которая наносила сокрушительный удар популярным теориям Эли де Бомона и фон Буха. В отношении времени аналогия проводилась (том 1) с сооружением пирамид в Древнем Египте: «Приписывая действию сверхъестественных сил возведение великой пирамиды, мы заслуживали бы оправдания только в одном случае — если бы были убеждены в том, что она воздвигнута за один день».

Снова и снова Лайель подчеркивал пространственность геологического времени, которого вполне достаточно для всего того, что при поверхностном подходе может восприниматься как доказательство катастрофических явлений. Так, резкий контраст фауны и перерыв между мелом и эоценом являются результатом процессов не зафиксированного в отложениях отрезка времени, возможно более продолжительного, чем эпоха, отделяющая нас от эоцена.

Кульминационную часть «Принципов» составляет раздел, посвященный стратиграфии третичных отложений, в изучение которых Лайель внес заметный вклад. Он установил, что если в третичных отложениях Сицилии содержатся преимущественно живущие до сих пор виды, то в субапеннинских слоях Италии много вымерших видов, а в отложениях района Ниццы это соотношение еще более возрастает. В свою очередь в третичных отложениях Парижского бассейна живущих сейчас видов значительно меньше, чем в отложениях района Ниццы. К концу своего путешествия по Франции и Италии в 1828—1829 гг. он пришел к выводу, что третичное время состоит в действительности из нескольких периодов, достаточно продолжительных для того, чтобы накопились осадки мощностью в несколько тысяч футов и произошли существенные изменения органического мира. В последующие несколько лет, работая совместно с круп-

ным парижским конхиологом Жераром Полем Дехайе, Лайель, основываясь на относительном содержании вымерших видов, разработал схему деления третичного периода на эоцен, миоцен, ранний и поздний плиоцен.

Изучая следы вулканической деятельности в следующих друг за другом третичных периодах, Лайель убедился в том, что вулканизм, прекратившись в одной области, начинается в других. Отмечалось много перестроек и продолжительные интервалы затишья. Мнение ряда ученых о большей интенсивности третичного вулканизма по сравнению с современным объяснялось, вероятно, грубой недооценкой длительности третичного времени.

Можно, казалось бы, думать, что полная осведомленность Лайеля о фактах изменения органического мира, зафиксированного, в частности, в третичных отложениях, с которыми он был знаком непосредственно, убедит его в существовании хоть какого-то прогресса во времени. Он же, напротив, доказывал, что данные об изменениях, полученные в итоге изучения окаменелостей, иллюзорны вследствие избирательного сохранения высших организмов, таких, как млекопитающие, в древних породах. Этот довод выглядит особенно неубедительно в случае нашего собственного вида. Ведь отсутствие остатков человека в древних слоях служит доказательством его недавнего творения! Противоречие, которое другие могли усмотреть в этом, было завуалировано благопристойным толкованием в том духе, что появление Человека означает «эру в нравственном, а не физическом мире».

Критика идей Лайеля

Как показывает композиция «Принципов геологии», Лайель был способен весьма искусно преподнести дело — практика адвоката-барристера не пропала для него даром. Он оказался к тому же проницательным тактиком. Придя в восхищение при известии, что Скроуп должен написать рецензию на «Принципы» в журнале *Quarterly Review*, прославленном органе ортодоксального истеблишмента, он не преминул проинструктировать его в серии писем:

«Если мы не выкажем раздражения, чего я, по правде говоря, опасаюсь... мы всех увлечем за собой. Если Вы не будете торжествовать над ними, а вместо этого польстите чувству свободы и беспристрастия, якобы свойственному нашему времени, епископы и просвещенные духовники охотно присоединятся к нам, разделив наше чувство презрения к старым и современным физиотеологам. Сейчас как раз время нанести удар, так что возликуйте, Вы, грешник: *Quarterly Review* открыто для Вас».

«Если Меррэй (издатель) ускорит выпуск моих томов, а Вы захватите геологию в Quarterly Review, мы сможем в самое короткое время произвести переворот в общественном мнении»⁵⁷.

Случилось так, что именно на страницах Quarterly Review появились термины «катастрофизм» и «униформизм» («униформитариазм») ⁵⁸, изобретенные одним из ведущих критиков Лайеля — профессором минералогии в Кембридже Уильямом Юэллом (1794—1866). Термин *катастрофизм* не отдавал, однако, должного тем убеждениям, которые характеризовали оппозицию, ибо *дирекционизм*⁵⁹ был также важным компонентом их системы.

Дискуссии между катастрофистами и униформистами, оживлявшие заседания Геологического общества на протяжении 30-х годов прошлого века, никогда не переходили в язвительность, как это было свойственно спорам непунистов с вулканистами и плутонистами. Здесь присутствовало большое взаимное уважение и даже дружба между ведущими участниками, Лайеля же высоко ценили за обширные познания и обстоятельность, с которой он развивал актуалистический метод.

По этому вопросу серьезные дебаты вскоре прекратились. «Принципы» способствовали краху дилювиальной теории. Хотя статьи Конибера⁶⁰, написанные им как ответ Лайелю, представляют собой, пожалуй, наиболее полное изложение позиций контратакующего дилювиалиста, он все же отступил от своего более раннего убеждения в существовании данных о библейском потопе; сходным образом, потоп не фигурирует в качестве геологического фактора и у Букланда в его дополнении к серии томов, посвященных прославлению натуральной геологии и известных под названием Бриджуотерских трактатов.

В президентской речи на заседании Геологического общества Седжвик был бескомпромиссен в своем отречении:

«Когда-то я был приверженцем и в меру своих сил пропагандистом идей, которые сейчас представляются мне философской ересью... я нахожу правильным, если одной из последних моих акций, прежде чем я покину эту кафедру, будет публичное заявление о моем отречении.

Нам следовало бы, конечно, с самого начала задуматься, прежде чем принять дилювиальную теорию и связать с библейским потопом все наши старые наносы. Ибо до сих пор не обнаружено ни самого человека, ни изделий его рук, вообще ни единого следа существования прежнего мира, погубленного потопом в этих осадках»⁶¹.

Седжвик, Конибер и Юэлл дали бой Лайелю по поводу более существенных, с их точки зрения, вещей.

В той же самой президентской речи Седжвик не скупится на комплименты Лайелю, но критикует его за рассуждения а priori и сравнивает с ловким адвокатом: уже с титульного листа он объявляет себя защитником определенной теории, нарушая тем самым принципы научного индуктивного метода.

Седжвик полностью признал необходимость применения актуалистического метода при интерпретации геологических явлений:

«Мы все согласны с тем, что основные законы природы непреложны и что о событиях прошлого можно судить только по событиям, которые мы наблюдаем в действительности.

Но допущение, что вторичные комбинации, производные от основных законов материи, оставались одинаковыми на протяжении всех периодов истории Земли,— это неоправданная гипотеза, правдоподобность которой уж во всяком случае не может быть принята а priori без обращения с призывом о подтверждении к самим геологическим явлениям»⁶².

Большое впечатление на Седжвика произвели работы Эли де Бомона. Угловые несогласия разного возраста, установленные им в горных цепях Европы, служили, как представлялось Седжвику, решающим доводом в пользу существования длительных спокойных периодов, внезапно прерывавшихся краткими катаклизмами.

Конибер во главу угла ставил дирекционистский подход; он сосредоточил свое внимание на происходивших со временем изменениях, рассматривая их как следствие остывания Земли. И действительно — для вулканической деятельности необходим был источник тепла, расположенный глубоко под корой. Более древние слои оказывались обычно сильнее смяты благодаря выделению больших порций геотектонической энергии; третичный период был спокойнее периодов, которые предшествовали ему. Воздымание Альп произошло в результате единичного катаклизма.

«Ни один настоящий философ, насколько я понимаю, никогда не сомневался в том, что физические причины геологических явлений всегда были те же, однако их интенсивность могла варьировать под влиянием меняющихся условий, в которых они, вероятно, реализовывались в разные периоды. Именно эти *меняющиеся условия*, как я полагаю, всегда и имелись в виду, когда говорили о неодинаковом порядке вещей и тому подобных предметах, хотя, несомненно, некоторыми авторами эти выражения могли использоваться недостаточно осторожно»⁶³.

Особенно проникновенно писал Юэлл, прибегнувший к сходной системе нападения:

«*Время* — неистощимое, постоянно находящееся в действии, несомненно, может много дать теоретику-геологу; но *Сила*, пределы которой мы можем измерить и природу которой не в состоянии постичь, также фактор, которым ни в коем случае не следует пренебрегать. Обращаться к чему-то одному, открещиваясь от другого, в равной мере самонадеянно, к какому бы из этих двух вариантов ни влекли нас наши предрасположения»⁶⁴.

«На самом деле, говоря о единообразии (униформности) природы, не обязаны ли мы использовать это выражение в очень широком смысле, если вообще хотим, чтобы доктрина выглядела разумной? В природе есть катастрофы и катаклизмы, отличающиеся весьма широким распространением и интенсивностью; где тот предел неистовой мощи, который мы должны допустить для них? Для того чтобы можно было представить энергию движущих геологических процессов как величину, не меняющуюся во времени, необходимо измерять время длительными циклами, в которых чередуются эпохи приложения сил и эпохи реакции; до каких пределов должны мы раздвинуть границы такого цикла, повторение которых выражается словом *униформизм*?

Почему мы должны думать, что весь наш опыт—и геологический, и исторический—соответствует более чем *одному* подобному циклу? Какие у нас основания настаивать на том, что срок человеческих наблюдений действительно достаточно велик для того, чтобы получить представление о *средней* силе, истинное значение которой менялось на протяжении неизмеримо длительного времени?»⁶⁵.

Наконец, последними по порядку, но отнюдь не по значимости являются данные о развитии органического мира.

«Ясно..., что даже для того, чтобы система господина Лайеля выглядела хотя бы теоретически непротиворечивой, ему требовалось бы указать способ, с помощью которого осуществляется переход от мира, наполненного одними формами органической жизни, к миру, в котором органическая жизнь не менее обильна, хотя, возможно, и без единого сохранившегося от прошлого мира вида. Он должен найти средство провести нас от плезиозавров и птеродактилей лейасового времени к созданиям, характерным для времени оолитита или железистого песка. Он должен показать нам, как перейти от этих форм дальше — к формам более позднего времени, которое геологи любят выде-

лять под звучным названием эпохи палеотерия и мастодонта. Сформулировать даже гипотезу, которая хоть с некоторой долей правдоподобия смогла бы восполнить изъян в его рассуждениях, — задача потруднее, чем то, что уже осуществлено господином Лайелем. Нам представляется неопровержимым (и господин Лайель, вероятно, согласится с нами), что в переходе от Земли с одним составом населяющих ее животных к той же самой Земле, кишашей совершенно новыми формами органической жизни, мы видим отчетливое проявление созидательной силы, выходящей за пределы известных нам законов природы; а из этого следует, что геологией зажжен новый светильник на пути натуральной геологии»⁶⁶.

Юэлл вряд ли мог более определенно намекнуть на веру в постоянное вмешательство божественных сил. Седжвик горячо исповедовал близкие взгляды, которые, впрочем, сохранялись в благочестивых кругах до середины столетия. Бросить вызов таким взглядам — означало рискнуть навлечь на себя обвинение в материализме. Приняв во внимание, что клерикальные критики и религиозные фундаменталисты типа Джона Кебла⁶⁷ из Оксфорда продолжали метать громы и молнии даже в таких консервативных геологов, как Букланд и Седжвик, не приходится удивляться тому, что Дарвин так долго оттягивал публикацию своей теории естественного отбора.

Выдержки, приведенные выше, могут создать впечатление о согласованном натиске на Лайеля, однако такой вывод был бы неверен, ибо «Принципы геологии» были в основном встречены с большим энтузиазмом и вскоре стали оказывать огромное влияние как своего рода геологический компендиум. Как уже отмечалось, даже самые суровые из его критиков положительно оценили применение им актуалистической методики и, в более специальном плане, его вклад в разработку стратиграфии третичного периода. Кроме того, для британских геологов 1830-х годов не была характерна столь жесткая поляризация взглядов в этом вопросе, как раньше, во время дискуссии между непутистами и их оппонентами. Поэтому такой ведущий геолог, как Анри де ла Беш, первый директор Геологической службы, смог написать, что «различия между двумя теориями на самом деле не очень велики; вопрос сводится просто к оценке интенсивности сил, поэтому, объединив обе теории, мы, вероятно, еще больше приблизились бы к истине»⁶⁸.

Даже такие сторонники Лайеля, как Скруп и Прево, не разделяли его крайних униформистских взглядов; они соглашались с идеей направленного развития, поскольку верили в концепцию медленного остывания Земли с уменьшением со време-

нем интенсивности геологических процессов и принимали в буквальном смысле данные об изменении органического мира. Фактически единственными заметными лицами, с самого начала, по-видимому, безоговорочно или с минимальными оговорками принявшими учение Лайеля, были Гидеон Мантел, написавший популярное изложение «Принципов геологии» для непрофессионалов, и Чарлз Дарвин (1809—1882), для которого первый том лайелевских «Принципов» был одним из наиболее драгоценных предметов во время его путешествия на «Бигле». (А перед путешествием он в срочном порядке прослушал курс геологии у Седжвика.)

В Сантьягу, острова Зеленого Мыса, Дарвин провел первые за время путешествия полевые исследования, послужившие упражнением в лайелевской системе рассуждений; он доказывал постепенное воздымание острова в целом и последующее постепенное проседание вокруг вулканических кратеров. Но только после посещения Чили Дарвин полностью утвердился на позициях учения Лайеля. Здесь он очень быстро пришел к выводу о подъеме равнины Кокимбо в самое недавнее время не менее чем на 250 футов; основанием для вывода послужили рассеянные по равнине остатки раковин, весьма похожих на те, которые можно собрать на современных пляжах. В более общем плане он установил закономерную связь между величиной поднятия и соотношением количества сохранившихся и вымерших видов: чем выше соотношение, тем меньше поднятие. Особенно поразительным было открытие окаменелостей юрского возраста на высоте многих тысяч футов над уровнем моря.

Заметное влияние на образ мыслей Дарвина оказало землетрясение, очевидцем которого он стал в феврале 1835 г., когда береговая полоса была приподнята на несколько футов на расстоянии до 100 миль. Землетрясения подобной силы случались, по-видимому, около одного раза в столетие. Следовательно, многократное повторение таких мелкомасштабных событий может привести к поднятию горного хребта высотой с Анды намного быстрее, чем за миллион лет.

Полученные Дарвином данные о постепенном и, главное, продолжающемся поднятии Анд заставляли серьезно усомниться в корректности теории Эли де Бомона. Ведь на катастрофическое воздымание Анд специально указывалось как на возможную причину образования «дилювиальной» приливной волны. В 1838 г. Дарвин представил Геологическому обществу статью с детальным анализом вопроса о соотношении землетрясений, вулканизма и поднятия суши в Южной Америке⁶⁹; это было ясное и последовательное применение учения Лайеля. Доклад, как легко догадаться, с восторгом был встречен присутствовавшим на заседании Лайелем.

Однако главным успехом Дарвина в геологии единодушно считается теория образования коралловых рифов, в основе которой лежат его наблюдения в Тихом и Индийском океанах, сделанные после того, как «Бигл» покинул Южную Америку. Во втором томе «Принципов» Лайель отстаивал точку зрения, что коралловые атоллы воздвигнуты на потухших вулканах, которые росли до уровня чуть ниже поверхности воды в океане. Отметив, среди прочего маловероятность того, что такое огромное количество вулканических гор могло вырасти строго до одной и той же высоты, Дарвин доказывал вместо этого постепенное опускание вулканических островов, сопровождавшееся одновременным ростом коралловых построек вверх и в стороны. Вначале вулканические острова окаймлялись береговыми рифами, затем барьерными рифами, отделенными морем от суши, и, наконец, появлялись атоллы, состоящие из кольца коралловых рифов с мелководной лагуной в центре. Все эти разновидности рифов в изобилии встречаются в разных частях Тихого океана, и Дарвин прибегнул к теперь уже стандартному, давно принятому в геологии методу, позволяющему воссоздать ход развития путем сравнительного анализа объектов сегодняшнего дня.

Хотя интерпретация Дарвина отличалась от предложенной Лайелем, она была лайелевской по духу, сочетая в себе бескомпромиссный актуализм и тезис о постепенности развития (градуализм) с моделью стабильной Земли, согласно которой опускание каких-либо площадей, например тихоокеанских атоллов, компенсируется поднятием где-то в другом месте, например в Андах. Теория Дарвина завоевала популярность, но подтверждающие ее факты были получены лишь многими десятилетиями позднее, когда глубокими скважинами были вскрыты породы кораллового рифа мощностью в несколько тысяч футов, лежащие на базальтах.

Продолжение детальных стратиграфических исследований привело к ряду важных открытий, подтвердивших взгляды Лайеля. Чем полнее были сведения по региональной геологии, тем локальнее оказывались нарушения слоев. Это все больше подрывало представление об исключительно широко распространенных эпизодах тектонических катаклизмов. Более того, поднятие горных хребтов, таких, как Альпы, не удавалось свести к единичной «конвульсии». Если бы поднятие гор занимало столь краткий промежуток времени, степень правдоподобия идей Эли де Бомона о связи перестроек в развитии органического мира с эпохами тектонических нарушений сильно бы уменьшилась. В Восточной Европе и Северной Америке были обнаружены обширные области с пологозалегающими и неметаморфизованными отложениями нижнего палеозоя, и в то же время для многих

дислоцированных сланцев в Альпах был доказан мезозойский или даже третичный возраст. По мере расширения знаний о стратиграфии соответствующих пород все менее вероятным казалось предположение об уменьшении интенсивности вулканической деятельности в третичное время. Эти факты все в большей степени способствовали разрушению уверенности в том, что тектоническая магматическая активность с течением времени — по мере остывания Земли — падала. Кроме того, ни один известный геолог серьезно не оспаривал вывод об огромной длительности геологического времени — обстоятельство, все еще продолжавшее беспокоить религиозных фундаменталистов.

С другой стороны, в ходе работ по изучению силурийской системы Мурчисон установил, что фауна ее состоит только из морских беспозвоночных; позвоночные (морские и наземные), так же как и высшие растения, в ней отсутствовали. Их разрушение в результате метаморфизма при этом исключалось. В итоге становилось еще труднее отрицать наличие каких-то форм направленного развития органического мира.

К середине века все в большей изоляции оказывались те, кто, подобно Эли де Бомону, фон Буху, Агассису, Седжвику и Мурчисону, продолжал упорно придерживаться устаревших катастрофистских принципов. В Великобритании и в несколько меньшей степени на континенте доминирующая роль переходит к доктрине униформизма. Так что Лайель мог с удовлетворением оглянуться назад — сверх всяких ожиданий, два десятилетия исследований принесли новые важные результаты. Дважды воспользовавшись необходимостью выступить с докладами в качестве президента Геологического общества, Лайель изложил свою позицию с учетом того нового, что было сделано в последнее время.

В первом из этих выступлений⁷⁰ им было отмечено, что главный спор по проблеме формирования горных хребтов связан с верой катастрофистов в то, что: а) геотектоническая энергия уменьшается со временем и б) краткие интервалы сильнейших катаклизмов разделены длительными периодами затишья. Он сослался на новую монографию Мурчисона, посвященную структуре Альп, Апеннин и Карпат. В Гларнских Альпах Швейцарии юрские известняки с аммонитами местами перекрыты метаморфическими сланцами; в других местах они залегают на эоценовом флише. На этой площади, таким образом, наблюдается эффектная инверсия слоев. Интерпретация Мурчисона заключалась в том, что в прежние времена земная кора подверглась воздействию сил неизмеримо более могучих, чем те, которые характерны для нашего времени (слова Мурчисона).

По этому поводу Лайель заметил:

«Величественность результата, каким бы грандиозным он ни был, не может ни в малейшей степени сказать нам о том, было ли само действие постепенным или внезапным, неощутимым или пароксизмальным. Это еще надо доказать, что медленный процесс, длящийся достаточно долгое время, не в состоянии привести к тем же результатам»⁷¹.

Отложения древних береговых пляжей с раковинами моллюсков, до сих пор обитающих в Северном море, были, по словам Лайеля, недавно обнаружены в Норвегии на высоте 700 футов над уровнем моря. Поднятие, следовательно, произошло относительно недавно. Насколько же более внушительные изменения географической обстановки, должно быть, происходили на границах формаций с очень разным составом фауны, например, при переходе от мела к третичному периоду!

Геологам пришлось признать, что и Альпы, и Пиренеи испытали больше чем один эпизод диастрофизма. Эли де Бомону также не оставалось ничего другого, как отказаться от своей прежней идеи об однократном пароксизмальном поднятии в Пиренеях в пользу представления о шести или семи разновозрастных этапах деформации. Что касается Альп, то там вслед за воздыманием толщ флиша последовало накопление молассы, которая также была затем приподнята. Легко разрушалась и аргументация Эли де Бомона в защиту вывода о редкости гранитных интрузий в новейшее время: все становилось на свои места при допущении, что молодые граниты еще не вскрыты эрозией просто из-за недостатка времени. Но все еще крайне мало было известно о геологических процессах на глубине — в недрах Земли.

«Воображение пасует перед тщетными попытками постичь нескончаемую череду лет — настолько протяженную, чтобы вместить в себя смятие и опрокидывание слоистых масс горных пород типа тех, которыми сложены высокие участки Альп; но силы воображения не хватает и для того, чтобы представить время, которое требуется для разрушения пород и превращения их в гальку, слагающую толщи конгломератов мощностью 8000 футов. В последнем случае, однако, невозможно уклониться от очевидных выводов, так как в каждой гальке запечатлена ее собственная история. Каким бы ошеломляющим ни показался общий итог, у нас не остается иного выхода, как допустить промежуток времени огромной продолжительности для осуществления столь затяжного действия»⁷².

Мы можем убедиться, что Лайель не предложил новых доводов, но, подобно терпеливому педагогу, просто расцвел

свежими иллюстрациями свою основную доктрину. Аналогичным образом не изменились его взгляды и на устанавливаемую в разрезах последовательность ископаемых организмов, несмотря на многочисленные открытия, сделанные на протяжении последних двух десятилетий. Второй из его докладов⁷³ был целиком посвящен этому предмету.

В вопросе о происхождении видов Лайель отверг еретическую теорию «трансмутаций», выдвинутую незадолго до этого Робертом Шамбером, и присоединился тем самым к опровержениям Седжвика, Ричарда Оуэна и Хью Миллера:

«Под возникновением вида я понимаю всего лишь начало нового ряда таких явлений органической жизни, которые в нашем понимании обычно соответствуют термину «вид». Осуществляется ли это в результате прямого вмешательства Первопричины или же какой-то неведомой нам Вторичной причины или Закона, установленного Творцом природы,— это вопрос, по поводу которого я не рискну строить догадки».

Несмотря на то что Седжвик не разделял веры в «трансмутации», он, как и блестящий немецкий палеонтолог Генрих Георг Бронн, принимал идею развития органического мира, или «дополнительного созидания», от простых к более сложным и выше организованным формам. Так, в очевидной последовательности от головоногих к рыбам, рептилиям, млекопитающим и, наконец, к человеку Седжвик усматривал некоторую аналогию с Великой лестницей жизни, столь милой сердцу ученых мужей восемнадцатого столетия. Нечто подобное Адольф Броннгар установил и в царстве ископаемых растений, образующих последовательный ряд от водорослей к папоротникам и хвощам и далее к хвойным и цикадофитам и, в конце концов, к пальме и дубу.

Однако все еще не появлялось фактов, способных нанести удар в самую сердцевину лайелевской концепции строго стабильной Земли. Относительная примитивность древнейшей — раннепалеозойской — флоры легко объяснялась тем, что все обнаруженные к тому времени осадки этого возраста имели морское происхождение, тогда как более высокоорганизованные формы, несомненно, жили на суше. Более того, однообразные с ними морские беспозвоночные являлись высокоразвитыми представителями трех крупных отделов Кювье: *Radiata* (лучистые), *Articulata* (членистые) и *Mollusca* (моллюски), так что морские беспозвоночные были тогда, по всей видимости, не хуже сегодняшних. Малое количество рыб и отсутствие морских млекопитающих вряд ли могли удивлять при том уровне знаний,

если учесть, что они не часто попадают и сейчас, при современной технике драгирования морского дна.

Из позднего палеозоя были известны более совершенные формы рептилий, а также такие высокоорганизованные деревья, как хвойные и даже пальмы; рыбы и рептилии триасового и юрского периодов по уровню развития не уступали современным. Следы птиц и цветковых растений находили в породах триасового и юрского возраста, а то, что мезозойские млекопитающие встречались редко или вообще отсутствовали, объясняли неудачами поисков. Фауна млекопитающих раннетретичного времени отличалась большим разнообразием, но при этом ничто не указывало на ее совершенствование в течение данного периода.

Создается ощущение, что тон «особого ходатайства защиты» становится несколько раздраженнее, чем двумя десятилетиями раньше. Человек, как показывают заключительные слова Лайеля, все еще оставался на пьедестале и фактически был обособлен от всего остального творения:

«В первой публикации теории Геттона было провозглашено, что мы не можем видеть ни начала, ни конца того обширного круга явлений, которые нам как геологам надлежит исследовать. После пятидесяти лет новых исследований и после того как сильно вырос объем наших знаний, этот вывод остается, на мой взгляд, в силе. Но если кто-нибудь станет апеллировать к этому заключению для подтверждения доктрины вечной преемственности, я могу возразить, что доказательства недавнего происхождения нашего собственного вида становятся все более вескими. Интеллект человека и его духовные и моральные качества представляют собой высшее достижение, шедевр созидательной силы в доступной для нас части Вселенной; установив время их возникновения и преуспев в отнесении столь знаменательного события к одному из длинного ряда геологических периодов, огромной продолжительности каждый, наука добилась, возможно, более удивительной победы, чем если бы она открыла зарю возникновения растительной либо животной жизни или определила точное время, когда из хаоса или же вообще из ничего образовался наш шар неодушевленной материи»⁷⁴.

Выполняя в зрелом возрасте во второй раз обязанности президента Геологического общества, Лайель, должно быть, воспринимал это как во многих отношениях вершину своей карьеры — вершину, с которой он мог с удовлетворением взирать на науку, так сильно им видоизмененную. К сожалению, ему было суждено всего за один год получить двойной удар. Грозные возражения против его модели стабильной Земли были выдвину-

ты (и оставались на вооружении до конца столетия) физиком, престиж которого в его области знаний не уступал престижу Лайеля в геологии. Но еще больше огорчало Лайеля то, что один из его любимых последователей выдвинул, опираясь при этом на весьма внушительные доказательства, теорию эволюции органического мира, которая раз и навсегда покончила с жестким униформистским взглядом на ископаемые организмы. Мы, однако, отложим обсуждение современного состояния дискуссии катастрофизм — униформизм до тех пор, пока не будет проанализирован дальнейший ход событий.

Примечания

- ¹ *Hooykaas R.* (1970). Kon. Nederl. Ak. Wetensch. aft. Letterkunde, Med. (п. г.) 33, 271.
- ² Например, *Bailey E. B.* (1967). James Hutton—the founder of moderne geology. Elsevier, Amsterdam. Я не могу согласиться с Бейли, что основателем современной геологии следует считать именно Геттона; его исследования были антиисторичными, тогда как геология — наука по сути своей историческая.
- ³ *Tikhomirov V. V.* (1969). В кн.: Towards a history of geology (ed. C. J. Schneer), p. 357. MIT Press.
- ⁴ *Hutton J.* (1788). Trans. roy. Soc. Edinb., 1, 217.
- ⁵ Курсив мой.
- ⁶ Обратите внимание на уверенный тон *Вернера*.
- ⁷ *Hutton* (см. прим. 4), p. 301.
- ⁸ *Hutton* (см. прим. 4), p. 285.
- ⁹ *Playfair J.* (1802). Illustrations of the Huttonian theory, pp. 86—87, Creech, Edinburgh.
- ¹⁰ *Playfair J.* (1803). Trans. roy. Soc. Edinb. 4, 39.
- ¹¹ *Hutton J.* (1788). Trans. roy. Soc. Edinb. 1, 267, 284.
- ¹² *Playfair J.* (см. прим. 9), p. 117.
- ¹³ *Playfair J.* (см. прим. 9), p. 119. Этот отрывок, похоже, показывает, что, несмотря на отказ от провиденциального тона, свойственного работам Геттона, он разделял его действительные убеждения.
- ¹⁴ Вызывалось предположение, будто бы *Геттон* совершил плагиат, позаимствовав труды малоизвестного сельского врача Тулмина, который был студентом-медиком в Эдинбурге с 1776 по 1779 г. Однако было убедительно показано, что все обстояло совсем наоборот, так как Тулмин легко мог узнать об идеях Геттона из его неопубликованных рукописей или из лекций Джозефа Блэка (*Davies G. L.*, 1967. Bull. geol. Soc. Am., 78, 121). Более важным является указание Дэвиса (*Davies G. L.*, 1964. Proc. Geol. Ass. Lond., 75, 493), что «к 1668 г. Хук разработал контуры теории Земли, почти идентичной той теории, которую Джеймс Геттон представил Эдинбургскому Королевскому обществу в 1785 г. Хук заслужил, чтобы о нем помнили как о предтече Геттона». Идеи Роберта Хука были опубликованы посмертно в 1705 г. Дрейк (*Drake E. T.*, 1981. Am. J. Sci., 281, 963) убедительно доказывает, что Геттон прекрасно знал о работах Хука, хотя нигде не упоминал его имени. Как бы то ни было, геологическая общественность с полным правом относится к Геттону как к истинному первооткрывателю по тем же причинам, по которым эволюционная теория прежде всего связывается с именем Дарвина, несмотря на то что и у него были предшественники.
- ¹⁵ *Hall J.* (1812). Trans. roy. Soc. Edinb., 6, 71.

- ¹⁶ *Kirwan R.* (1793). *Trans. roy. Irisc Acad.*
- ¹⁷ *de Luc J. A.* (1790—1791). *Monthly Rev.*, 2, 206; 582; 3, 573; 5, 564.
- ¹⁸ *de Luc J. A.* (1809). *An elementary treatise on geology.* Rivington, London.
- ¹⁹ *Джиллиспи* дал превосходное описание геологических исследований, выполненных в Великобритании в конце XVIII — начале XIX в. в связи с легендой о сотворении мира вообще и легендой о потопе в частности (*Gillispie*, 1951. *Genesis and geology*, Harvard University Press).
- ²⁰ Очевидно, к 1809 г. у *Геттона* и *Плейфера* появилось уже достаточное число сторонников.
- ²¹ *de Luc J. A.* (см. прим. 18), p. 82.
- ²² Имя «Джордж» было в действительности псевдонимом, настоящее же его имя — *Леопольд Кретьен Фредерик Дагобер!* За заслуги перед наукой и республикой он в конце концов получил титул барона. Его огромный вклад в палеонтологию хорошо описан в работе *М. Рудвика* (*Rudwick M. J. S.*, 1972. *The meaning of fossils.* Macdonald, London).
- ²³ *Cuvier G.* (1817—1827, 34 editions). *Essay on theory of the earth.* Blackwood, Edinburgh. Заметьте, что Джеймсон изменил название таким образом, чтобы оно в какой-то мере напоминало о космогонистах. Кювье вряд ли одобрил это, поскольку он относился к космогонистам с не меньшим презрением, чем его современники.
- ²⁴ Курсив мой.
- ²⁵ *Cuvier G.* (см. прим. 23), 3rd edn., p. 12.
- ²⁶ *Cuvier G.* (1825). *Discours* (3rd edn.), vol. 1, pp. 8—9. Перевод С. Жиллиспи (см. прим. 19).
- ²⁷ Сегодня мы бы, конечно, не согласились с логикой его рассуждений. Мамонты могли вести вполне активный образ жизни в районах многолетней мерзлоты летом. Случайно попав на болотистую почву осенью, незадолго до наступления холодов, они быстро, прежде чем наступило разложение, замерзли.
- ²⁸ *de Beaumont L. Elie* (1829—1830). *Ann. Sci. nat.*, 18, 5—25; 284—416; 19, 5—99, 177—240.
- ²⁹ См. *Rudwick* (см. прим. 22).
- ³⁰ *Sedgwick A.* (1830). *Proc. geol. Soc.*, 1, 197.
- ³¹ *Conybeare W. D. and Phillips W.* (1822). *Outline of the geology of England and Wales.* Phillips, London.
- ³² *Conybeare and Phillips* (см. прим. 31), p. XVII. Курсив мой.
- ³³ *Gillispie* (см. прим. 19).
- ³⁴ *Букланд* с гордостью похвалялся, что он «прогрыз» себе путь в царстве животных. Рассказывают такой анекдот (возможно, апокрифический): когда в одном доме неподалеку от Оксфорда ему с благоговением показали сердце какого-то из французских королей, заботливо хранящееся в шкапулке, он мгновенно схватил его и проглотил!
- В книге Таквелла «Оксфордские воспоминания» (*Tuckwell W.*, 1900. *Reminiscences of Oxford.* Murray, London) содержится следующий занятный отрывок:
- «Мне вспоминается... то время, когда я имел обыкновение играть с Фрэнком Букландом и его братом (детьми Букланда) в их доме в угловой части Том-Куод (церковного колледжа): парадный холл с чудищами, скалящими зубы с низкой лестничной клетки, — я так никогда и не смог целиком избавиться от беспокойного чувства, что они способны ожить и броситься на меня; стол у стены в столовой, заваленный окаменелостями, с предупреждающей надписью «Руки прочь» крупными буквами; подсвечники на буфете и те насажены на позвонки ящерицы; чудные блюда, подаваемые к обеденному столу, — конину я помню неоднократно, в какой-то раз подали мясо крокодила, мышь, обжаренную в масле; а в это же время морская свинка под столом изучающе покусывает пальцы ваших детских ног, медвежонок крутится возле стула и своим шершавым, как рапила, язы-

ком поглаживает вашу руку, дьявольское завывание шакала, бегающего где-то поблизости, врывается в открытое окно...

Во время свадебного путешествия Букланд посетил в Палермо гробницу святой Розалии. Священник открыл ее и показал святые мощи. Букланд сразу сообразил, что они принадлежали никак не Розалии. «Здесь кости козы, а не женщины», — воскликнул он, и дверцы святилища тотчас же захлопнулись.

Фрэнк любил рассказывать об их посещении одного иностранного собора, в котором демонстрировалась кровь какого-то святого — темные пятна на полу, всегда свежие и нестираемые. Профессор опустился на колени, коснулся пятна языком: «Могу сказать вам, что это такое — моча летучей мыши!»

³⁵ *Buckland W.* (1820). *Vindiciae Geologicae; or the connection of geology with religion explained.* Oxford.

³⁶ *Buckland* (см. прим. 35), p. 13.

³⁷ Вспомните открытие гранитных жил и угловых несогласий, сделанное *Геттоном* уже после того, как его теория была сформулирована.

³⁸ Желая побольше узнать о повадках гнен, *Букланд* завел себе гиену, привезенную из Африки, и она быстро освоилась с домашним укладом. Однажды вечером приглашенный к ужину гость стал проявлять беспокойство, услышав идущий из-под дивана хруст. «Не обращайтесь внимания, — воскликнул *Букланд*, — это всего лишь гиена, закусывающая одной из морских свинок».

³⁹ *Buckland W.* (1823). *Reliquiae Diluvianae.* Murray, London.

⁴⁰ *Sedgwick A.* (1825). *Ann. Philos.*, n. s. 10, 34.

⁴¹ *Fleming J.* (1826). *Edinb. Philos. J.*, 14, 208.

⁴² *Scrope G. P.* (1825). *Considerations on volcanoes.* Phillips, London.

⁴³ *Scrope G. P.* (1827). *The geology and extinct volcanoes of Central France, including the volcanic formations of Auvergne, the Velay and the Vivarais.* 2 vols. Murray, London.

⁴⁴ *Scrope* (1827) (см. прим. 43), p. 236.

⁴⁵ Сама теория пусть и дискредитирована, но название продолжает жить в языке применительно, например, к динозаврам или вообще к чему-нибудь очень древнему.

⁴⁶ Современный биограф *Лайеля Л. Уилсон* составил обстоятельное описание его ранних исследований, приведших в итоге к «Принципам геологии» (*L. G. Wilson, 1972. Charles Lyell: the years to 1841, the revolution in geology.* Yale University Press). См. также: *Bailey E. B.* (1962). *Charles Lyell.* Nelson, London.

⁴⁷ *Lyell C.* (1826). *Quart. Rev.*, 34, 518.

⁴⁸ *Rudwick M. J. S.* (1969). *Lyell on Etna, and the antiquity of the earth.* В кн.: *Towards a history of geology* (ed. C. C. Schneer). p. 288, MIT Press.

⁴⁹ Письмо *Лайеля* к *Мурчисону* от 15 января 1829 г. (*Lyell K. M.*, 1881. *Life, letters and journals of Sir Charles Lyell.* Vol. 1, pp. 234—235. Murray, London).

⁵⁰ *Rudwick M. J. S.* (1969). *Introduction to Lyell's Principles of geology,* Vol. 1. В кн.: *The Sources of Sciences*, 1969, no. 84, Johnson Reprint Corporation, New York and London.

⁵¹ *Lyell* (см. прим. 50), p. 165.

⁵² *Lyell* (см. прим. 50), p. 64.

⁵³ *Hutton* (см. прим. 4), p. 302.

⁵⁴ Концепция *Геттона* и *Лайеля* была эпистемологической, а не онтологической; фактические данные не позволяют судить о началах и концах и, следовательно, препятствуют выдвижению любых соображений о вечном.

⁵⁵ Термин введен *Лайелем* в т. 3; концепция же принадлежит *Геттону*.

⁵⁶ *Studer B.* (1827). *Ann. Sci. nat.*, 11, 5—47.

⁵⁷ *Lyell K. M.* (см. прим. 49), pp. 271, 273.

- ⁵⁸ *Whewell W.* (1932). *Quart. Rev.*, 47, 126. Юэлл представлял собой весьма уважаемую персону — разносторонний ученый, закончивший свою карьеру Мастером¹ колледжа Тринити в Кембридже. Кроме того, что он был авторитетом в вопросах, связанных с земными приливами, он имел все основания считаться первым крупным историком и философом науки, уступая в этом, возможно, лишь Бэкону. Кстати, отчасти благодаря его влиянию термин «наука» заменил общепотребительный до этого термин «натуральная философия».
- ⁵⁹ Этот термин был предложен Рудвиком (*Rudwick M. J. S.*, 1971. В кн.: *Perspectives in the history of science and technology* (ed. H. D. R. Duane) p. 209, Norman, Oklahoma).
- ⁶⁰ *Conybeare W. D.* (1830—1831). *Philos. Mag.*, 8, 215, 359, 401; 9, 19, 111, 118, 258.
- ⁶¹ *Sedgwick A.* (1831). *Proc. geol. Soc.*, 1, 313.
- ⁶² *Sedgwick A.* (см. прим. 61), p. 305.
- ⁶³ *Conybeare W. D.* (1831—1832). *British Assoc. Rep.*, I and II, Report on Geology, p. 406.
- ⁶⁴ *Whewell W.* (1937). *History of the inductive sciences, from the earliest to the present time*, Vol. 3, p. 616, Parker, London.
- ⁶⁵ *Whewell* (см. прим. 64), Vol. 2, p. 120.
- ⁶⁶ *Whewell W.* (1831), *British Critic* 9, 194.
- ⁶⁷ См., например: *Green V. H. H.* (1974). *A history of the Oxford University*. Batsford, London.
- ⁶⁸ *de la Beche H.* (1831). *A geological manual* (1st edn), p. 32. Truettel and Wurtz, London.
- ⁶⁹ Было опубликовано в следующем виде: *Darwin C.* (1840). *Trans. geol. Soc.* (ser. 3) 5, 601. Перепечатка избранных трудов Дарвина — см.: *Darwin C.* (1910). *Coral reefs; volcanic islands; South American geology*. Ward Lock, London.
- ⁷⁰ *Lyell C.* (1850). *Quart. J. geol. Soc.*, 6, XXXII.
- ⁷¹ *Lyell* (см. прим. 70), p. XLV.
- ⁷² *Lyell* (см. прим. 70), p. LV.
- ⁷³ *Lyell C.* (1851). *Quart. J. geol. Soc.* XXXII.
- ⁷⁴ *Lyell* (см. прим. 73), p. LXXIV.

¹ Мастер — глава колледжа в Оксфорде и Кембридже. — Прим. перев.

Ледниковый период¹

Те осадки, которые в настоящее время прямо или косвенно связывают с деятельностью ледников, представлялись в начале XIX в. одним из самых весомых доказательств в пользу системы взглядов дилювиальной школы. Давно было известно, что обширные пространства суши на севере Европы и вокруг Альп покрыты хаотическими скоплениями отложений, включающими самые разные образования: от глин, алевроитов, песков и гравия, часто беспорядочно смятых (с конволютной текстурой) до очень плохо сортированных осадков, называемых сейчас валунной глиной, или тиллем, и сложенных тонкозернистой основной массой с включенными в нее валунами и обломками горных пород. Установить простую последовательность напластования в таких образованиях часто было невозможно. Труднее всего поддавалось объяснению наличие больших, весом во много тонн, эрратических глыб, которые состояли из пород, явно принесенных издалека; их находили и на холмистых возвышенностях, и на плато и равнинах, а иногда они образовывали эффектные скальные выступы на склонах гор.

В долинах над ними залегал более правильно слоистый и обычно более тонкозернистый речной аллювий с легко определяемыми окаменелостями современного типа. Столь резкий контраст побудил Букланда, Седжвика и других исследователей отделить более молодые, *аллювиальные* отложения от более древних, *дилювиальных*; последние часто содержали необычные, незнакомые ископаемые организмы и, как предполагалось, образовались под действием ныне уже не существующего фактора или факторов. Сам термин «дилювий» показывает, что этим фактором обычно считали большое наводнение (или наводнения), «обрушившееся буквально на всю территорию Англии и вызванное совсем не теми силами природы, с которыми мы знакомы»².

Как мы уже видели, в 20-е годы XIX в. это событие отождествлялось с библейским потопом. Наиболее рьяным сторонником дилювиальной теории принадлежат самые экстравагантные заявления о геологических последствиях потопа, затопившего, по словам Букланда, самые высокие горные вершины. Действию потопа приписывали возникновение даже таких образований, как цирки, U-образные долины, отполированные и исстрихованные поверхности пород, которые сейчас связываются с деятельностью горных ледников.

Если наивное отождествление предполагаемого потопа с библейской историей о сотворении мира было после 20-х годов XIX в. отброшено и быстро забыто (именно к этому времени относится заключительный штрих, внесенный отречением Седжвика), то вера в исключительно мощные наводнения, обрушившиеся на Землю в прошлом и с огромной скоростью затопившие сушу на глубину до 1500 м, сохранялась еще десятилетие или даже больше как в Европе, так и в Сезерной Америке. В изящных теоретических схемах развивались идеи о так называемых волнах трансляции, когда взрывной эффект от внезапного подъема земной коры приводил к возникновению гигантских океанских волн. Выдвигались еще более фантастические предположения о том, что вода стремительно изливалась из подводных пустот, или напротив, конденсировалась из первичной атмосферы.

Лайеля возмущали подобные ангиуниформистские нелепости, как, например, предположение о возможности перемещения на сотни миль огромных эрратических глыб морскими течениями. Однако разнообразные «гляциальные» феномены, несомненно, требовали какого-то нестандартного объяснения. Нельзя было не обратить внимания на тот факт, что кости северных оленей и арктических птиц встречаются в отложениях таких южных районов, как Южная Франция, ясно указывая тем самым на предшествующие эпизоды исключительно сильного похолодания. Начавшиеся полярные исследования вскрыли многие, относящиеся к этой проблеме факты: было, например, выяснено, что айсберги откальваются от сползающих в море концов ледников и затем дрейфуют на огромные расстояния, пока, наконец, не растают и не отложат на дно свой груз из несортированных обломков горных пород.

Таким образом сложилась³ более умеренная по сравнению с дилювиальной теория *дрифта*, согласно которой мигрирующие айсберги прорывали желоба в нижележащих породах и выдалбливали в них выемки. После их таяния вдали от места образования эрратические глыбы и валунная глина отлагались вместе, без разбора. Находки морских раковин в некоторых из таких ледниковых (дрифтовых)⁴ «наносов» доказывали затопление суши морем; и было много весьма оживленных дискуссий о необходимости для той или иной площади числе вторжений моря. Береговая линия неизменно рисовалась по границе распространения «дрифтовых» отложений (отложений ледового разноса), а критерием глубины моря на затопленных им площадях служила высота, на которой встречались ледниковые штрихи, эрратические глыбы и валунные отложения. По этим представлениям большая часть Великобритании была покрыта морем глубиной от 300 до 1200 м, а глубина моря над Альпами превышала 2700 м. Выдвигались объяснения, не связанные с катастрофичес-

кими причинами; обоснованием служило, например, чередование фаз оледенения и таяния ледников в Северном и Южном полушариях, обусловленных соответствующим перемещением центра тяжести земного шара.

Такова была обстановка, сложившаяся к моменту появления ледниковой (гляциальной) теории, которая оказалась в конце 30-х — начале 40-х годов прошлого века изрядным шоком для геологической общественности, потрясенной тем, что внимание привлекалось к деятельности некогда гораздо более широко распространенных материковых льдов для объяснения самых разных явлений, интриговавших и поражавших и дилювиалистов, и адептов дрифтовой теории. Неудивительно, что родиной этих революционных взглядов стала Швейцария — единственная из европейских стран с крупномасштабным современным горным оледенением.

Ледниковая теория

Натуралистов долгое время ставило в тупик присутствие на юго-восточных склонах гор Юра больших валунов гранита и кристаллических сланцев, тогда как вся окружающая местность была сложена исключительно осадочными, преимущественно известняковыми породами. Для многих исследователей было очевидно их сходство с альпийскими породами; в связи с этим де Лиск, например, полагал, что глыбы могли быть с силой переброшены по воздуху через лежащую между этими районами долину Роны в результате взрыва, вызванного компрессией воздуха в глубоких пещерах, обусловленной локальными опусканиями.

Такая интерпретация была с презрением отвергнута де Соссюром⁵, который просил указать хоть какие-нибудь примеры современных взрывов, способных выбросить крупные глыбы породы на столь же громадное расстояние. Почему эти глыбы не разлетелись на куски при падении или не зарылись в землю? Ведь эрратические глыбы всегда можно было обнаружить в положении *in situ* вблизи поверхности. Тщательные наблюдения де Сосюра показали, что распространение морен в Альпах можно связать с наступанием и отступанием небольших ледников. Обломки альпийских пород на территории Юры сосредоточены в современных долинах, а места их скопления находятся напротив устьев альпийских долин, из которых они вынесены. Де Соссюр предположил, что причиной разноса эрратических глыб явился катастрофический стихийный прорыв (*debâcle*) огромных масс стремительно мчавшейся воды.

Геттон, с большим интересом читавший де Сосюра и стремившийся как можно больше узнать о горной системе, которую ему так и не удалось посетить, не мог принять такого объясне-

ния: никакой поток воды не в состоянии переместить эрратические глыбы на высоту 1000 м, а именно на таких отметках над дном долины Роны находятся некоторые из них. По его мнению, глыбы были, очевидно, перенесены еще до выработки долин; свою мысль он развивает следующим образом:

«Мы всего лишь должны, следуя за тем, что наблюдаем в настоящее время, распространить наши выводы на предметы прошлого, и тогда мы поймем многое из того, что при более ограниченном подходе кажется необыкновенным и не находит разумного объяснения; это относится и к тем огромным глыбам гранита, которые настолько чужды местам, где они сейчас встречаются, и настолько велики, что возникает мысль о сверхъестественных силах, необходимых для их транспортировки из районов первоначального местонахождения. Но мы должны принять во внимание, что земная поверхность ранее располагалась на более высоком уровне; к нему же были приурочены русла рек, несущих по равнинам материал слоистых толщ и обломки; подобно речным наносам, они непрерывно изменяются, но так медленно, что это невозможно заметить... Допустим теперь, что Альпы в целом были намного выше, чем сейчас. Нет причин сомневаться в законности такого предположения, поскольку разрушенные вершины этой горной системы подтверждают его справедливость. *А в таком случае должны были существовать огромные долины, заполненные льдом, сползавшим по всем направлениям вниз, в сторону предгорий*⁶, и несшим на себе огромные гранитные глыбы, перемещающая их на большие расстояния—туда, где они позднее стали объектом восхищения для последующих поколений, гадающих, каким образом и откуда они взялись. Таковыми и являются большие глыбы гранита на холмах Залева. Месье де Соссюр, который тщательно изучил их, представил наглядные доказательства того, что они уже достаточно давно находятся на своем современном месте. Нижележащие известняки вокруг глыб растворяются под действием дождевой воды, тогда как непосредственно под глыбами они защищены от дождя и поэтому сохраняются, высоко поднимаясь над окружающими породами. Однако никакими естественными процессами на Земле невозможно объяснить перенос этих каменных тел, кроме как изменением всей обстановки в результате разрушения гор»⁷.

Заключительные замечания Геттона отражают его убеждение в том, что разделяющая долина была, вероятно, образована еще до переноса эрратических глыб. Поднятие Альп служило бы сразу двум целям: обеспечивало более значительный уклон в

сторону Юры, увеличивая тем самым транспортирующую силу гравитации, и вызывало похолодание климата, способствующее росту горных ледников.

Плейфер, как обычно, более понятен и выразителен при обсуждении той же самой проблемы, и его высказывание с большей силой подчеркивает геологическую роль движения льда⁸:

«Для передвижения больших масс горных пород самым мощным средством из числа используемых природой, без сомнения, являются ледники — эти озера и реки льда, которые образуются в высочайших долинах Альп и в других горных хребтах первого порядка. Эти огромные массы льда находятся в непрерывном движении; подтачиваемые притоком тепла с поверхности Земли, они под влиянием собственного веса устремляются вниз по уклону, увлекая груз бесчисленных обломков горных пород. Обломки постепенно переносятся к самому концу ледника, где образуется грандиозная стена, подчеркивающая величие явления и свидетельствующая о силе того внушительного механизма, с помощью которого она воздвигнута. Такой способ переноса невероятного количества огромных глыб, вид которых повергает в изумление любого наблюдателя, достаточно ясно показывает возможность движения обломков горных пород даже при небольшом уклоне и по очень неровной поверхности. Легко представить, следовательно, что еще до того, как долины приобрели свою современную форму, а горы поднялись на большую высоту, чем сейчас, огромные глыбы пород могли быть перенесены таким путем на большие расстояния; и в этом нет ничего чудесного, если вспомнить, что такие же массы пород в сильно измельченном виде, превращенные в гравий или песок, достигают берегов или даже дна моря»⁹.

Можно подозревать, что если бы такой проницательный и восприимчивый наблюдатель, как Геттон, провел некоторое время в Швейцарии, ледниковая теория возникла бы много раньше, чем это произошло в действительности. Он бы несомненно оценил значение борозд на отполированных поверхностях скал и «бараньих лбов» в альпийских долинах, отнесясь не более как к фольклору к такого рода популярным объяснениям, что борозды будто бы являются следами колес от телеги или даже подбитых гвоздями ботинок!

Случилось, однако, так, что мало кто обратил внимание на эти предвосхищающие появление ледниковой теории замечания Геттона и Плейфера. Неутомимый фон Бух, например, не только подтвердил выводы де Соссюра, касающиеся эрратических глыб Юры, проследив в обратном порядке их путь вплоть до района

Монблана и других мест, но и разработал более общую концепцию о разносе эрратических глыб во всех направлениях от Альп. Впоследствии он смог продемонстрировать, что эрратический материал северных равнинных районов Германии и Польши проделал, скорее всего, долгий путь от Скандинавии¹⁰. Тем не менее он так никогда и не признал ледниковую теорию!

В 1815 г., незадолго до того как Плейфер побывал в Швейцарии, охотник на серн в Вале Жан-Пьер Пероден пришел к заключению, что ледники, сосредоточенные ныне только в верховьях долины Валь-де-Бань, раньше заполняли эту долину целиком. Основанием послужило то, что на скалах, расположенных гипсометрически много ниже границы льда, он наблюдал следы или борозды, в точности соответствующие тем, которые имеются на скалах вокруг ледников.

В течение следующих трех лет Пероден нашел поддержку своим взглядам в лице гражданского инженера Игнаса Венетца, который значительно развил идею Перодена. Большой объем детальных исследований позволил ему понять, что морены распространены далеко за границами современных альпийских ледников и что это свидетельствует о значительно более обширных прежде размерах оледенения. В 1821 г. он, наконец, почувствовал достаточную уверенность, чтобы сделать публичное сообщение о своих выводах на заседании Швейцарского общества натуральной истории. Венетц, однако, не спешил с окончательным обобщением своих идей. Лишь в 1829 г. на ежегодном заседании общества приюта Сен-Бернар он огласил свое эффектное заключение: необъятные ледники некогда покрывали Швейцарскую равнину и территорию гор Юра, а также другие части Европы, переноса моренный материал и эрратические глыбы, которые сгужались в местах окончательного таяния льда¹¹.

Теория Венетца была, по-видимому, или проигнорирована, или на этом же заседании отвергнута; один лишь проникательный естествоиспытатель по имени Жан де Шарпентье, директор соляной шахты в Бексе, после первой скептической реакции быстро превратился в ее преданного сторонника. Посвятив несколько последующих лет собственным детальным полевым исследованиям, Шарпентье с удивлением обнаружил, что многие необразованные швейцарские крестьяне давно признают что-то вроде одного из вариантов ледниковой теории. Он познакомился с одним из них по пути в Люцерн в 1834 г., где собирался доложить результаты своих исследований:

«Путешествуя по долине Хасли и Лунгерну я встретил на дороге в Бруниг дровосека из Мейрингена. Мы разговорились и шли некоторое время вместе. Когда я обратил его внимание на большой валун гримзельского гранита, лежа-

щий рядом с тропинкой, он сказал: «В здешней округе много таких камней, но они появились издалека, из Гримзеля; ведь они состоят из гайзбергера (гайзбергерского гранита), а горы в нашей местности сделаны не из них!»

Когда я спросил его, каким, по его мнению, образом эти камни попали на теперешнее место, он без колебаний ответил: «На оба склона долины их принес Гримзельский ледник, доходивший в прошлые времена до Берна, да вода и не могла бы занести их на такую высоту над дном долины, не засыпав камнями озер».

В докладе, прочитанном в Люцерне¹², Шарпентье дал высокую оценку первооткрывательской работе Венетца и, пойдя дальше, впервые связал с деятельностью льда образование столь обычных для Альп полированных и исстрихованных бороздами поверхностей скал, возникновение которых до этого приписывали действию воды, нагруженной гравием, или чему-нибудь еще более фантастическому. Путь эрратических глыб Юры можно было проследить в обратном направлении до их источников, следуя по альпийским долинам, вниз по которым происходило перемещение.

К сожалению, аудитория отнеслась к Шарпентье с меньшим пониманием, чем упомянутый дровосек, и недоверие к его идеям было, очевидно, общей реакцией. Одним из присутствовавших на докладе скептиков был швейцарский натуралист Луис Агассис (1807—1873), который под влиянием Кювье стал специалистом по ископаемым рыбам. Агассис знал Шарпентье со школьных лет, проведенных ими вместе в Луанне, и всегда восхищался им как естествоиспытателем. Тем не менее вначале он не смог оценить его ледниковую теорию. Летом 1836 г. он вместе с Шарпентье изучал ледники Дьяблере и морены в долине Роны. Сначала Агассис надеялся убедить своего друга в том, что он ошибается, но после нескольких недель, проведенных вместе в районе Бекса, он вынужден был изменить собственную позицию. Однако с этого момента его отношение к Шарпентье стало несколько пренебрежительным, что привело в конечном счете к разрыву дружеских отношений.

Шарпентье был застенчивым, осторожным человеком с мягкими манерами, ему не хватало темперамента, чтобы с энтузиазмом отдаться полемической борьбе со своими научными противниками; он предпочитал следовать по намеченному пути в своих очень тщательных и скрупулезных исследованиях. Агассис же отличался совсем иным складом и быстро превратился в прозелита, активно распространявшего новое учение; он развивал всеобъемлющую ледниковую теорию, смело выходя в своих экстраполяциях за рамки имеющегося фактического материала, с чем никак не мог примириться более консервативный Шарпентье.

Другой друг Агассиса, ботаник Карл Шимпер, проведенный с ним студенческие годы в Мюнхене, изучал эрратические глыбы в Баварии. Он передал Агассису записки, из которых явствовало, что, по его мнению, вся Швейцария вместе с большей частью Европы и северной Азии, а также значительная часть Северной Америки когда-то были покрыты мощным ледяным панцирем. В феврале 1837 г. в честь годовщины со дня рождения Галилея он написал поэму, озаглавив ее *Die Eiszeit: für Freunde gedrukt am Geburtstage Galilei* («Ледниковый период: отпечатано для друзей в ознаменование дня рождения Галилея»). Это было самое раннее упоминание о ледниковом периоде, и данный термин (нем. *Eiszeit*) был быстро заимствован Агассисом, который раздавал экземпляры поэмы Шимпера всем, кто посещал его лекции. Сказанное свидетельствует о том, что Агассис никоим образом не хотел скрыть истинных авторов ни термина, ни концепции. Тем не менее, несмотря на то что Агассис был, несомненно, более значительным ученым и, развивая рассматриваемую идею в известном смысле, вышел за пределы возможностей ее создателя, у Шимпера все больше развивалось маниакальное чувство, что он не получил должного признания.

Впервые Агассис изложил свою ледниковую теорию в июле 1837 г. в президентской речи на заседании Швейцарского общества естественных наук в Невшателе. По существу, она представляла собой комбинацию из наблюдений и идей Шарпентье и Шимпера. Показав, что характерные отполированные и изборозжденные штрихами поверхности скал на склонах гор Юра до тонкостей сходны с теми, которые и сейчас образуются на породах ледникового ложа, Агассис сделал вывод о том, что альпийские льды пересекали долину Роны и наполнили на горные цепи Юры. В более широком смысле он высказал предположение об общем понижении температуры, присовокупив свое собственное мнение (выходящее за рамки всего того, что предполагалось Шарпентье), что ледниковый период *предшествовал* катастрофическому подъему Альп. Катастрофистские взгляды Агассиса отчетливо проявились также в его объяснении массового вымирания животных (в особенности наглядно — сибирских мамонтов) условиями ледникового периода.

Реакция на доклад Агассиса¹³ была едва ли не целиком отрицательной, противники шумно выражали свое несогласие. Один из участников состоявшейся вслед за этим полевой экскурсии в горы Юра пишет следующее:

«В общем за время моего короткого знакомства с ведущими учеными я убедился, что в их отношениях большое место принадлежит зависти и эгоизму. Эли де Бомон в продолжении всей экскурсии был холоден как лед. Лео-

польд фон Бух шел далеко впереди и, опустив глаза в землю, бормотал что-то по поводу англичанина, который беседовал с Эли де Бомоном о Пиренеях, тогда как мы были в горах Юра, и достаточно оскорбительно выражал недовольство глупыми замечаниями некоторых присоединившихся к группе дилетантов. Агассис, вероятно, еще сильно раздраженный после острых нападок фон Буха на его ледниковую теорию, отделился от группы сразу же после начала экскурсии и шел один, на четверть лиги* опережая остальных»¹⁴.

Новости о враждебной реакции на теорию Агассиса разлетелись быстро, и несколько позже в том же году Гумбольдт в письме призывал его следовать более осторожным путем, вернувшись к спокойному занятию — изучению ископаемых рыб: «Поступив так, Вы окажете куда более заметную услугу реальной геологии, нежели общими соображениями (к тому же несколько скользкими**) о революциях в примитивном мире — соображениями, которые, как Вы прекрасно знаете, убеждают только тех, кто породил их».

Однако Агассис был не тем человеком, чтобы позволить скептикам отвлечь себя от намеченной цели, и в 1840 г. он опубликовал монументальный труд о ледниках¹⁵; в нем, вслед за пространном описанием современных гляциальных явлений, даются общий обзор данных, свидетельствующих о колебаниях в развитии альпийских ледников за исторический период, и вывод о существовании в прошлом обширного ледяного покрова. Эта публикация на один год предвосхитила итоговую работу Шарпентье на ту же тему¹⁶, который еще раз подтвердил свое раннее заключение о ледниковом разном эрратических глыб, но в отличие от Агассиса настаивал на том, что период максимального распространения ледников был *после* поднятия и расчленения Альп. В подтверждение своей точки зрения он указывал на то, что перенесенный материал располагается в виде длинных полос по склонам долин, а это можно объяснить, допустив существование долин до того, как они заполнились ледниками.

Хотя Агассис великодушно отметил приоритет работ Венетца и Шарпентье и даже посвятил им свою книгу, Шарпентье так и не простил Агассису того, что он опередил его с публикацией, и этот инцидент положил конец их дружбе.

Человеком, которому Агассис так и не выразил признательности, был Р. Бернарди, профессор Академии лесоводства в Дрейссигаккере на севере Германии. Бернарди опередил Агасси-

* Лига — единица длины, применяемая в США и Великобритании. Ее величина равна приблизительно 5,560 км.

** Игра слов: icy — а) ледяной, ледниковый; б) скользкий. — Прим. перев.

са на несколько лет, высказав в 1832 г. мысль, что лед северных полярных областей доходил до северных районов Германии¹⁷. Бернарди было известно о работе Венетца, а также Эсмарка в Норвегии, который, исходя из расположения эрратических глыб, сделал правильный вывод о широком распространении в прошлом льдов в Скандинавии¹⁸. Надо было, однако, обладать живым воображением, чтобы перекинуть мост от арктических льдов к территории Германии. Работа Бернарди представляется тем более замечательной, если вспомнить, что в отличие от Венетца и Шарпентье он не жил в непосредственной близости от ледников. Его статья прошла тем не менее совершенно незамеченной современниками в Германии, может быть, потому, что сам анализ размещения эрратических глыб на территории равнинных областей казался гораздо менее убедительным доказательством, чем более разнообразные данные, поступавшие из Швейцарии.

Агассис — проповедник ледниковой теории

Дружба Агассиса с Букландом началась в 1834 г., когда Букланд принимал Агассиса в Оксфорде во время его посещения Англии с целью изучения ископаемых рыб. Агассис в свою очередь пригласил Букланда с женой нанести ответный визит в Невшатель, что они и сделали в 1838 г.

Изучение писем Букланда показывает, что он долго и серьезно размышлял над дилювиальной и дрифтовой теориями. Постепенно уступая и соглашаясь с тем, что дилювиальная теория неспособна дать полноценное объяснение эрратическим глыбам, он тем не менее не пришел к убеждению в полной правильности дрифтовой теории. Он был, как можно думать, вполне созревшим кандидатом для обращения в лоно агассисовских идей, но его так и не смогли до конца убедить те факты, которые он наблюдал во время полевой экскурсии, предпринятой совместно с пригласившим его Агассисом в горах Юра. Затем последовала поездка в Альпы, которая и привела его к окончательному обращению.

Ледниковая теория буквально взывала об активной кампании по ее пропаганде, особенно среди геологов, не имевших собственного опыта в изучении ледников. Удобный случай представился в 1840 г., когда Агассис еще раз посетил Великобританию с целью продолжить палеонтологические исследования. В Британской ассоциации в Глазго он прочел доклад, в котором в общих чертах обрисовал свою ледниковую теорию. Как и следовало ожидать, реакция аудитории была в основном негативной; критику возглавил Лайель, Букланд промолчал. После заседания Букланд уговорил Агассиса и Мурчисона присоединиться к нему в полевых исследованиях в Шотландии и Северной Англии, что-

бы провести совместные наблюдения над ледниковыми явлениями. Эта экскурсия окончательно убедила Букланда в правильности основных положений ледниковой теории, и впоследствии он стал самым верным сторонником Агассиса в Великобритании. Мурчисона же поездка не убедила, и он до конца сохранил верность дрейфовой теории.

Вскоре Букланду показалось, что он переубедил Лайеля. В октябре 1840 г. он писал Агассису: «Лайель согласился с Вашей теорией *in toto!!!* Когда я показал ему прекрасное скопление морен в двух милях от его родительского дома, он тотчас признал ее, разрешив множество трудностей, всю жизнь преследовавших его». Букланд оказался излишне оптимистичным, после недолгой симпатии к ледниковой теории Лайель вернулся к своей более ранней привязанности — дрейфовой гипотезе.

Более важные заседания¹⁹ происходили в том же году в Лондонском геологическом обществе. 4 ноября Агассис прочел доклад, посвященный результатам его поездки с Букландом и Мурчисоном и озаглавленный: «Ледники и доказательства их прежнего существования в Шотландии, Ирландии и Англии»²⁰. Во время этой поездки были обнаружены ледниковые борозды в местности Боллахулиш, Шотландские нагорья, и на Блэкфорд-Хилл, вблизи Эдинбурга, и найдены бараньи лбы и морены как в Шотландских нагорьях, так и в Озерном округе Англии. Выяснилось, что области Шотландских нагорий, Южно-Шотландской возвышенности, Озерного округа, Северного Уэльса и гор Уиклоу в Ирландии служили центрами ледниковой деятельности, а так называемые параллельные дороги в Глен-Роу, Шотландские нагорья, интерпретировались как следы последовательно отступавшей береговой линии ледникового озера. «Если справедлива аналогия между фактами, которые он наблюдал в Шотландии, Ирландии и на севере Англии, и тем, что можно видеть в Швейцарии, то следует, по словам господина Агассиса, признать не только существование некогда на Британских островах ледников, но и то, что вся эта площадь была покрыта обширным *покровом льда*».

На этом же заседании прочел доклад Букланд. Он отметил, что Агассис в 1838 г. впервые обратил его внимание на полированную и покрытую царапинами и штрихами поверхность скал на юго-восточных склонах гор Юра в окрестностях Невшателя, а также на некоторые особо примечательные эрратические глыбы. Однако в реальных масштабах работы льда он убедился после того, как посвятил несколько дней изучению современных ледников в Альпах. Возвратившись в Невшатель, он рассказал Агассису, что видел подобные явления в Великобритании, но интерпретировал их до сих пор в рамках дилювиального подхода.

В последовавшей за этим дискуссии Мурчисон предпринял решительное наступление на ледниковую теорию:

«Должны ли царапины и полированные поверхности непременно быть связаны со льдом? Настаивая на подобном объяснении для некоторых из таких признаков, мы в один прекрасный день вынуждены будем применить его и ко всем остальным... При большой высоте гор и результат должен быть соответствующим. Но в Шотландских нагорьях, не составляющих по высоте и одной трети Альп, мы видим морены размером в два-три раза больше любых морен, известных в Швейцарии. Прежде, когда мы находили вокруг гор остатки разрушенных пород, мы связывали их с последовательными периодами поднятия этих гор. «Параллельные дороги» в Глен-Роу сопоставлялись с береговой линией моря; теперь все это приписывается деятельности льда... И если посмотреть на остатки морских раковин, обнаруженных в приподнятых слоях и ничем не отличающихся от таких же раковин современных морей, разве что их (по ... Лайелю) называют плейстоценовыми, мы получим доказательство очень небольших высот как раз в то время..., когда в действие должны были вступить ледники. На этом основании я удовольствуюсь пока тем, что останусь на наших старых позициях: при воздымании горного массива или в том случае, когда поток воды проходит через ряд возвышенностей, дилuvian будет переноситься вместе [с текучими водами] и отлагаться в устье потоков и на террасах в соответствии с направлением течений и т. д.».

Агассис ответил следующим образом:

«Господин Мурчисон возражает против ледниковой теории единственным способом, которым можно против нее возразить. Он признает, что, согласившись с малой частью, придется принять и целое. Так вот, в данном вопросе, как и в других случаях, мы идем в своей аргументации от уже доказанного к тому, что требуется доказать. В Швейцарии деятельность ледников ежегодно наблюдают тысячи иностранцев, и в этих данных сомневаться не приходится [как не приходится сомневаться и в прежних размерах ледников]. В случае Аарского ледника борозды и прочие признаки обнаружены в долине в 22 милях от конца современного ледника. Если бы мы нашли такие поверхности только на твердых породах, то можно было бы предположить, что они всего лишь вскрыты, отпрепарированы ледником; но эти борозды видны также на мягких известняках исключитель-

но там, где ледник только что отступил. Многие ледники текут лишь по таким породам, и в этих случаях борозды ежегодно обновляются зимой, а летом в результате воздействия атмосферных явлений исчезают... Морены можно отличить от любого другого скопления обломочных пород по их характерным особенностям. С края ледника, где лед движется быстрее, постоянно сбрасываются обломки пород, накапливающиеся в виде полос вдоль бортов ледника [боковая морена], а при слиянии двух ледников, спускающихся из разных ущелий, формируется срединная морена. Боковые [морены] подвергаются постоянному трению о породы, с которыми они соприкасаются, а на концах через них перекачивается вся масса ледника; поэтому обломки пород в них округлые и покрыты штрихами, тогда как материал срединных морен, остающихся на поверхности ледника, сохраняет угловатую форму. Когда летом ледник отступает, угловатые обломки срединных морен сгружаются и засыпают сверху боковые и конечные морены, состоящие из окатанных обломков, — это и есть те характерные особенности, опираясь на которые мы доказали существование морен в Шотландии, Ирландии и на севере Англии...»

Этот аргументированный пример актуалистического подхода не произвел, по-видимому, большого впечатления на Гринафа, хотя следует иметь в виду, что этот геолог, один из учредителей Геологического общества, всегда скептически относился к абстрактным теориям. Гринаф указал на вытекающую из новой теории необходимость радикальных климатических изменений, что весьма затрудняет положение, ибо в некоторых современных осадках заключены остатки ископаемых организмов тропического облика. Не имея привычки смягчать выражения, он аттестовал эту теорию как «верх абсурда в геологических построениях: в одну и ту же эпоху крага* у нас получается смесь трех взаимоисключающих обстановок: кораллы тропического климата, торфяники умеренного, раковины... арктического!»

Отвечая Гринафу, Лайель заметил, что тот смешал в одно разные на самом деле отрезки времени, соответствующие отложениям кораллового, красного/норвичского крага и лакустриновым (так называемые кораллы из этих позднеплиоценовых — раннеплейстоценовых отложений Восточной Англии являются на самом деле мшанками без каких-либо признаков, указывающих на тропический климат).

Заключительные слова Букланда прозвучали «среди одобрительных возгласов восхищенного собрания, которое было к это-

* Эпоху накопления свиты краг. — *Прим. перев.*

му времени оживлено близкой перспективой получить чашку чая (оставалось четверть часа до полуночи) и возбуждено изощренной критикой, ссылками на древних и филологической эрудицией, изливавшимися из уст высокоученого доктора, который после чрезмерно затянувшегося и благоговейного изложения отдельных положений и общей сути ледниковой теории с видом и тоном триумфатора закончил тем... что обрек своих оппонентов, осмелившихся усомниться в ортодоксальности царапин, борозд и полированных поверхностей ледниковых гор..., на муки вечного зуда без возможности почесаться*!»

Двумя неделями позже, 18 ноября, состоялось другое заседание, на котором Агассис** прочел доклад «О геологическом обосновании существования древних ледников в Форфашире», а Букланд представил вторую часть своих «Мемуаров». Выступая в дискуссии, Юэлл выразил озабоченность тем, что приходится допускать уменьшение притока тепла из недр Земли и последующее его восстановление после ледникового периода — «предположение, противоречащее всем известным законам физики». Но, даже допустив изменение климата, где все-таки взять те высокие горы, которые послужили *средоточием* ледников, распространившихся отсюда на равнины?

Букланд подчеркнул, что он не *все* «дилювиальные» явления объясняет деятельностью ледников. Он признал наличие испытанных поднятие баров и отмелей, течений, плавающего и дрейфующего льда. Но только ледники могли бы объяснить многие феномены на территории Шотландии.

Не приходится сомневаться в переполюхе, который произвел Агассис в Великобритании. В 1841 г. Эдвард Форбс писал ему: «Благодаря Вам все здешние геологи помешались на ледниках и превращают Великобританию в ледяной дом. Только одному или двум псевдогеологам принадлежит несколько смехотворных и совершенно безрассудных попыток противостоять этим воззрениям».

Это было уж слишком — часть оппозиции была весьма представительной, и даже некоторые сторонники Агассиса, как, например, Букланд и Дарвин, отчасти вернулись на свои старые позиции. Так, Букланд все еще продолжал привлекать механизм гигантских течений для объяснения некоторых явлений, что по сути дела являлось признанием флювиогляциального происхождения некоторых осадков²¹.

Кембриджский физик Уильям Хопкинс считал, что ледниковая теория «в применении к переносу глыб через район Стейнмор

* Игра слов: scratch — а) ледниковая царапина; б) чесать, чесаться — Прим. перев.

** В оригинале ошибочно напечатано Лайель. — Прим. перев.

в Северной Англии приводит к настолько явному абсурду, что автор считает эту теорию совершенно недостойной внимания Геологического общества»²². Мурчисон в президентском обращении к Геологическому обществу²³ с ликованием заявил, что теоретическое исследование движения ледников, выполненное Хопкинсом, показало: перемещение ледниковых масс через большие и плоские участки суши — это теория, основанная на ошибке в механике. Он мог бы еще согласиться с тем, что вершины гор Сноуон в Северном Уэльсе возвышались в виде ледяных пиков посреди океана, но на этом кончается все, чем можно воспользоваться в ледниковой теории. (Заметим, что Хопкинс в президентском послании несколькими годами позже²⁴ изложил модифицированный вариант своих взглядов, признав, что ледники действительно могут выполнять транспортирующую функцию на равнинах с очень небольшим уклоном.)

Даже в Швейцарии голоса несогласных не умолкли. Ж. А. де Люк, племянник знаменитого натуралиста, был упорным противником ледниковой теории, что следует, в частности, из его письма к Букланду, написанного в 1842 г.²⁵

«В известиях гор Юра часто встречаются полированные поверхности, царапины и штрихи, похожие на те, которые образовались в наше время у основания современных ледников. Нет убедительных доказательств того, что ледники полируют и истирают горные породы, на которых они покоятся, и того, что они прочерчивают борозды и штрихи. Если при таянии ледника обнажается часть его ложа с отполированной и исштрихованной поверхностью, то это еще не значит, что данный эффект есть результат деятельности льда; такая поверхность может быть намного древнее ледника или же образоваться благодаря воде, которая постоянно течет под ледником, неся с собой гранитный песок и мелкие камни... Аргументация, основанная на наблюдении полированных и исштрихованных пород в Шотландии, исходит из произвольного допущения, что лед горных ледников может полировать и истирать горные породы».

Де Люк утверждал, что он сам видел породы, отполированные гравием, увлекаемым стремительно мчавшейся водой. Так что доводы Агассиса, хотя бы те, которые заключены в ответе Мурчисону двумя годами раньше, показались неубедительными по крайней мере для одного из его соотечественников.

Отнюдь не подавленный критикой, Агассис экспортировал ледниковую теорию в Северную Америку после приезда туда в 1846 г.²⁶, применив ее для объяснения ряда явлений в горах Уайт-Маунтинс в Нью-Гэмпшире и в районе Великих озер. Вначале, правда, он приобрел всего лишь нескольких сторонников, но это

не удержало его от высказывания по прошествии немногих лет еще более экстравагантных взглядов, так что в конце концов он отстаивал не только идею о едином ледниковом покрове, простиравшемся от Арктики, но и о льдах даже в долине Амазонки!

Триумф ледниковой теории

Раньше всего, как и следовало ожидать, от дрифтовой теории отказались в Швейцарии, где для большинства исследователей решающими оказались аргументы если не Агассиса, то Шарпентье. Они способствовали тому, что некоторые геологи, как, например, Гийо, проследили в обратном направлении путь эрратического материала вплоть до мест сноса, в результате чего было обнаружено, что последовательность альпийских вершин отражена на Швейцарской равнине в виде параллельных поясов эрратических глыб. Собрание французского геологического общества в Шамбери в 1844 г. ознаменовало собой, по-видимому, окончательный триумф ледниковой теории в Швейцарии²⁷.

Не следует думать, что близкое знакомство с Альпами само по себе гарантировало принятие ледниковой теории. Даже поездки в обществе Шарпентье не смогли убедить Мурчисона. В середине века он предпринял еще одну экскурсию — совместно с фон Бухом в Австрийские Альпы. По словам Мурчисона, этот пожилой немецкий геолог откровенно насмеялся над современными идеями о переносе материала ледниками; он то и дело останавливался, победоносно тыкая своей палкой в большой эрратический валун и энергично вопрошал: «Где же ледник, который смог перетащить и воткнуть сюда эту глыбу?»

Хотя Мурчисон был также настроен скептически, но и он был ошеломлен, насколько мы можем судить, когда фон Бух стал развивать свои собственные идеи. «Когда фон Бух утверждает, что гранитные глыбы на вершинах гор Юра были как пушечные ядра переброшены через Женевскую долину мощной взрывной силой, возникшей при поднятии, я чувствую невозможность быть заодно с ним!»²⁸. Очевидно, и в старости фон Бух не отказался от своей катастрофистской теории кратеров поднятия, и в этом отношении его взгляды на происхождение эрратических глыб Юры возвращали к идеям старшего де Люка. По иронии судьбы, памятником фон Буху в Верхней Австрии служит одна из таких гранитных эрратических глыб с вырезанным на ней его именем.

В Северной Европе, где доказательства ледниковой деятельности не столь выразительны, резкого отказа от дрифта в пользу ледниковой теории не произошло. Несмотря на Агассиса, многие продолжали противостоять идее об обширном материковом оледенении. Больше двух десятилетий здесь господствовала компромиссная точка зрения, согласно которой имели место оба явле-

ния — и оледенение суши, и ее затопление морем. Так, например, многие полагали, что вслед за крупным оледенением территория Великобритании была затоплена морем, затем снова осушена, и морена дрифтового происхождения была пропахана долинными ледниками. Постепенное изменение во взглядах обнаруживается даже у Мурчисона, который стал отводить большую роль материковому льду, хотя всегда рассматривал его как фактор не более чем локального значения. Лайель считал неуместным приложение ледниковой теории к таким южным районам, как Швейцария, и изменил свое мнение, только посетив ее в 1857 г.

Можно полагать, что дрифтовая и ледниковая теории в течение некоторого времени вели в геологических кругах нелегкое сосуществование; при этом дрифтовая теория занимала доминирующее положение, так что Букланд, обескураженный отсутствием поддержки, даже отказался от разработки ледниковой теории. Однако в 1862 г. в результате публикации статьи Т. Ф. Джеймсона²⁹ дрифтовой теории был нанесен жестокий удар. Джеймсон описал прорыв дамбы, приведший к внезапному сбросу воды из нескольких водохранилищ в Шотландских нагорьях; ему удалось показать, что возникший при этом стремительный и мощный поток воды, насыщенный камнями, не привел к образованию ни царапин, ни осадков типа тех, которые ассоциируются с ледниковой деятельностью. В отдельных случаях обломочный материал с большой скоростью несло по породам с настоящими ледниковыми знаками, которые при этом не были стерты. Обломки, отложенные в конечном счете потоком, совсем не походили на валунную глину — в них вообще не было глинистого материала.

Эта работа, вероятно, окончательно убедила Арчибальда Гейки, чья статья³⁰, опубликованная годом позже, наравне со статьей Джеймсона свидетельствует о большом сдвиге в пользу ледниковой теории. Примерно в то же время Эндрю Рамзей — еще одно светило в Геологическом обществе — написал важную статью в ее поддержку³¹. За несколько лет до этого Рамзей, воодушевленный гляциальными идеями, отнес к ледниковым образованиям пермские брекчии в западных районах английского Мидленда. Основанием для этого послужили крупный размер обломков, их угловатая форма и наличие на них полировки и царапин³². Это, несомненно, первый случай ошибочного отождествления с ледниковыми образованиями доплейстоценовых грубообломочных отложений; на самом деле, как это давно стало ясно, так называемая брекчия Клент сложена осадками аллювиального конуса, накопившимися в условиях жаркой пустыни.

К середине 1860-х годов Мурчисон практически остался в одиночестве. В послании к Королевскому географическому обществу в 1864 г. он ругает «ледяных маляков» вроде Рамзея,

особенно обрушиваясь на мнение последнего, что впадины многих озер будто бы вырыты движущимся материковым льдом, и настаивая на том, что лед сам по себе не обладает требуемой для этого силой. Рамзей ответил вопросом, почему же вода в ледниковых реках такая мутная. Не указывает ли это на силу ледниковой эрозии? Мурчисон, как видно, не принял во внимание, что с ледниками передвигается не только лед, но и камни.

Главным пробелом в концепции оставалась неясность того, что представляют собой ледниковые покровы. Агассис сформулировал свою идею об обширном ледниковом покрове задолго до того, как состоявшаяся в 1852 г. научная экспедиция ясно установила, что именно такого рода ледниковый щит покрывает почти всю Гренландию. Лишь в конце столетия то же самое было выявлено в Антарктиде. Другая причина задержки всеобщего признания ледниковой теории заключалась в экстравагантности ряда идей Агассиса. Его мнение о катастрофическом подъеме Альп после эпохи оледенения так и не получило всеобщего признания.

Не долго просуществовала и идея о едином гигантском ледниковом покрове, простирающемся от района полюса. Тщательное изучение движения льда по штрихам и расположению эрратических глыб убедило к середине прошлого века в существовании многих локальных центров оледенения. Достаточно рано — в 1850-е годы — было, кроме того, установлено, что в действительности существовало не одно (как считал Агассис), а несколько оледенений.

Особенно долго не находило своего разрешения сомнение, связанное с присутствием в валунной глине раковин морских моллюсков, издавна считавшихся самым надежным доказательством вторжения моря. Но и Кролл³³, и Тиддеман³⁴ выявили, что такого типа раковины из «дрифтовых» отложений Шотландии и Северной Англии в той же мере эрратические, что и разбросанные тут же валуны со штрихами. Раковины были чаще раздроблены, экземпляры хорошей сохранности встречались редко или были небольшого размера. Нередко это была смесь форм, характерных для разных условий температуры и солености, и не приходилось сомневаться, что они содраны со дна Северного моря и доставлены сюда движущимся льдом.

Статьи Кролла и Тиддемана стали своего рода Coup de grâce* для дрифтовой теории в Великобритании. В Германии сопротивление ледниковой теории было устранено окончательно, вероятно, в 1875 г., когда норвежец Отто Торелл произнес речь в Берлине на заседании Немецкого геологического общества; в этой речи он почтил запоздалым признанием не понятое в свое вре-

* Удар милосердия. — Прим. перев.

мя открытие Бернарди. В Северной Америке признание ледниковой теории шло медленно, преодолевая упорное сопротивление; Дж. Д. Дэна был ее главным и красноречивым защитником, и к 1867 г. она стала почти общепризнанной. Но переход на ее позиции никогда все же не был тотальным; оппозиция окончательно угасла только на рубеже столетий вместе с уходом из жизни Д. М. Даусона в Северной Америке и сэра Генри Ховарта в Англии — самых ярких противников ледниковой теории.

Заключительные замечания

К числу наиболее интересного, что выявляется из обзора затянувшейся борьбы вокруг ледниковой теории, относится медленное превращение гипотезы в очевидную истину. Невозможно представить современного геолога, который не воспринимал бы как установленный факт, что в очень недавнем прошлом покровы льда несколько раз распространялись на огромные пространства Европы и Северной Америки, территория которых ныне входит в пояс умеренного климата. Но меньше чем полтора столетия назад такое единодушное признание невозможно было даже вообразить; проблема оставалась тогда предметом горячих споров. Строго говоря, речь в данном случае идет о предположении, в высшей степени вероятном и надежно подкрепленном богатым арсеналом данных, собранных на протяжении многих десятилетий. Тем не менее и утверждение современных геологов, что данная проблема — это проблема исключительно фактов, оказалось эвристически очень полезным, например, для интерпретации ядра осадочных пород океанического дна. Беззаботным прагматикам, которые утверждают, что «факт есть факт», следовало бы серьезно задуматься над этим.

В нашем веке рассматриваемая дискуссия сосредоточена вокруг вопроса о причинах резких колебаний климата в плейстоцене, приводивших к повторяющимся эпизодам наступления и таяния материковых льдов. Специалист в области математической физики серб Милютин Миланкович занялся углубленной разработкой идеи, выдвинутой в прошлом веке Кроллом, согласно которой эти колебания контролируются определенным сочетанием астрономических факторов. Тщательно разработанная модель Миланковича, основанная на данных о циклических изменениях эксцентриситета, наклона и прецессии земной орбиты, получила в недавние годы подтверждение по результатам глубоководного бурения, но споры продолжают, особенно в вопросе о том, каким образом подобные вариации могут влиять на климат³⁵.

В качестве постскриптума, хотя бы только для того, чтобы связать материал этой и предыдущей глав, имеет смысл кратко

коснуться причастности Дарвина к дебатам о ледниковом периоде; речь идет о его интерпретации «параллельных дорог» в Глен-Рое, которую позднее он рассматривал как большую ошибку и очень стыдился ее.

Так называемые параллельные дороги в Шотландских нагорьях рассматривались всеми как естественные террасы, обозначающие прежнее положение береговой линии. Их связывали с некогда существовавшим подпруженным озером, уровень которого падал при последовательных прорывах перемычки. Дарвин отверг такое толкование, отдав предпочтение морской гипотезе, по которой указанные террасы соответствовали берегу моря и поднимались по мере воздымания этой части Шотландских нагорий. Никаких морских раковин в Глен-Рое не находили, но Дарвин исходил из сходства с аналогичными террасами в Чили — «параллельными дорогами Кокимбо», усеянными раковинами морских моллюсков³⁶. Это было добротное рассуждение в духе Лайеля, но, к сожалению, в данном конкретном случае выводы оказались ошибочными. Агассис воскресил старую гипотезу, вернувшись к предположению о подпруженном льдом озере с низкими террасами, формировавшимся по мере того, как лед таял и вода прорывалась через вновь возникающие проходы. Объяснение Агассиса со временем стало общепризнанным, и впоследствии, через четверть века, с ним согласился и Дарвин³⁷.

Примечания

- ¹ Наиболее документированное описание этой дискуссии принадлежит Чарлсворту (Charlesworth J. K., 1957. The Quaternary era. Vol. 2. Arnold, London). Гораздо более увлекательное описание составлено Ф. Нортон (North F. J., 1943. Proc. Geol. Ass. Lond., 54, 1) и Д. и К. Имбри (Imbrie J. and Imbrie K. P. 1979. Ice ages: solving the mystery. Macmillan, London).
- ² Sedgwick A. (1825). Ann. Philos., 9, 241.
- ³ Особенно Лайелем; например, Lyell C. (1835). Phil. Trans. Roy. Soc., 1.
- ⁴ По отношению к ледниковым осадкам этот термин используется вплоть до наших дней, хотя сама теория давно забыта.
- ⁵ de Saussure H. B. (1779). Voyage dans les Alpes. Vol. 1, p. 150. Barde, Manget, Geneva.
- ⁶ Курсив мой.
- ⁷ Hutton J. (1795). Theory of the earth. Vol. 2, p. 212.
- ⁸ В отличие от Геттона Плейфер незадолго до смерти посетил Швейцарию, увидев своими глазами знаменитые эратические глыбы в горах Юра.
- ⁹ Playfair J. (1802). Illustrations of the Huttonian Theory, sec. 349.
- ¹⁰ von Buch L. (1810). Reise durch Norwegen und Lappland. Berlin.
- ¹¹ Статья Венетца была опубликована в первом томе издания Mem. Soc. Helv. Sci. Nat. (1833).
- ¹² de Charpentier J. (1855). Ann. Mines. (Paris), 8, 20.
- ¹³ Опубликовано в виде: Discours in Verh. Schweiz. naturf. Ges., 22, V (1838). См. Carozzi A. V. (Ed.) (1967). Studies on glaciers preceded by the discourse of Neuchatel by Louis Agassiz. Hafner, New York.
- ¹⁴ Imbrie and Imbrie (см. прим. 1).

- ¹⁵ *Agassiz L.* (1840). *Etudes sur les glaciers*, Neuchatel. Англ. перевод Кароцци (см. прим. 13).
- ¹⁶ *de Charpentier J.* (1841). *Essai sur les glaciers*. Lausanne.
- ¹⁷ *Bernhardi R.* (1832). *Jb. Min. Geognos. Petrefact.*, 3, 257.
- ¹⁸ *Esmark J.* (1824). *Mag. Naturvid.*, 3, 28.
- ¹⁹ Живописное описание этих исторических событий дано в работе: *Woodward H. B.* (1908). *The history of the Geological Society of London*, p. 137 et seq. Longmans, London.
- ²⁰ *Agassiz L.* (1840). *Proc. geol. Soc.*, 3, 672; (1862), 4, 90.
- ²¹ *Buckland* (1841). *Proc. geol. Soc.*, 3, 469, 579.
- ²² *Hopkins W.* (1841). *Proc. geol. Soc.*, 3, 672; (1862), 4, 90.
- ²³ *Murchison* (1843). *Proc. geol. Soc.*, 4, 93.
- ²⁴ *Hopkins W.* (1852). *Quart. J. geol. Soc.*, 8, XXIV.
- ²⁵ Цитируется по *Норту* (см. прим. 1).
- ²⁶ Он стал профессором в Гарварде в 1847 г. и оставался им до конца своей жизни.
- ²⁷ (1844). *Bull. Soc. geol. France*, 2, 630.
- ²⁸ *Geikie A.* (1875). *Life of Sir Roderick I. Murchison*. Vol. 2, p. 78, Murray, London.
- ²⁹ *Jamieson T. F.* (1862), *Quart. J. geol. Soc.*, 18, 164.
- ³⁰ *Geikie A.* (1863). *Trans. geol. Soc. Glasgow*, 1, 145.
- ³¹ *Ramsay A. C.* (1862). *Quart. J. geol. Soc.*, 18, 185.
- ³² *Ramsay A. C.* (1855). *Quart. J. geol. Soc.*, 11, 185.
- ³³ *Croll J.* (1870), *Geol. Mag.*, 7, 271.
- ³⁴ *Tiddeman R. H.* (1872). *Quart. J. geol. Soc.*, 28, 471.
- ³⁵ *Imbrie and Imbrie* (см. прим. 1); они дают блестящее описание этой дискуссии XIX в.
- ³⁶ *Darwin C.* (1839). *Phil. Trans. R. Soc. London*, 39.
- ³⁷ Полное описание приведено в работе *Рудвика*: *Rudwick M. J. S.* (1974). *Stud. Hist. Phil. Sci.*, 5, 97.

Глава 4

Возраст Земли

Ныне стало привычным посмеиваться над известными расчетами архиепископа Ашера, согласно которым Земля была создана ровно в 9 ч утра 26 октября 4004 г. до рождества Христова! Поступая так, мы забываем отдать должное вполне научной традиции философского и исторического критицизма, свойственной ученым того периода, когда работал Ашер — личность, пользовавшаяся большим уважением у современников. В основе этой традиции лежало положение о практически одновременном создании Человека и Земли. Поэтому естественно было допустить, что самым надежным и точным методом установления хронологии истории человечества и истории Земли служит изучение древних документов, особенно календарных систем. Это была высокотворческая работа, требующая знания языков, истории и астрономии. И конечно же, датирование с помощью календарных систем допускает точность до дня и даже часа. Среди великих умов того времени, принимавших участие в разработке такого рода хронологических построений, был, в частности, Ньютон. Так что в расчетах Ашера нет ничего смешного, если рассматривать их в правильном историческом контексте.

Чаще, однако, изучение человеческого общества или природы не сопровождалось созданием сколько-нибудь определенных концепций о ходе времени. Общая концепция такого рода созревала постепенно в течение всего восемнадцатого столетия¹. Первым, кто произвел исторический анализ развития человеческого общества в новом стиле, был итальянский ученый XVII в. Джамбаттиста Вико²; после этого постепенно росло все более отчетливое понимание того, что в слоях горных пород отражается ход времени.

Растущее чувство, что хронология Моисея находится под угрозой, нашло отражение в поэме Уильяма Каупера «Заповедь», написанной в 1785 г.:

...Бурят и сверлят люди
Земную твердь — хорошим счетчиком будут
Слои, разбуренные теперь.
А тот, кто Землю создал и возраст Земли
Моисею открыл, ошибся в дате.

Дальнейшие сомнения в правильности общепринятого мнения о весьма умеренной древности Земли принесла новая интерпре-

тация Солнечной системы, основанная на ньютоновской теории всемирного тяготения, и в первую очередь независимо сформулированная Кантом и Лапласом небулярная гипотеза; в то же время Бюффон, использовав сведения о внутреннем тепле Земли и оценку скорости ее остывания из по-видимому расплавленно-го состояния, подсчитал, что возраст Земли составляет 75 000 лет.

Ход истории по традиции представлялся как процесс деградации от состояния райского совершенства к неизбежному концу мира, призванному уступить место новым небесам и новой земле³. Убеждение просветителей в значительной древности земного шара связалось в благочестивых умах с политическими событиями во Франции, и в последние годы века на Британских островах росла реакция против исходящих с континента безбожных влияний. Именно на таком фоне происходили ожесточенные нападки Кирвана на Геттона из-за его еретической идеи, в которой охотно усматривали аристотелеву бесконечность.

Однако не надо было быть геттопанистом, чтобы восстать против традиционного убеждения, так как работы Кювье и других «катастрофистов» показали, что задолго до появления человека Земля уже пережила длительную историю, заключающуюся в смене нескольких «предшествующих» миров, каждый из которых был заселен разными, необычными и теперь вымершими организмами. Одновременно вырисовывалась картина неуклонного прогресса в развитии форм органической жизни, в который уже раз берущая под сомнение ортодоксальное христианское учение.

Этот новый, без преувеличения революционный взгляд на время являлся общим базисом для геологов начала девятнадцатого столетия, но явные расхождения стали намечаться после публикаций Скроупа и Лайеля. К середине XIX в. вместе с триумфом значительной части лайелевской доктрины пришло широко распространившееся убеждение, что к услугам геологов предоставлено неограниченное, в сущности, время.

Если сам Лайель был осторожен, чтобы давать оценки подлинного возраста отдельных геологических событий, то один из его наиболее страстных сподвижников — Чарлз Дарвин оказался менее сдержан. В своей знаменитой книге об эволюции, которая появилась в 1859 г., он утверждал: «Тот, кто прочтет великий труд Чарлза Лайеля о принципах геологии и все-таки не усвоит, как непостижимо огромны были прошлые периоды времени, может сразу же закрыть эту книгу»⁴.

Дарвин иллюстрирует это положение ссылкой на процессы денудации в районе Вельда юго-восточной Англии. Сопоставив общий объем вещества, который мог быть смыт со свода антиклинали, с приблизительной скоростью морской эрозии, он получил время длительностью около 300 млн. лет. Такой простой расчет претендовал не больше чем на грубую прикидку для иллюст-

рации определенной мысли, но он означал переворот в отношении к геологическому времени; Дарвину вскоре пришлось пожалеть о своей поспешности.

Расчеты Дарвина тут же побудили Джона Филлипса произвести собственную оценку времени. Профессор геологии в Оксфорде и племянник Уильяма Смита, Филлипс, естественно, не мог не придавать большого значения стратиграфии. Он подверг сомнению правомерность выражения Геттона об «отсутствии следов начала» и, как показывает изданная в 1860 г.⁵ его книга, был скептически настроен как по отношению к доктрине Лайеля, так и к дарвиновской теории эволюции.

В этой книге Филлипс принимает суммарную мощность слоев как самое подходящее средство для оценки геологического времени. Хотя он не был униформистом, тем не менее свои расчеты Филлипс построил на предположении о постоянстве скорости осадконакопления. Отношение суммарной мощности слоев к средней скорости осадконакопления сразу же должно дать значение возраста земной коры. Филлипс сознавал, что такой расчет требует некоторых дополнительных допущений, в том числе оценки, во-первых, скорости эрозии существующих формаций и, во-вторых, отношения площади размыва, с которой сносился осадочный материал, к площади морского дна, на которой он осаждался; оно было принято как 1:1. Что касается оценки скорости эрозии, то для этого была выбрана впадина Ганга как район, в котором можно получить все необходимые данные. Филлипс принял, что отложения впадины Ганга накапливались с той же скоростью, с какой в настоящее время происходит размыв осадков, и это дало ему около 96 млн. лет для формирования земной коры. Он относился к этой оценке как к очень приблизительной. Воды Ганга необычайно нагружены обломочным материалом, в связи с чем любой расчет времени получился бы, вероятно, заниженным. С другой стороны, представлялось весьма вероятным, что площадь аккумуляции была меньше площади денудации, что могло дать, наоборот, завышенный результат. Ошибки могли вкратце и при определении суммарной мощности слоев путем картирования и составления стратиграфических разрезов с применением выдвинутых его дядей принципов; сомнительны были и соображения униформистов. Как бы то ни было, расчеты Филлипса бросали серьезный вызов лайелевскому представлению о неограниченном по сути дела времени.

Доводы Кельвина и его оценки возраста

Еще одним ученым, кто враждебно реагировал на произведенный Дарвином подсчет времени, хотя и по другим причинам, был великий шотландский физик Уильям Томсон (1824—1907).

больше известный под именем лорда Кельвина, несмотря на то что он не был возведен в звание пэра до 1892 г. (далее мы будем называть его просто Кельвином)⁶. На вопрос Филлипса о его мнении по этому поводу Кельвин в июне 1861 г. ответил: «Подсчеты Дарвина — это нечто абсурдное»⁷.

К середине века, в годы, следовавшие за его назначением в совсем еще юном возрасте (22 лет) главой кафедры натуральной философии в университете Глазго, Кельвин приобрел значительную известность как один из создателей основных принципов термодинамики, в особенности второго ее закона. Но еще раньше он проявил интерес к вопросам соотношения между возрастом Земли и температурой в ее недрах, и первая опубликованная им в 1841 г. работа продемонстрировала его совершенное владение теорией теплопроводности Фурье, математический аппарат которой был использован им в расчетах.

Во многих отношениях Кельвин — типичнейший образец ученого викторианской эпохи: высокоинтеллектуальный, с широким кругозором, удачливый в осуществлении тех интересов, которые сочетали практическое применение научных достижений с благочестивыми взглядами, выражавшимися в вере в существование предначертанного, или божественного, порядка. (По этой причине он не мог принять эволюционную теорию естественного отбора Дарвина.) Фактически его признавали величайшим физиком своего времени⁸. Более того, «как личность он был не менее замечателен, чем его научные достижения; его гений и энтузиазм царили на любой научной дискуссии, где бы он ни появлялся. Но великопнее всего, на мой взгляд, он выглядел на заседаниях секции А (математики и физики) Британской ассоциации... Он задавал заседанию нужный ритм от старта до финиша, как никто другой поощряя и подбадривая молодежь, собиравшуюся толпами, чтобы послушать его. Наука никогда не имела более увлеченного, стимулирующего и неутомимого лидера»⁹.

Не удивительно поэтому, что Кельвин оказался грозным соперником, чьи представления о возрасте Земли господствовали в течение последних четырех десятилетий прошлого века; они принесли новый подход к проблеме, подкрепленный высоким престижем физики.

Первая статья, которую Кельвин написал на эту тему, была опубликована в 1862 г. в популярном журнале и озаглавлена «О возрасте солнечного тепла»¹⁰. Как и в последующих работах, он исходит из предположения, что вся энергия во Вселенной имеет гравитационное происхождение и постоянно рассеивается в соответствии со вторым законом термодинамики. В статье он принимал, что Солнце с большой вероятностью представляет собой в настоящее время раскаленное жидкое тело, теряющее тепло. Поскольку Солнце как конечный объект не может обла-

дать ни беспредельными запасами начальной энергии, ни постоянными источниками энергии — механическими или химическими, оно не может существовать в виде постоянного источника излучения энергии в течение неограниченно долгого периода времени.

«Солнце, следовательно, или должно было быть создано как активный источник тепла в какой-то не безмерно древний момент времени с нарушением законов природы, или же тепло, как то, которое оно уже излучило, так и то, которое у него еще осталось, приобретено естественным путем, согласно раз и навсегда установленным законам. Не считая первое допущение совершенно невероятным, мы с уверенностью можем заявить, что оно в высшей степени неправдоподобно, если только сможем показать, что второе предположение не противоречит известным физическим законам. А мы действительно можем доказать это и даже больше, лишь указав на определенные, происходящие на наших глазах процессы, которые — при условии их достаточно широкого распространения в прошлом — должны были дать Солнцу тепло в количестве, достаточном для объяснения всего того, что нам известно о его прежней радиации и нынешней температуре»¹¹.

Это одно из очень важных, фундаментальных положений в позиции Кельвина, которому он оставался верен и в последующие десятилетия, когда подчеркивал главенство «известных физических законов».

Как один из ныне действующих процессов, который можно экстраполировать назад во времени, Кельвин выделил метеорную активность. Тепло имеет гравитационное происхождение: единственно возможный другой источник — химический — отвергался как совершенно неадекватный. Первичная потенциальная энергия метеоров последовательно преобразуется в кинетическую энергию при их сближении и в тепло при столкновении. В соответствии с законом сохранения энергии генерированное при этом тепло должно быть в точности эквивалентно первичной потенциальной энергии. Таким образом, если первичная масса метеорных скоплений известна и если допустить, что они первоначально находились в покое относительно друг друга, то количество тепла, образованного при столкновении, можно легко подсчитать, исходя из известного механического эквивалента тепла. Быстрое столкновение приводит к образованию горячей расплавленной массы.

Возникновение идеи восходит к небулярной гипотезе Канта-Лапласа, дополненной энергетической концепцией Гельмгольца и Кельвина. По расчетам Кельвина, около половины первона-

чальной потенциальной энергии системы теряется чуть ли не сразу, но, с другой стороны, плотность Солнца, несомненно, сильно увеличивается с глубиной, что должно было обеспечивать дополнительную генерацию тепла при его формировании. Подсчеты, сделанные с учетом обеих возможностей, привели его к следующему заключению:

«Судя по всему, наиболее вероятным представляется вывод, что Солнце не освещало Землю в течение 100 000 000 лет, и уж почти наверняка оно не делало этого в течение 500 000 000 лет. Что касается будущего, то мы с той же степенью уверенности можем заявить, что обитателям Земли не так уж много миллионов лет осталось наслаждаться необходимым для их жизни светом и теплом, если только в великих кладовых Вселенной не заготовлены какие-то еще не известные нам источники энергии»¹².

В этой ранней статье мало догматизма, который вкрался в его работы позднее, а в своих заключениях Кельвин проявляет большую осторожность, хорошо сознавая неточность количественных оценок. Однако он уже чувствовал себя достаточно уверенно, чтобы быстро разделаться с Дарвином.

«Что же остается нам в этом случае думать о таких геологических оценках, как 300 000 000 лет для «денудации Вельда»? Что же вероятнее — то, что физические условия, в которых находится вещество на Солнце, отличаются более чем в тысячу раз, чем это допускает термодинамика, от условий в наших лабораториях или что штормовое море, возможно с неимоверной силы приливами, вгрызается в меловые утесы в тысячу раз быстрее, чем на один дюйм в столетие, как это подсчитал господин Дарвин?»¹³.

Смысл скрытого намека ясен. Ведь если придется делать решительный выбор между оценкой физика, основанной на всеобщих законах, и оценкой геолога, к которой примешивается вся присущая геологии неопределенность в представлениях о скорости процессов, то мы неизбежно выберем первую из них.

Непосредственно вопрос о Земле и ее вековом остывании Кельвин рассматривает в другой статье, опубликованной годом позже¹⁴. Он давно был убежден, что распределение тепла внутри Земли является ключом к определению ее возраста, представления же о Земле, как о первоначально горячем, расплавленном шаре, который постепенно остывал, были высказаны еще Декартом и Лейбницем. О грубой оценке возраста Земли, сделанной на основе этого предположения Бюффоном, мы уже упоминали. В данном случае неважно, образовалась ли Земля за счет бом-

бардировки холодного ядра большим количеством метеоров, или, как предпочитал думать Кельвин, в результате столкновения двух крупных масс, или каким-то другим образом. Единственно, что необходимо было допустить для вычисления возраста — это первоначально расплавленное состояние земного шара.

Кельвин поддерживал идею о том, что остывающие вблизи земной поверхности и предположительно сжимающиеся при этом породы погружались раньше, чем наступало их затвердевание; это приводило к образованию конвективных течений, поддерживающих тепловое равновесие в объеме всей Земли вплоть до начала затвердевания, которое распространялось от центра к внешним оболочкам. Когда в конце концов образовалась земная кора, Земля превратилась в твердый шар с одинаковой повсюду температурой.

Для того чтобы применить математический аппарат Фурье, требовалось знать следующие параметры: а) внутреннюю температуру, б) температурный градиент у поверхности и в) теплопроводность пород. Из них лучше всего был известен температурный градиент, составляющий в среднем около 1° по Фаренгейту на 50 футов. Кельвин выполнил собственные измерения теплопроводности пород; серьезные трудности возникли только с определением внутренней температуры. Для этого было необходимо принять определенную модель затвердевания Земли и сделать допущение, что температура неостывшего внутреннего ядра сопоставима с обычной температурой плавления горных пород на земной поверхности.

Кельвин не преуменьшал трудностей, связанных с расчетами на базе таких данных, и признавал, что отсутствуют данные о влиянии высоких температур на теплопроводность и удельную теплоемкость горных пород, а также об их скрытой теплоте плавления. Тем не менее он был убежден, что сведений вполне достаточно, чтобы обеспечить определение возраста Земли в разумных границах. По его мнению, ближе всего к истине была оценка в 98 млн. лет с нижним и верхним пределами 20 и 400 млн. лет.

В статье подробно рассматривалась модель стабильной Земли Лайеля, которая уподоблялась вечному двигателю, и подчеркивалось, что такая модель не учитывает принципов термодинамики, особенно второго ее закона. Не признавая великих геологических катастроф, Кельвин указывал, что охлаждение Земли, несомненно, воздействовало на ход таких процессов, как вулканизм, испарение, выпадение атмосферных осадков, эрозия, причем все они неизбежно должны были ослабевать со временем.

Заметим мимоходом, что за два десятилетия до этого кембриджский физик Хопкинс в президентском обращении к Лондонскому геологическому обществу опередил Кельвина в данном вопросе. Он обратил внимание на то, что существование геотер-

мического градиента предполагает остывание Земли, а остывающая Земля подразумевает некоторое направленное изменение во времени, что противоречит униформистской доктрине¹⁵. Это, однако, согласуется со взглядами более раннего поколения геологов, таких, как Букланд, Седжвик и Конибер.

В 1868 г. Кельвин выступил на заседании Геологического общества Глазго, а через три года его доклад о геологическом времени был опубликован¹⁶. В нем он продолжал свои нападки на униформизм, но по совершенно непонятным причинам целью его атак оказался Плейфер, а не Лайель. (У нас, правда, нет свидетельств, что он внимательно познакомился с трудами Лайеля.)

Большая часть доклада была посвящена еще одному доводу, связанному с явлением приливного трения, которое, как полагал Кельвин, накладывает определенные ограничения на возраст Земли. Приливы должны действовать как своего рода тормоз, замедляющий вращение Земли. Если определить величину ежегодного замедления, то, экстраполируя обратный ход процесса, можно было установить время затвердевания Земли. Кельвин предполагал, что таким способом можно приблизительно ограничить верхний предел возраста Земли, и, хотя он отказывался назвать точную цифру, этот метод, по его мнению, по крайней мере в принципе, достаточно хорош для опровержения построенный униформистов.

Более четко свои антиуниформистские взгляды Кельвин выразил в опубликованной несколькими годами ранее статье, специально посвященной этому вопросу¹⁷:

«Доктрина униформизма» в геологии, как считали многие из самых выдающихся британских геологов, принимает, что по температуре и другим физическим параметрам земная поверхность и верхняя часть земной коры оставались почти такими же, как сейчас, в течение миллионов и миллионов лет. Но, как мы знаем из наблюдений, количество тепла, выделяемое сейчас Землей, настолько велико, что если бы этот процесс продолжался примерно в таких же размерах в течение 20 000 млн. лет, то Земля бы потеряла примерно столько тепла, сколько требуется для нагрева до 100°С обычных для поверхности Земли горных пород объемом в 100 раз больше объема всего земного шара... Такого количества тепла было бы более чем достаточно, чтобы расплавить массу приповерхностных пород, равную *всей Земле*. Ни одна обладающая хотя бы намеком на правдоподобие гипотеза, касающаяся проблемы химических процессов, текучести вещества в недрах, действия давления на больших глубинах или предполагаемого состояния вещества во внутренних частях Земли, не может допустить пред-

положения, что верхняя кора Земли оставалась почти такой же, как теперь, в то время, как Земля или какая-то ее часть теряла тепло в таких огромных количествах».

Первоначальная реакция на идеи Кельвина

В среде геологов первые две статьи Кельвина не получили большого отклика, и это, по-видимому, вызывало у него раздражение, но к концу десятилетия он приобрел ценного сторонника в лице своего друга Арчибалда Гейки (1835—1924), недавно назначенного директором Геологической службы Шотландии.

В речи, произнесенной на заседании Геологического общества Глазго и через три года опубликованной¹⁸, Гейки рассмотрел существующие представления о процессах денудации. Эрозия континентов в настоящее время идет с такой скоростью, что за несколько миллионов лет все они были бы срезаны до уровня низких равнин, если бы не существовало поднятия. Он сделал, хотя и без достаточных доказательств, вывод, что современная скорость геологических процессов, вероятно, меньше их средней скорости за длительное время. Геологи недооценили величину скорости современной и прошлой эрозионной деятельности, отсюда их чрезмерно преувеличенные требования огромной длительности геологического времени. Гейки поддерживал «новый униформизм» с его представлением об однотипности процессов, но не их скорости или интенсивности, которые могли меняться со временем; кроме того, он некритически, не мотивируя это независимыми геологическими аргументами, принял кельвиновскую оценку возраста Земли, равную примерно 100 млн. лет.

Критичнее по отношению к Кельвину, но в такой же мере скептически по отношению к униформистам был настроен другой шотландец — Джеймс Кролл (1821—1980), который был весьма примечательной личностью. Бедного происхождения, самоучка, он в зрелом возрасте в конце концов получил должность в Геологической службе Шотландии, стал одним из ведущих защитников лимитированной шкалы геологического времени и выдвинул любопытную количественную теорию оледенений.

В статье о геологическом времени, напечатанной в 1868 г., вскоре после начала работы в Геологической службе, Кролл проницательно писал:

«Но так ли уж нуждается геология в столь невероятно огромных промежутках времени, как обычно думают? Геологические оценки времени сейчас не более чем догадки. Геологическая наука до сих пор не в состоянии предложить заслуживающих доверия способов оценки действительной продолжительности геологических эпох. Геологические яв-

ления весьма красноречиво говорят нам, что эти эпохи наверняка длинны, но насколько длинны — явления об этом умалчивают. Они дают глазам как бы чувственное восприятие времени, и разум оказывается поражен чувством безмерной длительности; когда же геолог, находясь под влиянием таких чувств, вынужден выразить в цифрах свое представление об этой длительности, у него есть все шансы попасть впросак»¹⁹.

Кролл считал, что с точки зрения и физики, и геологии имеются все основания ограничить возраст Земли 100 млн. лет. Он сомневался в доводах Кельвина, касающихся солнечного тепла, и полностью отвергал аргументы, связанные с приливным трением. Любое экваториальное вздутие, если оно когда-то и существовало, к настоящему времени, несомненно, было бы уничтожено эрозией, и современная форма земного шара не позволяет судить о его конфигурации в прошлом точно так же, как предполагаемое замедление вращения не дает никаких указаний на возраст. В отношении Солнца гипотеза Кельвина допускала возраст, равный примерно 20 млн. лет, но если представить, что частицы первичного скопления были не холодными, а горячими, то этот интервал легко может возрасти примерно до 100 млн. лет. Предложенная Кроллом оценка времени, основанная на его собственной теории оледенений, рассматривается ниже.

Критика Филлипса на заседании Лондонского геологического общества заметно поколебала уверенность Дарвина, и он повторил в своей книге (в связи с расчетами по Вельду), что во втором издании «Происхождения видов» он уже сделал некоторые уступки, признав, что его цифра должна быть понижена в два или три раза. Из третьего издания расчеты были вообще изъяты, но критические выступления не прекратились. Дарвин писал Лайелю: «Обжегши свои пальцы так жестоко на Вельде, я боюсь за Вас... позаботьтесь ради всего святого о Ваших пальцах: обжигать их так сильно, как это сделал я, не очень приятно»²⁰.

Кельвин, скорее всего, не подозревал о том, что Дарвин пошел на уступки, последнего же очень тревожила его критика: «Взгляды Томсона на молодой возраст мира доставляют мне в последнее время мучительные волнения»²¹.

Дарвин пытался найти поддержку у Кролла, так как тот по сравнению с Кельвином допускал более длительное существование мира, хотя и этого времени было недостаточно по сравнению с тем, которое требовалось, по мнению Дарвина, для эволюционной теории. Он писал: «Несмотря на Ваши блестящие высказывания по вопросу о работе, которая может быть совершена за миллион лет, меня очень беспокоят утверждения сэра

У. Томсона о кратковременности мира, поскольку мне, в соответствии с моими теоретическими воззрениями, нужен очень длительный период времени еще до начала образования кембрийской формации»²².

Дарвин все более и более склонялся к ламаркизму, видя в нем указания на возможность ускоренного процесса эволюции, и одновременно надеялся, что начало кембрийского периода, оцененное в 60 млн лет, может быть отодвинуто. В шестом издании «Происхождения видов» он предлагает отложить вынесение окончательного суждения, так как наши знания о скорости изменения видов, выраженной в годах, а также о внутреннем строении Земли совершенно недостаточны. Вместе с тем он признавал, что возражение Кельвина, основанное на несоразмерности времени, является одним из самых серьезных возражений, выдвинутых против теории эволюции.

Проблема времени была ярко описана в блестящей рецензии Флеминга Дженкина на «Происхождение видов»:

«Что касается мира, то время его прошлого существования далеко не неисчислимо; время, которое придет, также поддается подсчету; ни один период не похож на предшествующий ему, и в будущем никогда не повторится прошлое. Оценки геологов должны склониться перед более точными методами подсчета, а последние показывают, что наш мир мог быть обитаем только в течение периода, явно недостаточного для осуществления дарвиновской трансмутации»²³.

Дарвин никогда не вступал в прямой конфликт с Кельвином, но добровольный страж его интересов — Т. Г. Гексли с наслаждением откликнулся на вызов в своем президентском обращении к Лондонскому геологическому обществу в 1869 г.²⁴.

В лекции на заседании Геологического общества Глазго в 1868 г. Кельвин похвалил геологов за то, что они вырвались из оков библейской хронологии, хотя некоторые из них и зашли, по его мнению, слишком далеко в своих действиях; он особо выделил Плейфера, спутавшего *современный порядок* или *современную систему* с существующими в настоящее время законами. Законы природы не изменились — изменилось состояние Земли. Неизменность, «униформность» геологических процессов не может быть законом природы, так как это противоречило бы законам термодинамики.

В ответ Гексли подчеркнул, что критика Геттона и Плейфера еще не означает критику современных геологических взглядов:

«Я далек от мысли, что в настоящее время найдутся геологи, поддерживающие абсолютный униформизм и отрицающие, что скорость вращения Земли *может* уменьшаться, что Солнце *может* тускнеть и что сама Земля *может* осты-

вать. Большинство из нас, как я подозреваю, валлийцы, которым нет дела ни до одной из этих вещей», считающие — с основанием или иллюзорно, — что все это не играло для Земли практически никакой роли за тот период ее истории, сведения о котором сохранились в слоистых осадках».

Хотя эти замечания представляли собой лучший из предлагавшихся до тех пор способ защиты усовершенствованного варианта концепции Лайеля, Гексли, как и положено столь искусственному полемисту, кое-что преувеличил. И Гейки, и Кролл старались найти веские основания для устранения разногласий с Кельвином, но многие, если не большинство геологов — их современников оставались еще, вероятно, на нечетких униформистских позициях, и их не слишком заботила мысль об ограничениях, наложенных недавно на возраст Земли. Чистой софистикой со стороны Гексли была та часть его критики, где он приписал неуверенности Кельвина допускаемый последним широкий диапазон возможной ошибки, тогда как сам же утверждал, что введение коэффициента 2 или 3 свело бы на нет его довод. Фундаментальная уступка, однако, была сделана: от лайелевского «неограниченного времени» отказались, хотя не совсем ясно, насколько широкой поддержкой пользовался этот экстремальный взгляд.

При обсуждении вопросов эволюции Гексли проявил себя твердым прагматиком:

«Биология заимствует представление о времени из геологии. Единственной причиной, заставляющей нас верить в медленные темпы изменения форм органического мира, служит тот факт, что они сохраняются в толщах осадков, для образования которых, как утверждает геология, требовалось длительное время. Если геологические часы окажутся неверны, все, что останется сделать натуралисту, — это соответственно пересмотреть свои представления о скорости изменений».

Гексли далее продолжает свои нападки; он был первым, кто указал Кельвину на самое уязвимое место в его построениях, предвосхитив в известном смысле критику, в полной мере прозвучавшую в конце века:

«Математику можно сравнить с мельницей искуснейшей конструкции, которая перемелет ваш материал сколь угодно тонко; но будьте уверены — то, что вы получите, целиком зависит от того, что вы заложили; и как самая великолепная мельница в мире не сможет извлечь пшеничную муку из гороха, так и страницы формул не дадут правильного ответа, исходя из неточных данных».

Сравните эту фразу с более лаконичным, но несомненно менее красноречивым языком современного компьютера: «garbage in, garbage out»*.

Кельвин ответил в равных по силе выражениях и в кратчайший срок, но в печати его замечания появились лишь два года спустя²⁵. Абсолютно неправильно, по его словам, было утверждать, будто бы мало кого из геологов можно отнести к настоящим униформистам. Решительного осуждения заслуживало представление о том, что геологам не должно быть дела до остывания Земли и Солнца, так же как и утверждение, что в биологии не играет большой роли проблема продолжительности геологического времени. «Ограничение длительности геологических периодов, налагаемое физической наукой, не может, конечно, опровергнуть гипотезу превращения — трансмутации видов; но оно представляется достаточным, чтобы опровергнуть положение, согласно которому трансмутация происходила путем «наследования новообразованных признаков». Кельвин ссылаясь на Гейки и Филлипса как на геологов, верящих в возможность согласования геологических и физических данных. 100 млн. лет — максимальный возраст Земли, который мог допустить Кельвин, но для униформистов не хватало даже 400 млн. лет.

В то время как Кельвин относился с определенной долей уважения к аргументам геологов, его друг физик П. Тэйт просто пренебрегал ими в собственных расчетах возраста Земли, сосредоточиваясь исключительно на доводах Кельвина; по его вычислениям, время остывания Земли сокращалось в лучшем случае до 15 млн. лет. Проверочный подсчет, основанный на действии приливного трения, дал цифру менее 10 млн. лет, а возраст Солнца равнялся самое большее 20 млн. лет²⁶.

К расчетам Тэйта отнеслись в основном отрицательно, но их неизбежное действие заключалось в том, что взгляды Кельвина теперь уже, на их фоне, стали казаться умеренными. Этим объясняется то, что в последующие годы у более молодого поколения геологов наблюдались склонность соглашаться с его оценками и стремление приспособить к ним ход своей геологической мысли; все шире при этом стала сознаваться необходимость поисков каких-то количественных методов определения геологического времени.

Независимые способы определения геологического времени

В статье 1868 г. Кролл предложил совершенно своеобразный метод определения геологического возраста, основанный на его собственной теории оледенений. Отправным пунктом для нее

* «Чепуха на вводе, чепуха в ответе». — *Прим. перев.*

послужила работа французского математика Адемара. В периоды сильного орбитального эксцентриситета полушарие, находящееся в зимний период в афелии орбиты, должно испытывать затяжные суровые зимы, воздействие которых лишь отчасти компенсируется короткими летними сезонами. Следовательно, снег и лед должны скапливаться на одном этом полушарии, тогда как другое полушарие будет наслаждаться умеренным климатом. В результате прецессии равноденствия в эти экстремальные условия поочередно попадают оба полушария через каждые 10 500 лет.

В развитие этой теории Кролл рассчитал периодичность эксцентриситета для последнего миллиона лет и обнаружил три периода особенно сильного эксцентриситета в интервале между 950 000 и 750 000 лет наряду с другими менее четко выраженными периодами, из которых самыми молодыми были два с возрастом 200 000 и 100 000 лет. Он считал, что последний ледниковый период соответствует последнему периоду сильного эксцентриситета, закончившемуся 80 000 лет назад.

В десятом издании «Принципов геологии», опубликованном в 1868 г., Лайель, отвечая Кроллу, отвергает даты 100 000 и 200 000 лет, оставляющие слишком мало времени для многочисленных постгляциальных изменений, и вместо этого принимает для последнего ледникового периода возраст 750 000—850 000 лет. Используя свои подсчеты, из которых следовало, что 95% ископаемых моллюсков из постгляциальных слоев представлено живущими ныне формами, и приняв примерно один миллион лет для времени, прошедшего с начала ледникового периода, Лайель пришел к выводу, что полный «оборот» (полный цикл) видов происходит за 20 млн. лет. С начала кембрия насчитывается более 12 таких циклов, и это позволяет определить возраст данного рубежа цифрой около 240 млн. лет.

Большая дистанция отделяет, таким образом, данную позицию Лайеля от его ранних взглядов, а в одиннадцатом издании своей книги (1872) он еще больше приблизился к позиции Кролла, приняв для конца последнего ледникового периода компромиссную цифру 200 000 лет. При этом, однако, он отказывался признать укороченную шкалу времени и отбросил попытки подсчета геологического времени в годах. В своем стремлении возразить Кельвину Лайель счел необходимым призвать на помощь возможность существования божественных законов, отличающихся от уже открытых законов природы; к тому же он надеялся на открытие в будущем каких-нибудь новых пока еще не известных источников энергии, что в действительности и случилось примерно через три десятилетия.

Еще один достойный вклад в решение проблемы геологического времени сделал геолог-любитель Т. Меллард Рид²⁷.

архитектор и инженер по профессии. Его метод определения возраста напоминал метод Филлипса, отличаясь от него выбором исходных предпосылок и параметров. Кроме механической денудации, которая учитывалась Филлипсом, Рид уделил большое внимание химическим формам денудации, основываясь на данных о растворимых минералах, встречающихся в реках Англии и Уэльса. Он ввел также поправки за счет не учтенных Филлипсом факторов, прежде всего накопления осадков вулканического происхождения и морской денудации.

Основная разница между подсчетами этих двух исследователей простекала от способа оценки Ридом объема осадочного материала в земной коре. Исходя из общей предпосылки, что континенты и ложе океанов испытывают чередующиеся погружения и воздымания, он пришел к выводу об отсутствии фундаментальных различий между ними. Средняя толщина коры континентов и океанов без достаточных на то оснований оценивалась примерно в десять миль. Допускалось, что площадь континентов, подвергавшаяся денудации, всегда оставалась более или менее одинаковой, а скорость эрозии — более или менее постоянной. Затем Рид подсчитал время, необходимое для денудации, в результате которой образовались бы осадки, эквивалентные объему земной коры мощностью 10 миль, и получил цифру около 526 млн. лет. Эта цифра рассматривалась как минимальное значение.

Через некоторое время Рид предпринял повторный анализ, на этот раз сконцентрировав внимание на эрозии известняков и увеличив мощность земной коры до 14 миль; новый результат равнялся 600 млн. лет.

Результаты этих подсчетов превратили Рида в убежденного противника Кельвина, но позднее, под влиянием данных, полученных экспедицией «Челенджера», ему пришлось отказаться от допущения, что океаническое дно целиком выстлано осадками наземного происхождения (оказалось, что большие площади в океанах покрыты илом из остатков планктона). Он вернулся к предположению Филлипса, что площадь осадконакопления равноценна площади денудации, и, кроме того, в соответствии с новыми материалами понизил свою оценку мощности земной коры. Важным новшеством было введение — с целью компенсировать эффект многократной циклической переработки осадков — предполагаемой «эффективной площади» денудации, составляющей примерно одну треть от истинной площади. Все эти разнообразные усовершенствования привели к цифре 95 млн. лет для начала кембрийского периода²⁸. Этот результат поразительно близок к гораздо более старым расчетам Филлипса, основным на суммарной мощности слоев, но во времена Филлипса не были известны осадки древнее кембрия.

Поэтому к началу 1890-х годов под влиянием новых данных или, точнее, под давлением своего субъективного восприятия этих данных Рид был вынужден согласиться с более ранней кельвиновской оценкой возраста Земли. Он с удовлетворением отметил согласованность своих взглядов со взглядами Гейки, просмотрев, однако, тот факт, что Гейки сам находился под влиянием Кельвина.

Самуэль Хотон, в течение 30 лет состоявший профессором геологии в Тринити-колледже в Дублине, отличался независимым складом ума и к рассматриваемой проблеме подошел очень необычно. Он исходил из предположения, что изменения климата в прошлом являлись ответом на постепенное рассеивание внутреннего тепла Земли, и подсчитал, что между моментом формирования океанов и началом третичного периода прошло 2300 млн. лет — вывод, в высшей степени подходящий для униформистов²⁹.

Через 13 лет он пересмотрел свою интерпретацию, хотя и сохранил твердую уверенность в том, что климатические изменения контролируются вековым процессом остывания Земли³⁰. Сравнивая ископаемые организмы арктических областей с аналогичными формами, живущими в настоящее время в условиях умеренного и тропического климата, он построил схему корреляции палеоарктических температур с последовательными геологическими периодами. Отношение скорости осадконакопления к мощности слоев использовалось в качестве масштаба абсолютного времени.

За начало отсчета, естественно, был принят момент, когда температура в Арктике опустилась до 212°F^* , т. е. когда началась конденсация воды из пара. Развитие жизни могло начаться только при охлаждении поверхности ниже температуры свертывания белка (122°F^*). По шкале Хотона, основанной на сопоставлении ископаемых организмов, в начале триаса температура составляла 68°F^* , а в начале миоцена — 48°F^* . Начиная с миоцена средняя температура в Арктике упала до 32°F^* . Вывод получился удивительным; оказалось, что миоцен отделен от настоящего момента более длительным интервалом времени, чем триас от миоцена!

В итоге не совсем понятных математических манипуляций Хотон получил цифру всего лишь 153 млн. лет для всего домиоценового времени, что было радикальным пересмотром в сторону резкого уменьшения своих прежних оценок, почти наверняка вызванным желанием привести цифры в более-менее близкое соответствие с данными Кельвина. Несмотря на нелепые предпо-

* 212°F (по Фаренгейту) = 100°C , $122^{\circ}\text{F} = 50^{\circ}\text{C}$, $68^{\circ}\text{F} = 20^{\circ}\text{C}$, $48^{\circ}\text{F} = 9^{\circ}\text{C}$, $32^{\circ}\text{F} = 0^{\circ}\text{C}$. — *Прим. перев.*

сылки и манипулирование данными, результаты вычислений Хотона, так же как Кельвина и Кролла, были восприняты некритически и получили широкое признание в 80-х годах прошлого века.

Среди большого разнообразия других оценок возраста особого упоминания заслуживают работы Кинга и Джоли. Кларенс Кинг, первый директор Геологической службы США, применил физический подход к проблеме, правда скорее графический, чем аналитический (он и был прежде всего геологом, а не физиком).

На построенном им гипотетическом разрезе Кинг показал условия в недрах Земли, выражая их через предполагаемые значения выбранных переменных параметров, и сравнил этот разрез с аналогичной диаграммой для диабазы — породой, которая была выбрана как лучше всего отражающая состав земной коры³¹. Таким способом были установлены оптимальные значения для начальной температуры (1950°C) и для времени остывания Земли (22—24 млн. лет). Кинг отметил хорошее соответствие своих заключений с оценкой возраста Солнца у Кельвина, несмотря на большую разницу в принимаемых ими начальных условиях.

Следует ли говорить, что Кельвин приветствовал заключение Кинга, чего нельзя сказать о геологах, среди которых росла волна оппозиции.

Джон Джоли (1857—1933), преемник Хотона на должности профессора геологии в Дублине, в конце девятнадцатого столетия предложил совершенно новый подход к решению проблемы, предприняв попытку определить возраст океанов по содержанию в них натрия³². Допустив, что океанские воды изначально были лишены солей, что натрий выносился реками с более или менее постоянной скоростью и что, попав в океан, натрий там и оставался, получаем время простым делением содержания натрия в океане на скорость его поступления. Исходя из имевшихся данных, Джоли подсчитал минимальное и максимальное значения возраста Земли, равные соответственно 90 и 99 млн. лет в зависимости от того, какой берется объем океанов.

После тщательного анализа всевозможных осложняющих обстоятельств Джоли пришел к итоговому результату 80—90 млн. лет, соответствующих времени, истекшему с того момента, как Земля охладилась ниже 212°F (допуская, разумеется, ее изначально расплавленное состояние).

Поразительное совпадение с данными Кельвина стало предметом широкого обсуждения, большое впечатление на современников произвели тщательные и сложные расчеты Джоли. Имелись, однако, и сдержанные отзывы. Так, оксфордский геолог У. Соллас, искренне приветствуя появление данного метода, на-

стаивал на более значительной скорости поступления натрия в прошлом. Требовалось, следовательно, сократить время. Осмонд Фишер подчеркивал, что, судя по морским формам ископаемых организмов, маловероятно, чтобы соленость океанов в силуре сильно отличалась от современной. Он не разделял униформистской уверенности Джоли в постоянстве процесса, отмечая, что в построениях последнего недостаточно учитывается эффект круговорота натрия в ходе эрозионно-седиментационного цикла. Но как бы то ни было, Фишер по достоинству оценил новизну подхода Джоли.

В 1900 г. на заседании Британской ассоциации и в опубликованной в том же году работе³³ Джоли с кельвиновской уверенностью и, по-видимому, вполне убедительно отстаивал свою позицию. Его аргументы стали сильнейшим оружием в руках геологов при защите шкалы времени продолжительностью в 100 млн. лет, а его влияние сохранялось даже в двадцатом столетии.

Рост оппозиции Кельвину

В том же году, когда Кинг написал свою статью о возрасте Земли, его коллега Апхэм опубликовал в том же журнале критический обзор проблемы геологического времени³⁴:

«Обзор результатов нескольких определений возраста Земли геологическими методами, выполненных Лайелем, Дэна, Уоллесом и Дэвисом, производит сильное впечатление и убеждает в их относительной точности. Такое убеждение складывается как благодаря достаточно хорошей согласованности результатов — настолько полной, насколько позволяет ожидать специфика проблемы, так и вследствие того, что все они не выходят за пределы рубежа, установленного сэром Уильямом Томсоном на основании физических данных. Этот вероятный предел длительности геологической истории вполне заслуживает, чтобы занять место прежней, почти что свободной от каких бы то ни было ограничений концепции геологов и других ученых, занимающихся вопросами эволюции живого мира, согласно которой время, находящееся в их распоряжении, практически беспредельно. В естественных науках в этом столетии не было получено ни одного вывода, который бы столь же сильно — в тысячекратном размере — повлиял на наши представления».

Умиротворенности тех, кто рассуждал подобно Апхэму, суждено было рассыпаться в прах через несколько лет, но волна оппозиции Кельвину начала подниматься много раньше.

Вспомним, что уже в 1868 г. Кролл резко раскритиковал некоторые аргументы Кельвина, хотя соглашался с необходимостью ограничить геологическое время. Побуждаемый в первую очередь работами Тэйта, он развил эту тему в своем основном труде³⁵. Кролл считал, что наиболее убедительно большую древность Земли доказывают факты, связанные с денудацией; Земля должна быть безусловно много древнее 20 млн. лет, отпущенных ей Тэйтом, хотя Кролл все еще полагал, что 100 млн. лет было бы вполне достаточно. Бремя проверки должны нести на своих плечах физики, а не геологи; если же между ними нет согласия, значит, имеется какая-то ошибка в методах и предпосылках физиков.

И острой, и основательной была критика такого выдающегося и передового геофизика, как преподобный Осмонд Фишер (1817—1914), несмотря на то что проблема возраста Земли не относилась к числу его главных интересов. Он указал, что в расчетах Кельвина, относящихся к остыванию Земли, подразумевается кондуктивная передача тепла в однородном твердом теле. В случае же жидкого состояния внутренних частей Земли конвективные течения могли бы ощутимо повлиять на его выводы. Фишер написал книгу, сыгравшую большую роль, в которой показал, что пластичный субстрат, несущий на себе тонкую кору, оказывает существенное влияние на характер земной поверхности³⁶. Стиль критики Фишера вызывает в памяти критические замечания, впервые высказанные Гексли, с содержащимися в них более или менее ясными обвинениями в высокомерии.

«Что касается текучести коры, то, я думаю, остается только сокрушаться, что физики-теоретики, по-видимому, игнорируют явления, на которых наша наука основывает свои заключения; вместо поисков приемлемых гипотез, которые в итоге, после проведения необходимых вычислений, могли бы быть согласованы с геологическими фактами, они предлагают такую гипотезу, которая отвечает потребностям каких-нибудь могущественных методов анализа, а получив результат, на его основании заставляют сбитых с толку геологов не доверять собственному разуму»³⁷.

Еще одним человеком, которого все больше и больше оттачивала самонадеянность физиков-теоретиков, был Гейки, и это несмотря на то, что раньше он поддерживал Кельвина. В президентской речи к Британской ассоциации в 1892 г.³⁸ он рассказал, как зародились в нем сомнения в надежности физических аргументов:

«Мы должны также помнить, что геологическая летопись представляет собой значительную сумму сведений по исто-

рии Земли, которую нельзя игнорировать и следует объяснять в соответствии с установленными законами естествознания. Если выводы, полученные в результате исключительно тщательного изучения данной летописи, не удастся примирить с выводами, сделанными на основании физических соображений, то не такое уж это чрезмерное требование говорить о проверке также и этих соображений... Я со своей стороны почти не сомневаюсь в том, что в физических доводах должен существовать некий изъян, хотя и не могу претендовать на то, что знаю, где его искать. Было сделано, как мне кажется, какое-то допущение или выпущено из виду некое соображение, которое, в конечном счете, сводит на нет доброкачественность выводов и которое, если должным образом принять его во внимание, даст время, достаточное для любой разумной интерпретации геологической летописи».

Однако не у одних только геологов начало проявляться сдержанное отношение. Дж. Дарвин, тот самый, которого Кельвин поощрял продолжать изучение приливов, в президентской речи к секции А Британской ассоциации в 1886 г.³⁹ предостерегал против догматического подхода к вопросу о возрасте Земли; он призывал к поиску более точной информации. Особенно критически он относился к идеям Кельвина о замедляющем действии приливов и обвинил его в том, что он полагается на разные данные в значительно большей степени, чем они того заслуживают. Дальше он задавался вопросом, могла ли фигура Земли действительно служить путеводной нитью для определения ее возраста.

На долю бывшего ассистента Кельвина — Джона Перри, квалифицированного математика и инженера, выпало дать бой Кельвину в его собственной стихии⁴⁰. Перри сосредоточил внимание на системе главных предпосылок Кельвина. Если, к примеру, теплопроводность Земли не гомогенна, как предполагал Кельвин, а увеличивается к центру, то значение возраста должно быть увеличено, и, возможно, значительно. Как и Фишер, Перри отстаивал возможность некоторой текучести, а это означало, что к переносу тепла кондуктивным путем за счет теплопроводности должна быть добавлена конвекция.

Статья Перри сразу обратила на себя внимание и была встречена по большей части радостно, особенно геологами. Для Кельвина настало время ответить на растущую грудку возражений, что он и сделал в 1897 г. в обращении, озаглавленном «Возраст Земли — обители, пригодной для жизни»⁴¹.

Он ни в малейшей мере не утратил прежней уверенности, да еще и отбросил свойственную ему раньше осторожность. Пов-

торив свои старые взгляды, начиная с нападок на униформизм и эволюционную теорию, он отверг возражения Перри и, руководствуясь новыми данными, высказал мысль, что теплопроводность, если она вообще меняется, с глубиной может только уменьшаться. Что касается возраста Земли, то он удовлетворился тем, что признал оценку Кинга. Так что, судя по последнему выступлению Кельвина на данную тему, старый воин крепче, чем когда-либо раньше, стоял на своих позициях: цифра возможного верхнего предела возраста Земли, равнявшегося в 1863 г. 400 млн. лет, постепенно была урезана до 100 млн. лет в 1868 г.; до 50 млн. лет в 1876 г., до 20—50 млн. лет в 1881 г. и, наконец, в 1897 г. составила всего 24 млн. лет!

Выступление Кельвина явилось последней каплей для Гейки. Его импульсивный полемический ответ⁴² содержал эффектную декларацию независимости геологов от деспотических предписаний вроде тех, которые исходили от Кельвина и Тэйта. Вероятно, самым полезным новым моментом здесь было замечание, что данные о скорости геологических процессов, по-видимому, свидетельствуют об их исключительном постоянстве, начиная со времени накопления древнейших из известных осадочных пород, тогда как по Кельвину их скорость должна была быть заметно выше в прошлом.

Среди тех, кто ознакомился с выступлением Кельвина, напечатанным в журнале «Сайенс», был известный геолог и гляциолог профессор Чикагского университета Т. Чемберлен (1843—1928). Незадолго до этого он вместе с астрофизиком Ф. Моултоном приступил к разработке — в качестве альтернативы небулярной гипотезе — так называемой планетезимальной гипотезы, которая объясняла происхождение Земли медленной аккрецией в холодном состоянии метеоритного скопления. Окажись эта гипотеза приемлемой, она полностью перечеркнула бы всю систему аргументации Кельвина. Хотя систематического изложения планетезимальной гипотезы в тот момент еще не существовало и о ней сообщалось только намеками (вероятно, потому, что работа над ней еще не была завершена), однако именно под ее влиянием Чемберленом была написана статья⁴³, побудительной причиной для которой послужило ознакомление с текстом выступления Кельвина.

Статья Чемберлена начинается с учтвого выражения признательности Кельвину со стороны геологов:

«Сколь ни безысходным оказался последний вариант определения границ геологического времени, нам надлежит искренне и с благодарностью признать, что труды лорда Кельвина, основанные на физических данных, сыграли важнейшую роль в науке, ускоряя и направляя борьбу про-

тив экстравагантных представлений некоторых прежних геологов о времени. Не приходится сомневаться, что в последние три десятилетия эти труды были самым могущественным фактором в сдерживании безрассудных покушений на банк времени. Геология находится в неоплатном долгу перед этим выдающимся физиком за столь глубокий интерес с его стороны к ее проблемам и за тот могучий импульс, который его искусная критика дала для совершенствования и расширения методов исследования».

Затем Чемберлен переходит в наступление. Он выражает сожаление по поводу догматизма и неоправданной самоуверенности Кельвина, хорошо иллюстрируемых такими его выражениями, как «не вызывающая сомнений истина» или «полчаса после затвердевания». Исходные положения Кельвина представлялись далеко не бесспорными. Так, не было сколько-нибудь серьезных оснований для того, чтобы без критики принять небулярную гипотезу или концепцию изначально расплавленной Земли. Последняя, вероятно, формировалась медленно — за счет постепенного накопления метеоритного вещества, а не в результате его внезапного выпадения; следовательно, ее первоначально расплавленное состояние, скорее всего, исключалось. Кроме того, и гетерогенный характер горных пород в земной коре трудно согласовать с представлением о первоначально расплавленной массе. Продолжавшийся медленный приток метеоритов снабжал Землю энергией, которая возмещала потери тепла в результате излучения. Это раздвигало допустимые возрастные пределы.

О Солнце, по мнению Чемберлена, к которому, как он полагал, присоединятся и остальные исследователи, известно очень мало. Однако каждый волен порассуждать на эту тему.

«Достаточно ли исчерпывающи наши сегодняшние знания, относящиеся к поведению вещества в таких необычных условиях, какие достигаются во внутренних частях Солнца, чтобы оправданной выглядела уверенность в том, что там нет неопознанных еще источников тепла? Остается еще открытым вопрос о внутреннем строении атомов. Но совсем не невероятно, что они обладают сложным строением и заключают в себе огромную энергию. Ни один внимательный химик не стал бы, разумеется, утверждать ни того, что атомы и впрямь элементарны, ни того, что в них не может не быть сосредоточена энергия первого порядка... Также не возьмутся они, скорее всего, ни утверждать, ни отрицать возможность высвобождения какой-то части этой энергии при тех экстраординарных условиях, которые существуют в центре Солнца»⁴⁴.

Эти пророческие слова предвещали поворотный пункт во всей дискуссии: наука стояла на пороге эпохального открытия, обеспечившего возможность точного определения геологического времени.

Радиоактивность и шкала геологического времени

Анри Беккерель открыл явление радиоактивности в 1896 г., однако значение этого явления для геологии не было осознано до 1903 г., когда Пьер Кюри и его ассистент обнаружили, что соли радия постоянно выделяют тепло. Незадолго до этого Резерфорд и Содди, работавшие в университете Мак-Гилл в Монреале, обнаружили, что излучение альфа-частиц из любого известного радиоактивного вещества сопровождается выделением огромной энергии. Резерфорд быстро занял лидирующее положение в новой области исследований и к 1904 г. убедился, что в атомах всех радиоактивных элементов, а может быть, и во всех вообще атомах заключено огромное количество скрытой энергии. Весной того же года он был приглашен прочитать лекцию в Королевском институте в Лондоне. Он так рассказывает о своих впечатлениях:

«Я вошел в полуосвещенную комнату, но сразу же среди публики заметил лорда Кельвина и понял, что меня ждут неприятности с последней частью моего выступления, где речь пойдет о возрасте Земли, так как мои взгляды резко расходились с его мнением. К моему облегчению, Кельвин вскоре погрузился в сон, но как только я подошел к важному пункту, то увидел, как этот стреляный воробей встрепенулся, приоткрыл один глаз и бросил на меня мрачный взгляд! Тут на меня снизошло неожиданное вдохновение, и я заявил, что лорд Кельвин ограничивал возраст Земли *лишь при условии, что не будет открыто новых источников тепла*. Это пророческое изречение относится к тому, о чем мы говорим сегодняшним вечером, т. е. к радию! Смотрю, этот старикан взирает на меня с сияющей улыбкой»⁴⁵.

В своей лекции Резерфорд развивал мысль, что Землю нельзя больше рассматривать как остывающее тело потому, что при распаде содержащихся в ней радиоактивных элементов освобождается огромное количество энергии. Надлежащим образом было отмечено значение вытекающих отсюда следствий для геологии и биологии, в том числе возможность увеличения времени для эволюции.

Вскоре после лекции Резерфорда Кельвин опубликовал заметку, в которой опровергалась идея о том, что радий мог слу-

жить постоянным источником тепла; вместо этого предлагалось искать внешние источники энергии. Если верить биографу Резерфорда⁴⁶, несколько позже, но в том же году на собрании Британской ассоциации Кельвин публично отказался от этого высказывания. Подобные данные приводятся также в комментариях Томсона; в беседе с ним Кельвин, вероятно, признался, что открытие радия сделало некоторые из его выводов несостоятельными⁴⁷.

Тем не менее фактически Кельвин никогда не отрекался от своих идей: последние публикации показывают неизменность его позиции. Новые данные Резерфорда в них игнорировались, и гравитация по-прежнему рассматривалась как единственно возможный источник энергии. Однако к середине десятилетия большинство физиков согласилось, по-видимому, с мыслью, что солнечное тепло каким-то образом связано с радиоактивностью.

В то время как Резерфорд и Содди вели свои исследования в различных областях, Р. Стратт сосредоточил свое внимание на изучении радиоактивности земной коры. Выполненные им анализы изверженных пород показали, что концентрация радиоактивных элементов в них в 50—60 раз превышает среднюю концентрацию, необходимую для поддержания температуры Земли в целом. Такой аномальный результат можно было, вероятно, объяснить только тем, что радиоактивные элементы сосредоточены в земной коре. Это открытие нанесло решающий удар кельвиновскому чисто механическому объяснению земного тепла.

В 1904 г. у Резерфорда родилась плодотворная идея, что гелий, захваченный радиоактивными минералами, может служить средством определения геологического возраста. В следующем году Болтвуд сделал открытие, что свинец неизменно ассоциируется с урановыми рудами, и это натолкнуло его на мысль, что свинец является стабильным конечным продуктом распада урана; в 1906 г. он убедился в своем предположении окончательно и в полной мере оценил значение этого открытия для определения возраста⁴⁸.

Метод определения возраста заключался в подсчете конечного продукта радиоактивного распада и времени, необходимого для образования единичного количества этого продукта за счет распада исходного, материнского элемента. Для исследуемого минерала необходимо было найти отношение конечного, новообразованного продукта к исходному элементу. На этой ранней стадии исследования подходящий материал имелся в крайне ограниченном количестве, к тому же точно не были известны ни конечные продукты, ни скорость распада. Кроме того, весьма трудоемкой была и экспериментальная часть работы.

Несмотря на то что к 1907 г. Болтвуд установил для боль-

шого количества образцов хорошую устойчивую корреляцию между отношением уран/свинец и геологическим возрастом в диапазоне 410—2200 млн. лет⁴⁹, он не стал продолжать исследований в этом направлении. Теперь уже Стратт, недавно назначенный заведующим кафедрой физики Импириал-колледжа в Лондоне, оказался главным лицом в развитии методов радиометрического датирования. С 1908 по 1910 г. он, используя гелиевый метод, вычислил возраст большого числа минералов и сопоставил результаты со стратиграфическим положением образцов⁵⁰.

В 1911 г. ученик Стратта Артур Холмс (1890—1965) возродил уран-свинцовый метод, впервые предложенный Болтвудом⁵¹. Впоследствии он ради геологии бросил физику; именно с его именем, больше чем с каким-либо другим, связаны развитие и ревизия шкалы геологического времени на протяжении нескольких следующих десятилетий.

Первый полный обзор различных методов определения геологического возраста был опубликован Холмсом в 1913 г.⁵² Он отметил, что как геологам, так и физикам для подсчета времени приходилось допускать неизменность скорости процессов. Из-за различия полученных результатов следует предположить, что обе группы не могут быть одновременно правы. Постоянство скорости распада короткоживущих радиоактивных элементов неоднократно подтверждалось экспериментально, и нет никаких оснований считать, что долгоживущие элементы сколько-нибудь отличаются от них в этом отношении. С другой стороны, единообразие геологических процессов опытным путем не могло быть подтверждено. Более того, надежные данные позволяют думать, что процессы эрозии и осадконакопления в настоящее время отличаются большим размахом, чем происходившие в прошлом.

Но действительно сильное воздействие на геологические круги оказал блестящий синтез йельского геолога Джозефа Баррела (1869—1919), появившийся четырьмя годами позже. Публикация его статьи, озаглавленной «Ритмы и измерение геологического времени»⁵³, стала переломным моментом. До нее и, конечно, до выхода из печати книги Холмса многие геологи, и не без оснований, относились скептически к новому методу определения возраста — методу радиометрического датирования, особенно когда результаты определений гелиевым и свинцовым методами не совпадали. Баррел убедительно выразил это следующими словами:

«Столкнувшись с одной неудачей физических методов, несмотря на их, казалось бы, строго математический характер, со стороны геологов было бы, конечно, неразумно безоговорочно доверять новым методам измерения време-

ни, основанным на радиоактивности. Здесь также могут существовать еще не известные и даже не подозреваемые нами факторы, которые исказят результаты»⁵⁴.

После появления статьи Баррела практически единственным из известных геологов, кто резко продолжал выступать против радиометрического датирования, был Джоли, хотя и он полностью оценил значение радиоактивности для термальной истории Земли. Он продолжал искать пути для примирения геологических фактов с данными Кельвина, и, аналогично последнему, ни разу публично не объявил об изменении своих взглядов.

Баррел подчеркивал, что доктрина униформизма упустила из виду роль ритмов в природе: но и эрозия, и осадконакопление являются пульсирующими процессами. Осадконакопление зависит от изменения базиса эрозии. Скорость осадконакопления в большей степени определяется скоростью прерывистого опускания поверхности, из которой отлагаются осадки, нежели скоростью поступления материала. Такое опускание должно предшествовать осадконакоплению, хотя под грузом осадочного материала оно еще больше усиливается. Отложение осадков — это в общем случае не непрерывный равномерный процесс; в нем имеются многочисленные мелкие перерывы, которые Баррел назвал *диастемами*.

Из-за высокого стояния материков в настоящее время и мощных современных орогенических движений скорость денудации и, следовательно, осадконакопления сейчас намного выше их средней скорости за геологическую историю в целом. Из этих соображений следует, что большинством геологов очень сильно недооценивается временная значимость осадочных слоев. Баррел считал, что, руководствуясь одними только геологическими данными, 250 млн. лет следовало бы считать приемлемой оценкой для времени, прошедшего с начала кембрия. Радиометрические данные показывали, что эта цифра должна быть увеличена еще в два раза.

Возрастная шкала Баррела, как и ее более детализированный вариант, предложенный через несколько лет Холмсом, во-первых, основана на принципе, провозглашенном задолго до этого Хотонем: «Истинным критерием относительной длительности геологических периодов является максимальная мощность слоев, образовавшихся в течение этих периодов». Во-вторых, необходимо точно определять абсолютный возраст минералов, относительный возраст которых известен из их статиграфического положения. Так, для определения возраста по свинцовому методу, применяемому и Баррелом, и Холмсом, брались пегматиты с урановой смолкой, которые прорывают верхнесилурийские отложения и сами с несогласием перекрыты

нижним девоном. В этом случае возраст, полученный по отношению урана к свинцу, должен приблизительно соответствовать абсолютному возрасту конца силура.

Со временем число надежных определений возраста неизменно росло, как росло и разнообразие изотопов, которые использовались для радиометрического датирования и могли, следовательно, служить средством взаимного контроля. Улучшалось качество приборов и соответственно увеличивалась точность определений; параллельно — на базе данных радиометрического датирования — происходило уточнение взаимоотношений геологических подразделений, и в то же время по всему миру накапливалась важная новая информация о мощности отложений. Несмотря на все это, фанерозойская геохронологическая шкала в сущности не претерпела коренной ревизии в течение 50 лет, как это видно из табл. 1. А ведь в последние годы прошлого и в начале текущего столетий существовал заметный разнобой в цифрах, полученных геологами, пытавшимися определить возраст. Так, в интервале 1885—1902-х годов для начала кембрия приводили цифры 3, 18, 28, 600, 794 и даже 2400 млн. лет! Это лишний раз подчеркивает исключительную ценность как работ самого Баррела, так и методов радиометрического датирования в целом!

В 1931 г. в Вашингтоне состоялось заседание Национального совета научных исследований, имевшее большое значение для

Таблица 1. Фанерозойская временная шкала (в миллионах лет)

Начало	Баррел ⁵⁵ (1917)	Холмс ⁵⁵ (1933)	Холмс ⁵⁶ (1947)	Холмс ⁵⁷ (1960)	Ламберт ⁵⁸ (1971)
Плейстоцена	1—1,5	1	1	1	
Плиоцена	7—9	15	12—15	11	7
Миоцена	19—23	32	26—32	25	26
Олигоцен	35—39	42	37—47	40	38
Палеоцена—эоцена	55—65	60	58—68	70	65
Мела	120—150	128	127—150	135	135
Юры	155—195	158	152—167	180	200
Триаса	190—240	192	182—196	225	240
Перми	215—280	220	203—220	270	280
Карбона	300—370	285	255—275	350	370
Девона	350—420	350	313—318	400	415
Силура	390—460	375	350	440	445
Ордовика	480—590	440	430	500	515
Кембрия	550—700	510	510	600	590

проблемы возраста Земли. Самую большую и важную часть доклада ⁵⁹ Холмс закончил словами: «Следовательно, в настоящее время ничего нельзя сказать более определенного, чем то, что возраст Земли превышает 1460 млн. лет, вероятно, не меньше 1600 млн. лет и, скорее всего, много меньше 3000 млн. лет». Теперь, через полвека, принято считать, что Земле примерно 4500 млн. лет, хотя возраст самых древних обнаруженных пока пород несколько меньше 3800 млн. лет. Дальнейшие изменения, конечно, возможны, но они едва ли будут значительными. Возраст Земли не является уже предметом горячих споров.

Эпилог к дискуссии между катастрофистами и униформистами

Современные авторы, пишущие об униформизме ⁶⁰, сходятся во мнении, что в доктрине, которую исповедовал Лайель, имелась некоторая путаница. Выражаясь словами Гулда, упущением Лайеля было то, что он не провел четкой грани между *методологическим униформизмом*, суть которого составляет утверждение, что законы природы постоянны во времени и пространстве, и *субстантивным* (конкретным) *униформизмом*, постулирующим постоянство конкретных обстановок (условий) или скорости процессов. Методологический униформизм, который, кроме того, запрещает прибегать к помощи каких-либо гипотетических, неизвестных процессов в том случае, если наблюдаемые факты геологической истории могут быть объяснены действующими в настоящее время процессами, играет жизненно важную роль при интерпретации событий прошлого. Фактически это синоним актуализма, и его охотно признали даже самые ранние оппоненты, как, например, Седжвик.

По существу, все споры шли вокруг конкретного униформизма. Стало чуть ли не модой заявлять, что Лайель заблуждался, но проблема на самом деле гораздо сложнее.

В вопросе о прогрессивном развитии органического мира во времени Лайель явно ошибался, что в конце концов и вынужден был признать, когда с большой неохотой, после нескольких лет сопротивления согласился с эволюционной теорией Дарвина. С вопросом о развитии неорганического мира дело обстояло несколько иначе. Критика Кельвина развенчала только аристотелевскую теорию вечности, которую Лайель никогда не поддерживал. Неопределенность его собственного представления о времени, кроме разве того, что времени было, по его мнению, предостаточно, следовало бы отнести к недостаткам теории, однако именно это обстоятельство сделало Лайеля менее уязвимым для атак Кельвина; самыми же жестокими ударами поплатился за свою самоуверенность Дарвин. Важно заметить, что

подрыв системы аргументации Кельвина и последовавшее за этим сильное увеличение установленного возраста Земли не поколебали его основополагающего принципа о наличии определенной направленности в развитии, а всего лишь ослабили силу его воздействия.

Существенным моментом является несомненно то, что униформистская доктрина Лайеля была скорее эвристическим принципом, нежели всеобщей «теорией Земли», если воспользоваться выражением более ранних времен. В этом качестве ценность ее неизмерима. Приведем для примера первые конфликты с катастрофистами по поводу двух из их основных утверждений — о внезапном, пароксизмальном воздымании горных систем и об увеличении со временем интенсивности вулканической деятельности. В результате стратиграфических исследований в сочетании с применением лайелевских принципов все, кроме самых консервативных противников, были вынуждены постепенно отказаться от этих утверждений. Гексли был прав: работа Кельвина не имела прямого отношения к большинству геологических исследований, так как отпущенного промежутка времени в 100 млн. лет более чем достаточно для того, чтобы в полной мере реализовался любой, самый поразительный феномен. Такой значительный и рассудительный геолог, как Гейки, заартачился только тогда, когда его прежний союзник захотел впоследствии немилосердно урезать эту цифру.

Существует широко распространенный в наше время взгляд, согласно которому в неорганическом, физическом мире начиная с раннего докембрия не наблюдается заслуживающих внимания направленных изменений скорости и типов процессов, так же как состава литосферы, гидросферы и атмосферы. Учитывая, что докембрий был книгой за семью печатями для геологов XIX в., лайелевский вывод о неизменной Земле по отношению к отрезку времени, который мы сегодня называем фанерозоем, представляется в первом приближении вполне оправданным.

Это не означает, однако, завершения спора между катастрофистами и униформистами, так как недавние годы ознаменовались появлением нового течения, которое можно назвать неокатастрофистским. Отвергая незрелые представления ранних катастрофистов, приверженцы нового направления придерживаются взглядов о прерывистом ходе геологической (и биологической) истории, что заметно отличается от представлений Лайеля и Дарвина, но перекликается со взглядами Баррела. Стратиграфическая летопись получается вроде обычной жизни солдата, где длинные периоды скуки прерываются мгновениями страха! ⁶¹.

Седиментологи стали усиленно интересоваться эпизодическими турбидитными течениями и сильными штормами, которые

раз в десять лет могут дать для аккумуляции и эрозии больше, чем умеренная повседневная деятельность, легче поддающаяся непосредственному изучению. Лайелевская экстраполяция таких повседневных процессов на события более крупного масштаба путем расширения временного интервала с целью добиться более грандиозного эффекта за счет простого суммирования часто, вероятно, неправомерна.

Параллельно происходят сдвиги в образе мышления геоморфологов. Так, например, в последние годы стало общепризнанным одно, некогда казавшееся ересью заключение, согласно которому образование овражно-долинного рельефа на площади изрезанного скебленда* в восточной части штата Вашингтон, США, объясняется эрозионной деятельностью катастрофических потоков⁶². В более крупном масштабе значительным увеличением представляется сейчас «нуль-гипотеза» Джиллули, утверждавшая беспорядочное распределение тектонической активности если и не в пространстве, то, во всяком случае, во времени⁶³ и выдвинутая в противовес теории Штилле о кратковременных глобальных орогенических эпизодах. Новая «теория катастроф» существует даже в математике. Она утверждает, что постепенное изменение *причины* может приводить не к столь же плавному ходу результирующего *эффекта*, а к внезапному переходу из одного устойчивого состояния в другое⁶⁴. Это положение можно было бы с успехом отнести к тектоническим процессам в земной коре, где медленное накопление напряжений периодически разрешается в виде сильных и разрушительных землетрясений.

Эта проблема касается непосредственно и эволюции органического мира. Дарвин был так предан идее постепенного изменения, воспринятой им, вероятно, от Лайеля, что его безусловно смущали многочисленные лакуны и отсутствие переходных форм в последовательности ископаемых организмов. Его объяснение, что все такие случаи являются следствием крайней неполноты стратиграфического разреза, в котором не отражены многие интервалы времени, по прошествии многих лет становится все менее убедительным. Расширение сферы геологических исследований во всех областях земного шара, включая океаны, необычайно увеличили полноту стратиграфического разреза, но перерывы в развитии органического мира во многих случаях сохранились.

Элдридж и Гулд⁶⁵ имели дерзость предположить, что традиционный взгляд на постепенное изменение видов во времени

* Изрезанный скебленд (channelled scablands) — возвышенное выровненное и сложенное базальтами плато с маломощным почвенным слоем, изрезанное долинами и руслами (см.: «Толковый словарь английских геологических терминов», изд-во «Мир», т. 1, 1977; т. 3, 1979). — *Прим. перев.*

был ошибкой. Они предложили альтернативу в виде так называемой теории прерывистого равновесия (*punctuated equilibria*), по которой длинные периоды морфологического зстоя прерываются краткими, геологически мгновенными эпизодами видообразования, когда происходят важные генетические и соответственно морфологические изменения. Однако далеко не все палеонтологи убеждены в правильности этих новых идей, хотя имеется много эмпирических данных в их поддержку.

Принято считать, что эпизоды массового вымирания целых групп организмов типа тех, которые наблюдаются в конце палеозойской и мезозойской эр, объясняются глобальными катастрофами, хотя конкретная природа таких катастроф остается предметом споров⁶⁶. Подобным же образом противоположные им явления, заключающиеся в резких эволюционных вспышках — радиациях органического мира, рассматриваются как геологически кратковременные эпизоды в сравнении с долгими периодами, во время которых не происходит ни эффективных изменений в разнообразии состава, ни появления крупных групп новых организмов. Особенно наглядно это видно на примере неожиданного расцвета группы метазоа в раннем кембрии. Мы далеко ушли от точки зрения Дарвина, который в письме к Кроллу заметил: «...в соответствии с моими теоретическими воззрениями, необходим очень длительный период времени еще до начала образования кембрийской формации». Хотя для отложений, начиная с раннего докембрия имеются, конечно, данные о существовании простейшей одноклеточной жизни, однако широко распространенная когда-то и долго сохранявшаяся вера в длительную докембрийскую историю бесскелетных «высших» организмов уже не кажется оправданной.

Примечания

- ¹ *Toulmin S. E. and Goodfield J. (1965). The discovery of time. Hutchinson, London.*
- ² *Berlin J. (1979). Against the current. Hogarth Press, London.*
- ³ *Porter R. (1977). The making of geology. Cambridge University Press.*
- ⁴ *Darwin C. (1859). On the origin of species (1st edn), p. 282. Murray, London.*
- ⁵ *Phillips J. (189). Life of the earth: its origin and succession Macmillan, London.*
- ⁶ Исключительно ценной работой для изучения сопричастности Кельвина к дискуссии о возрасте Земли является книга *Берчфилда: Burchfield J. D. (1975). Lord Kelvin and the age of the earth. Macmillan, London.*
- ⁷ *Thompson S. P. (1910). The life of William Thomson, Baron Kelvin of Largs. Vol. 1, p. 539. Macmillan, London.*
- ⁸ Это суждение не выдержало проверки временем. Несомненно, более оригинальным мыслителем был его современник из Шотландии *Дж. Клерк Максвелл*, оказавший огромное влияние на физику более позднего периода.
- ⁹ *Томсон* (который и сам был весьма известным физиком) цитируется по

- работе: King A. G. (1925). *Kelvin the man*. p. 96. Hodder and Stoughton, London.
- 10 *Kelvin*, Lord (1862). *Macmillans Magazine*, 5, 288.
 - 11 *Kelvin* (см. прим. 10), p. 370.
 - 12 *Kelvin* (см. прим. 10), p. 375.
 - 13 *Kelwin* (см. прим. 10), p. 368.
 - 14 *Kelwin*, Lord (1863). *Phil. Mag.* (ser. 4) 25, 1.
 - 15 *Hopkins W.* (1852). *Quart. J. geol. Soc. London.*, XXIV.
 - 16 *Kelwin*, Lord (1871). *Trans. geol. Soc. Glasgow*, 3, 1.
 - 17 *Kelwin*, Lord (1866). *Proc. roy. Soc. Edinb.*, 5, 512.
 - 18 *Geikie A.* (1871). *Trans. geol. Soc. Glasgow*, 3, 153.
 - 19 *Croll J.* (1868). *Phil. Mag.* (ser. 4) 35, 363.
 - 20 В книге: *Darwin F. and Seward A. C.* (Eds) (1903). *More letters of Charles Darwin*. Vol. 2, p. 139, Murray, London.
 - 21 Письмо Ч. Дарвина Уоллесу (апрель 1869 г.). В кн.: *Marchant J.* —Ed) (1916). *Alfred Russel Wallace. Letters and reminiscences*. Vol. 1, p. 242. Cassell, London.
 - 22 Письмо Ч. Дарвина Кроллу (январь 1869 г.). В кн.: *Darwin and Seward* (см. прим. 20). Vol. 1, p. 313.
 - 23 *Jenkin F.* (1867). *North British Review*, June, p. 277.
 - 24 *Huxley T. H.* (1869). *Quart. J. geol. Soc. Lond.*, 25, XXXVIII.
 - 25 *Kelwin*, Lord (1871). *Trans. geol. Soc. Glasgow*, 3, 215.
 - 26 *Tait P. G.* (1876). *Lectures on some recent advances in physical science*. Macmillan, London.
 - 27 *Reade T. M.* (1878). *Proc. Liverp. geol. Soc.*, 3, 211; *Reade T. M.* (1879). *Chemical denudation in relation to geological time*. Bogue, London.
 - 28 *Reade T. M.* (1893). *Geol. Mag.* (ser. 3) 10, 97.
 - 29 *Haughton S.* (1865). *Manual of geology*, p. 99. Longman, London.
 - 30 *Haughton* (1878). *Nature*, 18, 266.
 - 31 *King C.* (1893). *Am. J. Sci.*, 145, 1.
 - 32 *Joly J.* (1899). *Smithsonian Rep.*, 247.
 - 33 *Joly J.* (1900). *Geol. Mag.* (ser. 4), 7, 124.
 - 34 *Upham W.* (1893). *Am. J. Sci.*, 145, 209.
 - 35 *Croll J.* (1875). *Climate and time in their geological relations*. Murray, London.
 - 36 *Fischer O.* (1881). *Physics of the earth's crust*. Macmillan, London.
 - 37 *Fisher O.* (1882). *Geol. Mag.* (ser. 2) 10, 94.
 - 38 *Geikie A.* (1892). *British Assoc. Rep.*, p. 3.
 - 39 *Darwin G. H.* (1886). *British Assoc. Rep.*, p. 511.
 - 40 *Perry J.* (1895). *Nature*, 51, 224.
 - 41 *Kelvin* Lord (1899). *J. Victoria Inst.*, 31, 11.
 - 42 *Geikie A.* (1899). *British Assoc. Rep.*, p. 718.
 - 43 *Chamberlin T. C.* (1899). *Science*, 9, 889; 10, 11.
 - 44 *Chamberlin T. C.* (1899). *Science*, 10, 12 (курсив мой).
 - 45 *Eve A. S.* (1939). *Rutherford*, p. 107. Macmillan, New York.
 - 46 *Eve* (см. прим. 45).
 - 47 *Thomson J. J.* (1936). *Recollections and reflections*. p. 420. Bell, London.
 - 48 *Badash L.* (1968). *Proc. Am. Phil. Soc.*, 112, 157.
 - 49 *Boltwood B.* (1907). *Am. J. Sci.*, 23, 77.
 - 50 *Strutt R. J.* (1910). *Proc. R. Soc. London*, A84, 194.
 - 51 *Holmes A.* (1911). *Proc. R. Soc. London*, A85, 248.
 - 52 *Holmes A.* (1913). *The age of the earth*. Harper, London and New York.
 - 53 *Barrell J.* (1917). *Bull. geol. Soc. Am.*, 28, 745.
 - 54 *Barrell J.* (см. прим. 53). p. 821.
 - 55 *Holmes A.* (1933). *J. Wash. Ac. Sci.*, 23, 169.
 - 56 *Holmes A.* (1947). *Trans. geol. Soc. Glasgow*, 21, 117.
 - 57 *Holmes A.* (1960). *Trans. Edinb. geol. Soc.*, 17, 183.

- ⁵⁸ St. J. Lambert R. (1971). Geol. Soc. London. Spec. Pub., no. 5, p. 10.
- ⁵⁹ Nat. Res. Council Report, Bull. no. 5, p. 10.
- ⁶⁰ См. работы: Hooykaas R. (1963). The principle of uniformity in geology, biology and theology. Brill, Leiden. Gould S. J. (1965). Is uniformitarianism necessary? Am. J. Sci., 263, 223. Hubbert M. K. (1967). Critique of the principle of uniformity. В кн. Uniformity and simplicity (ed. C. C. Albritton). Geol. Soc. Am. Spec. Paper, no. 89, p. 3. Simpson G. G. (1970). Uniformitarianism. An enquiry into principle, theory and method in geohistory and biohistory. В кн.: Essays in evolution and genetics in honour of Theodosius Dobzhansky (ed. M. K. Hecht and W. C. Steere), p. 43. Appleton, New York.
- ⁶¹ Ager D. V. (1973). The nature of the stratigraphic record. Macmillan, London.
- ⁶² Bretz J. H. (1969). J. Geol., 77, 505.
- ⁶³ Gilluly J. (1949). Bull. geol. Soc. Am., 60, 561.
- ⁶⁴ Zeeman E. C. (1976). Sci. Amer., 234, 65.
- ⁶⁵ Eldredge N. and Gould S. J. (1972). В кн.: Models in paleobiology (ed. T. J. M. Schopf). p. 82, Freeman Cooper, San Francisco.
- ⁶⁶ В работе The meaning of fossils Рудвик отметил, что теория Кювье о вымирании вследствие причин катастрофического характера была эмпирически хорошо обоснована.

Глава 5

Дрейф континентов

В отличие от изложенного в предыдущих главах дискуссия о дрейфе континентов относится в основном к нашему столетию, хотя сама идея о возможности латерального перемещения материков высказывалась и раньше.

Современную теорию тектоники плит, пользующуюся огромным успехом и оказывающую глубокое влияние на все отрасли наук о Земле, можно рассматривать как результат и дальнейшее развитие гипотезы континентального дрейфа, которая вызывала горячие споры на протяжении половины столетия, начиная с момента ее выдвижения Альфредом Вегенером. Многие годы уважаемые геологические круги по обе стороны Атлантики, и в особенности в Северной Америке, игнорировали ее приверженцев как своего рода маньяков. В любом случае на эту идею смотрели как на не подтвержденную фактами и механически неправдоподобную; долгое время ее роль в сфере интересов большинства ученых-геологов была ничтожной. Рассказ о том, как происходило изменение общего мнения, — один из наиболее увлекательных в истории науки; к тому же он превосходно документирован¹.

Чтобы полнее оценить революционное значение гипотезы Вегенера, необходимо, прежде чем перейти к этой дискуссии, обрисовать ту умозрительную модель Земли, которая доминировала в конце XIX — начале XX в. Уместно, кроме того, напомнить о заслугах некоторых из предшественников Вегенера.

Остывающая и сжимающаяся Земля

В середине XIX в. гравиметрические исследования показали, что притяжение со стороны Гималаев много меньше того значения, которое следовало бы ожидать при их огромной массе. Вскоре стало общепризнанным, что это, по-видимому, объясняется проникновением более легких пород горного массива на глубину в подстилающие слои земной коры. Дж. Б. Эйри высказал предположение, что ниже твердой земной коры находится слой материала, ведущего себя в условиях длительного времени как жидкость, но в то же время более плотного, чем твердая часть коры, которая по сути дела плавает на нем.

Если кора в каких-то местах утолщается, что, по-видимому, наблюдается в горных районах, то ее основание должно погружаться в нижележащий материал до тех пор, пока масса горного сооружения не уравнивается гидростатической выталкивающей силой этого материала. И наоборот, под морфологически выраженными депрессиями, такими, как океанические впадины, должны находиться выступы более плотного глубинного материала, подстилающего сильно утоненную здесь кору. Когда кора становится тоньше в результате эрозии или, напротив, утолщается при накоплении осадков, в действие вступает механизм компенсационного поднятия либо опускания, компенсирующего соответственно уменьшение или увеличение нагрузки.

Принцип *изостазии*, одновременно с представлением о базальтовом составе океанической коры, был использован в 1873 г. в более общей модели Земли, разработанной известным американским геологом Дж. Дэна (1813—1895). В основе ее лежала популярная в те годы идея о сжимающейся Земле, которая первоначально была расплавлена, а затем шел процесс ее остывания и затвердевания².

По мысли Дэна, на начальной стадии остывания крупные участки земной поверхности имели гранитный состав, тогда как на других участках была развита базальтовая кора. Последняя должна была реагировать на условия сжатия (контракции), что приводило к возникновению в ней тангенциальных сил сжатия. Благодаря разнице в высотных отметках, на которых располагалась базальтовая кора в океанических депрессиях и на континентальных плато, базальтовая кора депрессий активно воздействовала на гранитную кору. Тангенциальное давление было, следовательно, направлено от океанических впадин в сторону континентальных плато.

На ранней стадии такое давление вызывало общее изгибание и коробление плато, приводя к образованию широких валов, воздымающихся над уровнем моря, и таких же широких впадин. Затем начиналась эрозия, снос материала с приподнятых участков и его отложение с формированием осадочных пород во впадинах. При этом начинала действовать *изостатическая компенсация* (этим термином было названо вертикальное движение участка земной коры в ответ на увеличение или уменьшение нагрузки в связи с размывом или осадконакоплением), сочетавшаяся с продолжавшимся боковым сжатием. При погружении на еще большую глубину осадочные породы впадин попадали в область высоких температур, под действием которых размягчались или даже плавилась. Боковое давление в таких ослабленных зонах могло приводить к интенсивному смятию пород, образованию разрывов и формированию горных складчатых поясов. (Это и было зарождением *геосинклинальной*

концепции, в связи с которой Дэна больше всего известен в настоящее время.)

Рассматриваемая модель объясняла, таким образом, образование континентов и океанических впадин, а внутри континентов — разницу между складчатыми горными системами, равнинами и континентальным шельфом. С наибольшим успехом она была применена к Северной Америке, важнейшие горные хребты которой вытянуты вдоль побережий Тихого и Атлантического океанов.

Другая, сравнимая с описанной модель была создана австрийским геологом Эдуардом Зюссом (1831—1914) и изложена в его многотомном труде *Das Antlitz der Erde* («Лик Земли»), опубликованном незадолго до конца девятнадцатого столетия³. В ходе прогрессировавшего затвердевания из состояния первоначально расплавленной массы и контракции более легкий материал поднимался вверх к поверхности, вызывая образование гранитоидных изверженных и метаморфических пород, ассоциирующихся с породами осадочного происхождения. Все вместе они получили название *sal* (позднее трансформированное в *sial*) благодаря относительно высокому содержанию в них силикатов алюминия, а также натрия и калия. Подстилающие *саль* более плотные породы, если не идентичные, то сходные с базальтом, габбро и перидотитом, обогащенные силикатами железа, кальция и магния, были названы *sima*.

Горные хребты возникали в результате контракции — подобно тому, как образуются складки на сморщенном, ссохшемся яблоке. В более крупном масштабе повсеместное сжатие на сфере заставляет определенные секторы на поверхности Земли обрушиться и погрузиться, благодаря чему образуются океаны, тогда как континенты остаются в приподнятом положении в виде устойчивых блоков или «горстов». В свою очередь отдельные области в пределах континентов опускаются быстрее смежных с ними площадей, и поэтому в них проникает море, а временно консолидированные участки океанического дна могут испытывать поднятие и на какое-то время снова превращаться в сушу.

Имеются достаточно многочисленные данные о соединении в прошлом массивов суши через области, занятые в настоящее время глубоким океаном; об этом свидетельствует полное сходство или близость фаун и флор разных континентов. Широко известные случаи сходства древнего органического мира были бы необъяснимы в рамках дарвиновской теории эволюции без признания наличия в прошлом такого рода трансокеанических сухопутных перемычек. Генетическая изоляция привела бы к развитию морфологических различий в фаунах различных континентов. Зюсс выделил и назвал термином «Гондваналэнд»

древний континент, включающий Центральную и Южную Африку, Мадагаскар и полуостровную Индию, исходя из общности позднепалеозойской *гондванской* фауны на этой территории. Впоследствии к нему обычно стали также относить Австралию, Южную Америку и Антарктиду. Заметим, что более правильно название «Гондвана» (название одного из районов Восточной Индии).

Зусом же предложен термин *эвстатический* для обозначения глобальных подъемов и падений уровня Мирового океана, о которых можно судить на основании стратиграфических данных о последовательности морских трансгрессий и регрессий на континентах. Регрессии он связывал с опусканием океанических впадин, трансгрессии — с частичным заполнением этих впадин осадками, вынесенными с континентов. Вода, следовательно, могла уходить с территории континентов при углублении океана либо затапливать их вследствие аккумуляции осадков на океаническом дне.

В обоих вариантах модели остывающей и сжимающейся Земли — как у Зюсса, так и у Дэна — континенты и океанические впадины рассматривались в качестве изначальных элементов; возможность значительного латерального движения континентальных масс по океаническому ложу категорически отрицалась. Поскольку эта модель удачно, как казалось, объясняла широкий круг геологических явлений, геологи единодушно признали ее в основе своей правильной, хотя были ясны и ее слабые места, а также стоящие перед ней трудности. (Так, модель горообразования, предложенную Дэна, было труднее приложить к Европе и Азии, чем к Северной Америке.) Поэтому мысль о том, что современные континенты откололись от первичного массива суши, должна была показаться явной ересью прежним поколениям геологов.

Ранние представления о движении континентов

Еще до середины XIX в. многие отмечали сходство очертаний берегов по обе стороны Южной Атлантики или же рассуждали о том, что Атлантический океан образовался либо за счет погружения древнего загадочного материка Атлантида, либо в результате углубления гигантской долины. Снайдер был первым, выдвинувшим предположение, что континенты, обрамляющие ныне Атлантический океан, раньше примыкали друг к другу и лишь затем были растащены в разные стороны⁴.

Антонио Снайдер-Пеллегрини опубликовал в 1858 г. книгу, которая по стилю мышления и кругозору напоминала скорее спекулятивную космогонию конца XVII, нежели научный труд середины XIX в.⁵ Снайдер дал обзор событий для промежутка

времени, начиная с момента божественного творения и до потопа, по «дням» (эпохам) в соответствии с библейской историей. В первый день застывающая кора или же горячее жидкое вещество недр вызвали повышение давления, которое росло до тех пор, пока сильнейший одновременный взрыв множества вулканов не выбросил из Земли Луну. За этим последовали еще четыре эпохи, каждая из которых заканчивалась катаклизмом, пока, наконец, на пятый день весь земной шар не объединился в одну огромную неустойчивую массу, рассеченную гигантской трещиной приблизительно меридионального направления. Всемирный потоп случился на шестой день, когда вулканические газы вырвались по трещине, раздвинув континенты Старого и Нового Света и вызвав внезапную контракцию Земли. В итоге вода океана хлынула на континенты и возник Атлантический океан.

Нечего было и ожидать, что фантастические построения Снайдера, выдвинутые почти без всякого фактического обоснования, всеерьез были восприняты геологической общественностью, тем более что они целиком и полностью основывались на катастрофистском мировоззрении, столь удачно опровергнутом Лайелем. Рупке⁶, кстати, объяснял общее нежелание признать намного более respectable гипотезу континентального дрейфа хотя бы тем, что она ассоциировалась, по-видимому, с катастрофизмом.

Идеи преподобного Осмонда Фишера не получили в Англии широкого признания, тем не менее его работа заслуживает упоминания в особенности потому, что «Физика земной коры»⁷ представляет собой первый всеобъемлющий геофизический трактат. Фишер, подобно Даттону в Америке, чрезвычайно много сделавшему для утверждения новой теории изостатической компенсации, высказал серьезные сомнения в том, что контракция в результате остывания способна вызвать сокращение коры в размерах, необходимых для образования колоссальных складок и надвигов, которые в это время начали обнаруживать в Альпах. Как мы видели в предыдущей главе, он поставил также под сомнение некоторые из сделанных Кельвином оценок возраста Земли, исходящих из концепции ее остывания, и выдвинул предположение об относительно жидком, подвижном состоянии вещества в недрах с конвективными течениями, направленными вверх под океанами — в первую очередь под Срединно-Атлантическим хребтом — и вниз под континентами. Заметим, что здесь мы, вероятно, встречаемся с первой формулировкой одного из положений, единодушно рассматриваемого теперь в качестве составной части теории тектоники плит.

Вывод Фишера о постоянстве континентов и океанов опирался на высокоценный им принцип изостазии; по его мнению,

однако, постоянство их было только относительным, поскольку океаны в результате конвекции должны, как он считал, расширяться благодаря дополнительному поступлению вулканических пород в их медиальных частях, а континенты — сжиматься с образованием по краям складчатых горных систем. Более того, соглашаясь с выдвинутой в 1879 г. идеей Дж. Х. (впоследствии сэра Джорджа) Дарвина об отрыве Луны от Земли на ранних стадиях развития последней с образованием гигантского шрама в виде Тихого океана, Фишер полагал, что наиболее вероятными последствиями этого события должны были быть латеральное смещение и разламывание уже остывшей гранитной коры. Инкриминируемая Земле потеря Луны фигурирует и в более поздних умозрительных гипотезах Пикеринга⁸ и Бейкера⁹, затрагивающих проблему раскрытия Атлантического океана.

Со сложившейся к тому времени в англо-американской геофизике устойчивой традицией, ставившей во главу угла изучение твердой Земли и тезис о постоянстве континентов и океанических бассейнов, контрастировал подход, типичный для Германии, где метеорология и климатология рассматривались как составные части геофизики. Взгляды Ветштейна, возможно, грешили чрезмерным полетом фантазии, и его геологическая интерпретация была чересчур мобилистской, но он все же сделал попытку привлечь в подтверждение своих идей очевидные палеоклиматические и биогеографические аномалии, зафиксированные в геологической летописи. Лёффельхольц фон Кольберг¹⁰ свел воедино разнообразную информацию о «южном континенте» (Гондване Зюсса), древних ледниковых периодах и других климатических и биологических вариациях в разных частях земного шара, рассматривая их как свидетельство миграции полюсов. Более систематически развивал аналогичные идеи Крайхгауер¹¹, наметивший ряд траекторий миграции палеоэкватора и полюсов без относительного перемещения континентов.

Таким образом, к концу девятнадцатого столетия, т. е. в то время, когда геофизики, изучавшие твердую Землю, отвергали возможность миграции полюсов вследствие предполагаемой жесткости Земли, в Германии по крайней мере были хорошо знакомы с мобилистской концепцией Земли, допускающей миграцию полюсов и плавание участков земной коры по жидкому субстрату. Нельзя недооценивать значение этого исходного плацдарма для исследований самого Вегенера.

Прежде чем перейти к Вегенеру, необходимо упомянуть еще об одной значительной личности — американском географе и специалисте по геологии плейстоцена Ф. Б. Тэйлоре, опубликовавшем в 1910 г. большую статью с первым логически выдержанным и последовательным изложением гипотезы, которую мы бы сейчас назвали гипотезой дрейфа континентов¹². Эта статья

была опубликована на два года раньше появления статьи Вегенера на эту же тему¹³.

Отправной точкой гипотезы Тэйлора служит не сходство очертаний континентов, ограничивающих Атлантический океан, как можно было бы ожидать, а закономерности в расположении третичных горных поясов Евразии. У восточных и южных границ Азии, продолжаясь в район Средиземноморья, находится ряд дугообразных горных систем, выгнутых обычно в сторону океана; они несут признаки горизонтального сжатия в виде смятых в складки и перемещенных по надвигам пластов. Обычная контракционная гипотеза не годилась, по мнению Тэйлора, для удовлетворительного объяснения размещения этих горных хребтов и их молодого — третичного возраста. Он допускал чрезвычайно медленное движение (крип) земной коры с севера по направлению к периферии Азии. Благодаря Индостанскому полуострову — древнему щиту, играющему роль сдерживающего упора, — непосредственно к северу от него образовалось гигантское нагромождение Гималаев и Памира, тогда как более восточные складчатые цепи имели возможность развернуться свободнее — вплоть до территории Малайзии и Индонезии.

Идея о коровом крипе, направленном в Северном полушарии из области высоких в область низких широт, подкрепляется в статье Тэйлора на примере Гренландии; она рассматривается как остаток древнего массива, от которого по рифтам откололись Канада и Северная Европа. Зюсса и других исследователей поражало близкое сходство палеозойских толщ и тектонических структур по разные стороны Северной Атлантики, но это приписывалось обрушению Атлантиды, а не раздвиганию континентальных блоков. В свете сегодняшних знаний некоторые детали в построениях Тэйлора особенно интересны. Так, например, в выгнутой к востоку дуге Скоша, лежащей между Патагонией и Западно-Антарктическим полуостровом, он видел свидетельство того, что направленный к западу дрейф континентальных масс шел в этом районе с отставанием.

В статье 1910 г. Тэйлор уделил мало внимания вопросам механизма движения континентов, но в последующих публикациях он высказал предположение о роли приливных сил, действовавших в момент захвата (а не потери!) Луны Землей в меловом периоде. К сожалению, Тэйлор не подкрепил в достаточной мере фактами свои интересные идеи, а его «механизм», включающий этот запоздалый захват Луны, должно быть, показался фантастическим современникам. Работа Тэйлора не имела большого резонанса, но, не считая трудов Вегенера, она представляла собой наиболее значительную из ранних работ по проблеме дрейфа континентов.

Гипотеза Альфреда Вегенера

В сознании большинства людей понятие о дрейфе континентов связывается с именем Альфреда Вегенера (1880—1930); он первым привел существенные доказательства в пользу стройной, логически непротиворечивой гипотезы, в рамках которой нашел себе место широкий круг природных явлений.

Вегенер не принадлежал к кругу геологов-профессионалов. Он родился в Берлине в семье священника евангелической церкви, учился в университетах Гейдельберга, Инсбрука, Берлина и получил докторскую степень по астрономии. С самого начала студенческой жизни он лелеял мысль заняться научными исследованиями в Гренландии, кроме того, его покорила метеорология — сравнительно новая тогда наука. Готовясь к экспедиции в Арктику, он выполнил целую программу напряженной подготовки. Вегенер освоил также технику использования воздушных шаров и воздушных змеев для метеорологических наблюдений и достиг таких успехов в воздухоплавании, что в 1906 г. вместе с братом Куртом установил мировой рекорд непрерывного полета в течение 52 ч.

Усердная подготовка Вегенера была вознаграждена: его пригласили на должность метеоролога в датскую экспедицию в северо-восточные районы Гренландии. Вернувшись в Германию, он занял пост младшего преподавателя метеорологии в Марбургском университете и за пять лет написал учебник по термодинамике атмосферы. В 1912 г. состоялась вторая экспедиция в Гренландию с датским исследователем и путешественником Й. П. Кохом; она примечательна тем, что во время нее был предпринят самый длинный по тем временам пеший переход через ледниковый щит.

В 1913 г. Вегенер женился на дочери метеоролога В. П. Кёппена — Эльзе. После окончания первой мировой войны он сменил тестя на посту директора Отдела метеорологических исследований Морской обсерватории в Гамбурге. В 1926 г. он, наконец, получил приглашение и согласился принять кафедру метеорологии и геофизики в университете Граца в Австрии; потребовался немалый срок, чтобы его многообразные заслуги перед наукой получили подобающее признание! Вегенер умер в 1930 г., по-видимому, от сердечного приступа в то время, когда он возглавлял третью экспедицию в Гренландию. В некрологах и посмертных панегириках внимание концентрировалось на его выдающихся заслугах как исследователя Арктики и пионера в метеорологии; сейчас же, конечно, он больше известен как выдающийся создатель гипотезы дрейфа континентов, хотя это направление исследований лежало, по собственному признанию Вегенера, в стороне от его главных профессиональных интересов.

Мы не располагаем точными сведениями о том, как впервые зародилась у Вегенера его гипотеза¹⁴. По одному не слишком достоверному рассказу соответствующая идея пришла ему в голову во время первого путешествия в Гренландию, когда он наблюдал откалывание кусков ледника (процесс, ведущий к образованию айсбергов). Сам же он, однако, писал, что основополагающая идея родилась в 1910 г., когда его поразило удивительное сходство очертаний береговой линии по разные стороны Атлантического океана. Вначале, правда, он считал эту идею невероятной, но в следующем году в руки ему попало сообщение о палеонтологических доказательствах существования древней сухопутной перемычки между Бразилией и Африкой. Занявшись сбором дополнительных материалов, он настолько глубоко уверовал в свою идею, что решился на создание гипотезы, которая была впервые публично оглашена в лекции во Франкфурте-на-Майне в январе 1912 г. В том же году последовали еще две короткие публикации, озаглавленные *Die Entstehung der Kontinente* («Образование континентов»). Расширенный вариант работы был издан впервые в виде книги под названием *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane* («Образование континентов и океанов») в 1915 г. Переработанные издания выходили затем в 1920, 1922 и 1929 годах. Пятое и шестое издания были опубликованы посмертно под редакцией его брата Курта, добавившего мемориальный очерк и снабдившего книгу дополнительными ссылками. Третье издание книги привлекло гораздо больше внимания, чем предыдущие два, и было переведено в 1924 г. на английский, французский, испанский и русский языки; в английском переводе сохранено то же название — «Образование континентов и океанов». Выражение Вегенера «*Die Verschiebung der Kontinente*» было в этом издании очень точно переведено как «перемещение континентов». Тем не менее предложенный позже термин «дрейф континентов» быстро вошел в обиход в англоязычных странах*.

Четвертое издание отражает последний и наиболее продуманный вариант взглядов Вегенера, включая его ответы на более раннюю критику; именно его преимущественно читают сегодня, так как в 1966 г. оно было переиздано в новом английском переводе¹⁵. В этом четвертом издании на удивление полно сохранены от упоминавшихся выше двух статей 17-летней давности как система главных доводов, так и порядок их изложения, хотя все здесь более тщательно продумано и подкреплено многими новыми данными, в особенности из палеоклиматологии.

* Оригинальный английский термин — *continental drift*. Однако в советской геологической литературе его чаще переводят не как «дрейф континентов», а термином «континентальный дрейф», или «дрейф континентов». — *Прим. перев.*

Любопытно, что, вместо того чтобы описывать совпадение «зазубрин» и палеонтологические доводы, которые, собственно, и вызвали к жизни основную идею, он прямо погружается в анализ геофизической аргументации, отмечая неудовлетворительные, с его точки зрения, положения и противоречия ортодоксальной теории. И только после этого он перечисляет геологические данные, подтверждающие гипотезу, согласно которой континенты раньше образовывали единую массу, впоследствии рассеченную рифтами и растащенную в разные стороны.

Вегенер отметил, что модель остывающей и сжимающейся Земли уязвима во многих отношениях. Прежде всего открытые незадолго до этого в Альпах огромные надвинутые пластины горных пород, или покровы (шарьяжи), заставляли оценивать контракцию третичного времени такими величинами, которые казались явно чрезмерными. Из гипотезы контракции было неясно, далее, почему «морщины», вызванные сокращением и представленные складчатыми горными системами, не распределены равномерно, а сосредоточены в узких зонах. Кроме того, одно из фундаментальных допущений о предполагаемом остывании Земли (по Кельвину в первую очередь) было подорвано недавним открытием широко распространенной радиоактивности горных пород. Она обеспечивала генерацию значительных количеств тепла, компенсирующих его потери в результате излучения в космическое пространство¹⁶.

По данным гравиметрии, океаническое дно подстилается породами с большей плотностью, чем на континентах; поэтому с позиций концепции изостазии обширные континентальные участки не могли погрузиться в глубины океана, как это продолжали считать некоторые геологи.

Вегенер утверждал, что гигантский суперконтинент «Пангея» (т. е. *вся суша*) был разбит рифтами и образовавшиеся таким образом фрагменты разошлись в стороны; этот процесс начался в мезозое и продолжается в настоящее время. Отделение Южной Америки от Африки началось в меловом периоде, тогда же началось разделение Северной Америки и Европы, но на севере связь между ними сохранялась вплоть до четвертичного времени. В ходе дрейфа Южной и Северной Америки к западу вдоль или вблизи их фронтальных краев в обстановке сжатия возникли горные системы Кордильер, тогда как Антильские острова и дуга Скоша отстали, оставшись в пределах Атлантического океана. Раскрытие Индийского океана началось в юре, но главные движения относятся к мелу и третичному времени. Обширный участок суши, расположенный к северу от Индии, при движении континентальной массы полуостровной Индии в северном направлении был смят, что привело к образованию Гималаев. Связь Антарктиды с массивом Австралия —

Новая Гвинея оборвалась в эоцене, когда этот массив начал двигаться к северу и в позднеэоценовое время вклинился в район Индонезийского архипелага. Ниже приводятся главные доводы и факты, подтверждающие эту гипотезу:

1. При статистическом анализе рельефа Земли выявляются два доминирующих высотных уровня, один из которых отвечает поверхности континентов, другой — дну абиссальных котловин океанов. Такое распределение высот следует ожидать при двухслойной коре с верхним слоем, сложенным более легкими породами типа гранитов, и субстратом, состоящим из базальтов, габбро, перидотитов и образующим океаническое дно. И напротив, оно не согласуется с моделью коры, в которой высота рельефа зависит от случайного поднятия и опускания. При последних обстоятельствах следовало бы ожидать гауссово распределение высот (с графиком в форме колокола) с единственным максимумом в середине.

2. В хорошо разработанной теории изостазии принимается, что субстрат, подстилающий земную кору, ведет себя как жидкость, хотя и очень вязкая. Но если континентальные массивы могут перемещаться в этом субстрате по вертикали, то почему бы им не перемещаться в нем и в горизонтальном направлении при наличии, конечно, достаточных для этого сил? То, что на самом деле такие силы существуют, доказывается горизонтальным сжатием слоев в горных хребтах типа Альп, Гималаев, Анд.

Вегенер подчеркнул широко распространённое, как ему казалось, заблуждение относительно физических свойств Земли, пояснив свою мысль аналогией с куском ^{стекла} вара, который разлетается вдребезги, как хрупкое вещество, при ударе молотком, но при определенных условиях пластически течет под действием собственного веса. Точно так же Земля ведет себя как упругое твердое тело в случае кратковременного приложения сил, например при землетрясениях, но при больших интервалах времени, с которыми имеет дело геология, она должна скорее обнаруживать свойства ньютоновской жидкости. Степень сплюснутости земного сфероида, в частности, точно соответствует периоду вращения.

3. Вегенер полагал, что ему удалось доказать значительное современное горизонтальное движение Гренландии в сторону от Европы с помощью геодезических наблюдений с использованием радиосигналов времени. (Следует заметить, что выполненные позднее более точные измерения опровергли это заключение. Геодезические данные с тех пор не фигурируют в качестве аргументов в последующей дискуссии, и мы не будем больше к ним обращаться.)

4. Самым сильным геологическим аргументом было очевидное сходство пород по обе стороны Атлантики, заставляющее

предполагать их соприкосновение в прошлом. Больше всего убеждало совпадение складчатых поясов. Вегенер красочно пишет об этом в следующем отрывке:

«Это точно так же, как если бы мы старались вновь сложить разорванные куски газеты, совмещая их края и затем проверяя, совпадают ли строки. В случае совпадения не остается ничего другого как заключить, что куски сложены правильно. Даже если бы мы располагали для контроля всего лишь одной строкой, вероятность правильности совмещения была бы и в этом случае весьма велика, но если в нашем распоряжении n строк, вероятность возрастает в n раз».

Вегенер пошел настолько далеко, что совмещая конечные морены ледниковых покровов Европы и Северной Америки, утверждал, будто бы эти континенты не были разъединены до плейстоцена.

5. Один из самых сильных палеонтологических доводов заключается в следующем. На территории южных континентов, ныне разобренных океаном, имеется много общих позднепалеозойских и мезозойских форм. В соответствии с фундаментальными положениями биологии для объяснения этого требуется признать существование в прошлом сухопутных связей между континентами, которые по традиции изображались в виде транс-океанических сухопутных перемычек, или «континентальных мостов», погружившихся в океанические глубины в какой-то момент времени после мезозоя. Вегенер считал, что такое объяснение не проходит с точки зрения геофизики, так как при этом нарушается принцип изостазии. Сухопутные мосты должны состоять из материала гранитной коры, слишком легкого, чтобы погрузиться в более плотные породы морского дна. Единственной разумной альтернативой является предположение, что континенты раньше соприкасались и только позже в результате дрейфа были растащены в стороны.

С некоторым раздражением Вегенер писал по этому поводу:

«Большая часть современных биологов считают совершенно несущественным, примем ли мы идею погруженных сухопутных мостов, или идею дрейфа, — удивительно нелепый подход. Биологи не обязаны слепо принимать незнакомые им идеи, но они могли бы сообразить, что земная кора состоит, по всей видимости, из менее плотного вещества, чем ядро, и что поэтому, если бы океаническое дно было погруженным континентом и более легкий коровый материал имел здесь, следовательно, такую же мощность, как на континентах, гравиметрические измерения обнару-

жили бы дефицит силы тяжести, соответствующий слою пород 4—5-километровой мощности. А поскольку этого нет и для океанов характерны более-менее ординарные значения силы тяжести, биологам следовало бы сделать вывод, что о погружении континентальных площадей можно говорить только для континентального шельфа и прибрежных областей, но оно исключается в случае крупных океанических впадин».

Вегенер придавал большое значение распространению небольшой пермской рептилии — *мезозавра*, найденного только в Южной Африке и южных районах Бразилии, и так называемой *глоссоптериевой* флоры (пермско-каменноугольной флоры, известной только на южных континентах и в Индии); он долго относился к ним как к доказательству *prima facie* реального существования Гондваны Зюсса. Он отметил также, что характер распространения многих современных неморских организмов, в первую очередь определенной категории земляных червей, пресноводных рыб, двусторчатых моллюсков и наземных улиток, по обе стороны Атлантики трудно понять, исключив сухопутную связь между континентами Старого и Нового Света в не слишком отдаленном прошлом.

6. Палеоклиматические доказательства основывались на распространении характерных типов горных пород, размещение которых на поверхности Земли остается совершенно непонятным, если считать, что континенты всегда находились в одной и той же позиции по отношению друг к другу и местонахождение полюсов не менялось. Так, *тиллиты* — глинисто-алевроитовые осадки с галькой и валунами образуются при таянии ледниковых покровов; было установлено, что они пользуются широким развитием на территории южных континентов; значительные объемы *эвапоритовых отложений*, включающих каменную соль и гипс, свидетельствуют о жаркой аридной обстановке осадконакопления, типичной в настоящее время для площадей в пределах пояса пассатов; *уголь* с некоторыми характерными типами растительных остатков свидетельствует об экваториальных гумидных условиях. Картина распространения этих образований в отложениях верхнего палеозоя (карбоне и перми) получает удовлетворительное объяснение только при реконструкции суперконтинента Пангеи и допущении миграции полюсов.

Вегенер был очень осторожен в вопросе о движущих силах. Это видно из следующей цитаты:

«Ньютон теории дрейфа пока не появился... Очень возможно, что окончательное решение проблемы движущих сил затянется на долгое время, так как для этого требует-

ся распутать сложный клубок взаимосвязанных явлений, в котором часто бывает трудно понять, что является причиной, а что следствием».

Он не мог тем не менее отказать себе в удовольствии порассуждать на эту тему, полагая, вероятно, что несовершенная и умозрительная модель все же лучше, чем ничего, для репутации его гипотезы. Он рассматривал две возможные компоненты. Движение континентов в сторону экватора объяснялось с помощью так называемых *Pohlflucht* («полюсобежных») сил. Эта составляющая сила тяжести, иногда называемая силой Этвеша, возникает из-за того, что Земля представляет собой сплюснутый, уплощенный у полюсов сфероид. Другие силы, естественно, требовались для обеспечения западного дрейфа континентов Северной и Южной Америки. Вегенер отдавал предпочтение приливным силам и считал, что действие этих сил, тормозящих вращение Земли, должно сказываться главным образом на поведении самых внешних оболочек, которые в этом случае будут проскальзывать относительно субстрата либо как единое целое, либо в виде разобщенных континентальных фрагментов.

Критика гипотезы Вегенера

Реакция геологического мира на гипотезу Вегенера вначале не была, по-видимому, целиком недоброжелательной, однако в лучшем случае она была смешанной. Первая лекция, прочитанная во Франкфурте, вызвала негодование у некоторых геологов; но в Марбурге, несколькими днями позже, аудитория реагировала более дружелюбно. После первых публикаций несколько видных немецких геологов заявили о своем отрицательном отношении к *Verschiebungstheorie*. Ряд геофизиков, напротив, выразили одобрение этой концепции. А к 1922 г. Вегенер, судя по биографическим заметкам его вдовы, мог сказать, что он не знает ни одного геофизика, не согласившегося с его гипотезой. Это весьма примечательно, так как впоследствии геофизики оказались в стане наиболее ярых его критиков.

О реакции на выход в свет третьего издания книги Вегенера в Англии можно судить по критическому очерку Филиппа Лэйка¹⁷ и по его замечаниям на собрании Королевского географического общества в 1923 г. (Годом раньше проблема вызвала оживленные дебаты на ежегодном собрании Британской ассоциации.):

«Не легко отрешиться от пристрастного отношения, рассматривая идеи настолько новые, как идеи Вегенера. Движущийся континент кажется нам не менее странным, чем была движущаяся Земля для наших предков, и мы,

возможно, судим так же предвзято, как и они. С другой стороны, если бы континенты перемещались, это устранило бы многие трудности, и такое соображение может заставить нас поддаться искушению забыть трудности самой теории и несовершенство лежащих в ее основе данных... Что до Вегенера, то он не помогает читателю вынести непредвзятое суждение. Каково бы ни было его первоначальное намерение, он не занят в своей книге поиском истины; он выступает адвокатом по делу и остается слеп к любому факту и доводу, свидетельствующим против него. Но адвокат он искусный и дело представляет интересное».

Сделав эту уступку, Лэйк дальше пытается расправиться с «делом». Он критикует, например, довод Вегенера, что континенты и океаническое дно представляют собой, судя по бимодальному распределению высот, два различных слоя. Согласно Вегенеру, невозможно получить два максимума за счет тектонической деформации единой поверхности, если только не вмешиваются какие-то дополнительные, точно не установленные, физические факторы. Поскольку этого нет, частота встречаемости должна была бы подчиняться гауссовому закону ошибок. Вегенеровская система рассуждений приводит «к замечательному принципу: если закон неизвестен, им непременно должен быть закон ошибок... И поэтому на анализе реальных высот (земной поверхности) должна каким-то образом сказаться глубина наших знаний. Но вегенеровский мир неординарен. На его графике дана пунктирная линия, аппроксимирующая, по его словам, кривую закона ошибок, которой описывалось бы распределение частоты встречаемости в том случае, если бы в последующие движения вовлекался только один-единственный уровень. Частота встречаемости дается на графике в процентах, сумма которых в обычном мире составляет 100. У Вегенера же в сумме получается около 200... Простого знакомства с графиком достаточно, чтобы убедиться в том, что эти две кривые не могут быть одновременно корректными, так как площади, заключенные между ними и вертикальной осью, должны были бы быть равны».

Лэйк ссылается на результаты анализа, по-видимому показывающего, что ундуляция одного корового уровня неизбежно дала бы бимодальную форму гипсометрической кривой. Он критикует также другие аспекты геофизических построений Вегенера и особенно язвительно отзывается о попытке совместить континенты. Было очевидно, что реконструкция Пангеи приводит к заметным искажениям.

«Легко сложить кусочки разрезанной картины, искажая их форму, но если вы сделали это, ваш успех еще не дока-

зывает, что они легли на правильное место. Это даже не доказывает ни того, что все кусочки принадлежат одной картинке, ни того, что все они оказались использованы».

Лэйк сомневался, кроме того, в надежности сопоставления Вегенером характерных тектонических элементов и особенностей разных континентов. Крайне скептически отзывался он как об идее постплейстоценового раскрытия Северной Атлантики, так и о геодзических измерениях, якобы указывающих на быстрое движение Гренландии, удаляющейся от Европы в западном направлении.

В дискуссии, состоявшейся после лекции Лэйка в Королевском географическом обществе, принял участие Дж. У. Лэмплаф, выступление которого было скептическим, но вполне доброжелательным:

«Может показаться странным, что мы всерьез обсуждаем такую теорию, как теория Вегенера, столь уязвимую чуть ли не в каждом своем пункте... Но лежащая в ее основе идея о том, что континенты, по-видимому, не закреплены в строго фиксированном положении, согласуется с рядом фактов, а это побуждает каждого геолога отнестись к ней с симпатией, несмотря на провал попытки Вегенера доказать ее».

Геофизик Р. Д. Олдхэм страстно стремился доказать, что Вегенера с его гипотезой уже опередил англичанин:

«Я прекрасно помню, что в те дни было бы небезопасно защищать идею такого рода. Физики, до этого вдалбливающие нам представление об огненном шаре с расплавленными недрами, настаивали на твердой разогретой сфере; нам и помыслить не разрешалось о поисках каких-либо иных причин геологических изменений и возникновения разнообразных геологических структур, кроме медленного остывания и контракции твердого шара, а любая мысль о смещении континентов была не совместима с этой теорией. Данные идеи так крепко держались на своих позициях, что требовалось нечто большее, чем решимость одного человека, ценящего свою репутацию здравомыслящего ученого, поставить все на карту, чтобы защищать что-нибудь подобное теории, которую Вегенер смог выдвинуть в наши дни...»

Тем не менее даже тогда нашелся человек, совершенно официально предложивший и отстаивавший нечто..., почти полностью идентичное гипотезе Вегенера. Я имею в виду Осмонда Фишера, человека, который был парией в научном мире своего времени».

Единодушный, по-видимому, приговор собрания гласил, что, несмотря на ряд трудностей, с которыми сталкиваются контрактная модель Земли и доктрина постоянства океанов, гипотеза Вегенера не представляет собой серьезной угрозы общепринятому мнению. С наиболее жесткой критикой в этой дискуссии выступил Хэролд (позже сэр Хэролд) Джеффрис (р. 1891), прославившийся как основоположник математической геофизики и один из наиболее влиятельных и страстных противников гипотезы дрейфа континентов.

Вся жизнь Джеффриса связана с Кембриджским университетом, в котором он начал изучать математику и где в 1946 г. был избран почетным профессором астрономии. Им много сделано и в математике, и в геофизике. Своими работами он внес большой вклад в понимание процесса приливного трения, термальной истории Земли, распределения напряжений в земной коре, но наиболее фундаментальными оказались его исследования в сейсмологии, в особенности вычисление времен пробега сейсмических волн. Ему было прекрасно известно, как сильное землетрясение заставляет всю Землю «гудеть, как колокол», и это, несомненно, укрепляло его мнение, что Земля обладает достаточной прочностью и реагирует на внезапное высвобождение накопленной энергии как упругое твердое тело.

В более развернутом виде критика дрейфа приведена в большом геофизическом трактате Джеффриса¹³, опубликованном в 1926 г.:

«Еще более неправдоподобная гипотеза часто ассоциируется с гипотезами дрейфа континентов и другими геологическими гипотезами, которые исходят из представления, что Земля не обладает прочностью. Это означает, что малая сила может, при условии достаточно длительного времени, не только привести к неограниченно большому перемещению, но и преодолеть действие во много раз большей силы, действующей одновременно в обратном направлении. Поэтому содержащееся в теории Вегенера утверждение..., что Земля может неограниченно деформироваться под действием малых сил, если только они действуют достаточно долгое время, очень опасно и чревато серьезными ошибками»¹⁹.

Если сима представляет собой более податливый слой, позволяющий бороздить свою поверхность так, как делают это корабли, плывущие под парусами по ветру, то она, по мысли Джеффриса, не должна сминать их фронтальную, «носовую» часть, и уж тем более плавание стало бы невозможным, если бы «носовая» часть оказалась смятой. Но ведь именно так представлял Вегенер процесс формирования горного пояса Кордильер.

Однако даже того, что сима состоит действительно из вещества с меньшей прочностью, ничто не доказывало. Прочность континентальной коры достаточна для существования Эвереста, прочность океанической коры обеспечивает существование глубоководных желобов. Как показывают простые расчеты, приливные силы и силы Этвеша, привлекаемые Вегенером, приблизительно в миллион раз меньше того, что требуется для движения континентов. Сам Джеффрис применял к нашей планете модернизированный вариант контракционной модели.

Начиная с критических выступлений Джеффриса, Вегенеру пришлось иметь дело с наиболее, пожалуй, грозной оппозицией из всего, с чем он сталкивался раньше; она состояла из представителей определенного направления в геофизике Великобритании и США (которое можно было бы назвать школой ультратвердой Земли), полагавших, будто бы они могут со всей определенностью доказать, что Земля обладает высокой прочностью, исключающей возможность перемещения континентов по ее поверхности.

Во втором издании книги Джеффриса, вышедшем из печати в 1927 г., подчеркивалось несоответствие береговых линий Африки и Южной Америки. Это, несомненно, так, но впоследствии было продемонстрировано блестящее совпадение внешних кромок континентального шельфа, которые гораздо точнее соответствуют настоящим краям континентов. Да и у самого Вегенера очертания континентов даны с учетом этой более важной с точки зрения геологии границы. Так, Фольклендское плато в Южной Атлантике рассматривалось Вегенером как часть континента.

На этой ранней стадии обсуждения гипотезы дрейфа континентов большую роль сыграл симпозиум, организованный Американской ассоциацией геологов-нефтяников и проведенный в Нью-Йорке в 1926 г.; материалы симпозиума были изданы через два года²⁰. Это было первое международное совещание, посвященное специально данному предмету. В нем приняли участие Вегенер и Тэйлор. Судя по опубликованным материалам, единственным человеком, действительно убежденным в реальности процесса дрейфа континентов, был, разумеется, не считая двух вышеупомянутых лиц, датский геолог Ван Ватерсхот ван дер Грахт, организатор совещания и редактор трудов.

Доказательства, выдвинутые Вегенером, не убедили Ч. Р. Лонгвелла, геолога из Йельского университета, но он по крайней мере был настроен доброжелательно:

«Очевидно, именно бескомпромиссное иконоборство, бунт против установленного порядка помогли новой гипотезе завоевать место под солнцем. Она смела и эффектна, и это действует на воображение как непрофессионала, так и

ученого. Но идея, столь непосредственно затрагивающая самые фундаментальные принципы нашей науки, должна опираться на более солидную основу, нежели призыв к «ображению».

Тон остальных выступлений был более неприязненным. Самая большая статья, не считая редакторской, была написана Чарлзом Шухертом, также йельским профессором и одним из лучших в Северной Америке специалистов по палеогеографическим реконструкциям. Он относился к числу немногих, кто обратился к вопросу о сходстве древних фаун и флор отдельных континентов. Не только не отрицая, но, наоборот, решительно поддерживая вывод о сходстве, Шухерт вместе с тем полагал, что на самом деле оно прекрасно объясняется существованием нескольких сухопутных перемычек («континентальных мостов») через Арктический бассейн, Южную Атлантику и Индийский океан, погрузившихся после мезозоя. Кроме того, рассматриваемые фауны при всем их сходстве не были полностью идентичными, как следовало бы ожидать в случае их действительно тесно соседства в прошлом. С особым сарказмом он пишет о вегетеро-интерпретации *глоссоптериевой* флоры:

«Любой палеонтолог, внимательно прочитавший страницы 98—106 книги Вегенера, посвященные распространению угленосных толщ и *глоссоптериевой* флоры «пермского — каменноугольного времени», убедится не только в живости и изобретательности его ума, но и в том, насколько просто ему, используя обобщения других исследователей, сопоставлять несравнимые вещи, считая, что при корреляции формаций горных пород, осуществляемой геологами, речь идет об «относительно пустяковой разнице во времени». Давая на этих страницах объяснение климату пермского — каменноугольного времени, он загоняет Южный полюс в океан к юго-востоку от берегов Африки, располагая соответствующим образом экватор. И наконец, в целях обеспечения восприятия его идей он изображает все это в виде одной схемы, озаглавленной «климат пермо-карбона». На этой обобщающей схеме автор пытается показать события, имевшие место в интервале времени продолжительностью порядка 50 млн. лет; он совмещает флору тропических угленосных толщ с «полярной» *глоссоптериевой* флорой, относящейся к значительно более молодым горизонтам перми, а для того чтобы последняя выглядела действительно полярной, делает допущение, что в ней отсутствует древесная растительность; он заявляет далее, что Антарктида в то время примыкала к юго-восточной Африке, у края которой находился

Южный полюс, и на основании всего этого определяет положение климатических поясов!»

Шухерт, вероятно, первым выдвинул возражение, повторявшееся затем неоднократно. Почему Пангея, так долго сохранявшаяся в виде монолитного суперконтинента, вдруг внезапно раскололась и распалась каких-то 100 млн. лет назад? Если горные системы третичного времени (Альпы, Гималаи, Скалистые горы, Анды и др.) обязаны своим происхождением дрейфу, то что вызвало формирование гораздо более древних горных систем, например Каледонского и Аппалачского складчатых поясов?

Шухерт усомнился, кроме того, в аккуратности действий Вегенера при совмещении континентов и в итоге собственных опытов на модели земного шара пришел к сильно отличающимся результатам. Это убедило его в том, что сколько-нибудь удовлетворительного совмещения краев континентов добиться невозможно без значительного искажения их формы. В особенности бросалось в глаза, что при любом варианте приращения Северной и Южной Америки к Европе и Африке образуется широкое зияние на месте Берингова пролива, тогда как палеонтологи единодушно и решительно высказывались в пользу существования здесь долговечной, хотя временами и прерывавшейся континентальной перемычки. Недоверие вызывало также провозглашенное Вегенером сходство геологических особенностей на разных континентах и предложенные им палеоклиматические доказательства миграции полюсов.

Бейли Уиллис, один из ведущих американских специалистов в области структурной геологии, подверг сомнению геофизическую часть работы Вегенера и обратил внимание приблизительно на те же обстоятельства, что и Джеффрис. Каким образом удастся сима быть одновременно и более податливым слоем земной коры, и оказывать настолько сильное противодействие плывущему по ней сиалу континентов, что из них образуются горные хребты кордильерского типа? Американский геофизик Уильям Боуи поддержал другое критическое замечание Джеффриса. Если сима — ослабленный слой, то почему океаническое дно не разглаживается, превращаясь в покрытую илом равнину, но вместо этого на нем сохраняются хребты и желоба? Идея о смещении полюсов также была отвергнута как геофизически невозможная.

Некоторые авторы не удержались от искушения поставить под сомнение добросовестность Вегенера как ученого. Познакомьтесь, например, со следующим замечанием американского палеонтолога Э. У. Берри:

«(Метод Вегенера), на мой взгляд, ненаучен; это хорошо известный прием, когда берется какая-то исходная идея,

в литературе выборочно отыскиваются согласующиеся с ней данные, причем противоречащие этой идее факты по большей части отбрасываются, и все заканчивается самоуверенным, в котором субъективная идея воспринимается уже как объективный факт».

Наиболее откровенным из критиков Вегенера оказался американский геолог Р. Т. Чемберлен, сын противника Кельвина Т. Чемберлена:

«Гипотеза Вегенера в целом лишена сдерживающих моментов и исключительно вольно манипулирует с нашей планетой; по сравнению с любой другой конкурирующей с ней теорией она в меньшей степени связана какими-либо ограничениями или стеснена неудобными, фатальными для нее фактами. Она привлекает, вероятно, тем, что предлагает игру почти без правил и без строго предписанных законов поведения».

Чемберлен перечисляет ни много ни мало 18 пунктов, губительных, по его мнению, для гипотезы дрейфа. Многие из них выглядят сегодня совершенно нелепыми, но, будучи специалистом по геологии ледникового периода, он отметил то важное обстоятельство, что сопоставление морен, сделанное Вегенером с целью доказать соприкосновение континентов в четвертичное время, просто смехотворно. Еще один знаток оледенений — А. П. Колман написал в 1925 г. статью с критикой предполагаемого позднепалеозойского оледенения Гондваны. Он исходил из того, что, согласно вегенеровской реконструкции, ее территория лежала в основном на значительном удалении от океана и, следовательно, вне досягаемости влажных ветров. Эта область напоминала бы, скорее, Центральную Азию, где никогда не бывает сильных снегопадов, несмотря на самые низкие (из зарегистрированных на Земле) температуры²¹.

На этой ранней стадии дебатов вокруг гипотезы дрейфа континентов с обсуждением всех «за» и «против» велись в условиях почти полного отсутствия информации о геологическом строении дна океана. Было невозможно поэтому отмахнуться от взглядов известного геолога Дж. У. Грегори, который в президентской речи, обращенной к Лондонскому геологическому обществу²², отстаивал представление о сложной системе континентальных массивов, погруженных в океан, но периодически поднимавшихся к поверхности и создававших сухопутные трансокеанические перемычки для межконтинентальной миграции. Чтобы поверить в это, следовало, как он понимал, избавиться от изостазии.

«Если поверхность океана не соответствует правильному эллипсоиду или сфероиду, если она втягивается вниз в

центральных областях океана вследствие бокового притяжения воды к суше или понижается в соответствии с вариациями удельного веса воды..., тогда незначительные различия в силе притяжения океанического дна можно объяснить не большей его плотностью, а завышенными оценками глубин».

«Если принципы изостазии, — резюмирует он, — формулируются так, что она противоречит опусканию океанического дна, тем хуже для такого сорта изостазии».

В нелепости такого рода высказываний окончательно смогли убедиться лишь тогда, когда после окончания второй мировой войны началось интенсивное изучение океанического дна, полностью изменившее взгляд на Землю.

Реакция Вегенера на критику

В биографии своего мужа Эльза Вегенер приводит интересные материалы, касающиеся размышлений Вегенера в ранние годы по поводу критических откликов на его гипотезу. Самым первым скептиком был, по-видимому, Кёппен, пытавшийся убедить зятя не сбиваться с прямого и четко очерченного пути метеоролога ради спекулятивных рассуждений о предмете, в котором он не являлся специалистом. В январе 1911 г., т. е. еще до того как новые идеи были преданы гласности, Вегенер написал в ответ следующее письмо:

«Я полагаю, что мой прако́нтинент представляется Вам игрой воображения, тогда как на самом деле речь идет просто об интерпретации материала наблюдений. Я пришел к этой мысли, основываясь на сходстве очертаний береговой линии, но доказательством должны служить, естественно, геологические данные. Они заставляют нас, например, допустить существование сухопутной связи между Южной Америкой и Африкой, которая затем в определенное время прервалась. Можно предложить два варианта объяснения: либо опускание связывавшего их континента, либо разрыв по огромной трещине и разъединение. До сих пор на основании ничем не доказанного убеждения, что все участки суши постоянно остаются на своих местах, рассматривался только первый вариант, второй же игнорировался. Но современное учение об изостазии и наши познания в физике противоречат возможности погружения континентов, которые легче того вещества, в котором они плавают. Мы вынуждены, следовательно, обратиться к альтернативному варианту! И почему мы должны медлить, а не тотчас же выбросить за борт устаревшую концепцию, если новая

приводит к поразительным упрощениям и помогает увидеть смысл и закономерность всей геологической истории Земли? При чем тут революционность? *Я не верю, что старым идеям осталось хотя бы десять лет жизни*²³. Учение об изостазии пока еще не до конца разработано, но как только это будет сделано, полностью выявятся противоречия, заключенные в старых идеях»²⁴.

Для ясного и логичного ума Вегенера все это было, по-видимому, очевидно и просто. Интересно узнать, что он отказывался считать революционными идеи, которые намеревался представить ученому миру. И он, конечно, совершенно недооценивал силу критического отпора, который должен был последовать, ведь «старые идеи» оставались в силе намного дольше ближайшего десятилетия.

По другому письму к тестю можно судить об ответе Вегенера на критику в Германии, последовавшую сразу же после первой мировой войны:

«Письмо профессора П. типично! Он не позволит учить себя. Эти люди, кичащиеся тем, что имеют дело только с фактами, и не желающие ничего знать ни о каких гипотезах, на самом деле насквозь пропитаны ложной гипотезой!.. В его письме нет и намека на стремление проникнуть в суть вещей, он лишь наслаждается, пытаясь втиснуть в рамки нестандартное мышление других людей. Подобным лицам никогда не будет дела до кардинального пересмотра идей. Вызубри они теорию перемещения континентов в школе, они всю жизнь поддерживали бы ее, включая и отдельные ошибочные положения, также без всякого понимания, как теперь поддерживают идею погружения континентов в океан...»²⁵

Это письмо выдает раздражение Вегенера против того, в чем он, вероятно, видел неисправимый консерватизм и сопротивление новым идеям со стороны многих видных геологов. На протяжении 1920-х годов его раздражение, должно быть, увеличивалось по мере того, как научный мир все шире знакомился с его работой и росла волна оппозиции. Несмотря на это, он не сделал попытки дать сколько-нибудь решительный ответ своим многочисленным критикам в четвертом издании книги, возможно, потому, что в конце 1920-х годов был сильно загружен административными обязанностями, в особенности организацией роковой экспедиции 1930 г. в Гренландию.

В своем главном ответе, направленном против части критиков, он подчеркнул, что геология представляет собой сложную синтетическую дисциплину, концептуальная модель в которой

должна удовлетворять данным, полученным от обширного круга наук: «Ученые до сих пор так, кажется, в достаточной мере и не поняли, что все науки о Земле должны поставлять данные для расшифровки состояния нашей планеты в давние времена и что только совместный анализ всех этих данных позволит постичь истину». В другом месте книги аналогичное отношение Вегенера к недалеким, пребывающим в шорах представителям ученого сообщества выражено с помощью следующего живописного сравнения:

«Мы подобны судье, перед которым стоит обвиняемый, отказывающийся отвечать на вопросы, и нам надо выяснить правду на основании косвенных улик. Все доказательства, находящиеся в нашем распоряжении, отличаются особенностью такого рода улики. Какого наказания заслуживал бы судья, воспользовавшийся при решении не всеми, а лишь частью доступных данных?»

Ранние сторонники Вегенера

Как ни странно это выглядит в свете дальнейшего развития событий, но если ряд ведущих геологов германоязычных стран, как, например, Динер, Зоргель и Земпер, высказались резко против гипотезы дрейфа континентов, когда она была впервые опубликована, то геофизики, по крайней мере некоторые из них, отнеслись к ней доброжелательно. 24 сентября 1912 г. Кёппен писал своей дочери: «Вчера во время Международной геодезической конференции я говорил о континентальной гипотезе Альфреда с геодезистами Хельмертом, Альбрехтом и Фёрстером. Приятно было услышать, насколько серьезно они относятся к ней. Старина Альбрехт в особенности считает, что это очень интересная идея, заслуживающая всесторонней проверки»²⁶. Если и не активная поддержка, то по крайней мере доброжелательный интерес сохранялся у геофизиков германоязычных стран и в годы после первой мировой войны. Познакомимся, например, с отрывком из письма Миланковича к Вегенеру, знакомство которых состоялось на базе общего интереса к вопросам палеоклиматологии; пристрастие Миланковича к теоретической физике хорошо известно.

«Я до сих пор под впечатлением от Вашего блестящего доклада. Такое сильное впечатление объясняется тем, что он был строго построен и содержал лишь самые важные факты. Вы же сами сказали, что меня будто бы легко убедить. С таким фактическим материалом, объединенным столь всеобъемлющей идеей, — конечно! Меня ни в малейшей степени не смущает то, что не все геологические дета-

ли одинаково легко вписываются в Вашу картину. Не больше это должно беспокоить и тех, кто занят исследованием механизма сложных природных явлений. Те же, кто всю жизнь тратит на сбор и описание фактов, не способны заглянуть глубже этих фактов; они видят лишь то, что лежит на поверхности. Если увидите, что убедить эмпириков намного труднее, чем занимающихся точными науками, — это не должно Вас обескураживать, совсем наоборот»²⁷.

Число сторонников мобилизма в разных его вариантах, которые решились выступить в печати, было, как и следовало ожидать, очень невелико. Примечательно, однако, что среди них имелся ряд выдающихся ученых того времени. На швейцарских, французских и датских геологов — специалистов в области структурной геологии и тектоники, работавших соответственно в Альпах, марокканском Атласе и Индонезии, — большое впечатление произвел размах движений земной коры, зафиксированный в опрокинутых и лежащих складках, а также в тектонических покровах.

Самым крупным из них был швейцарский геолог Эмиль Арган (1879—1940), один из главных авторов теории покровного строения Альп. Свои взгляды по этому вопросу Арган изложил в 1922 г. в докладе на 13 сессии Международного геологического конгресса в Брюсселе. В опубликованном виде²⁸ — это синтез глобальной тектоники, в котором история развития земной коры рассматривается с позиций «мобилизма», противопоставленного «фиксизму». Арган положительно расценивал идеи Вегенера о плавающих континентах и пластической реакции материала горных пород на длительно действующие напряжения. Фиксизм он вообще считал неадекватной теорией, тогда как к мобилизму Вегенера относился как к всеобъемлющей теории, опирающейся на внушительную сумму разнообразных данных, которую он и сам пополнил многими деталями, почерпнутыми из его исследований в складчатых горных системах. Арган отметил также, что Вегенер поднял много важных вопросов, от которых его оппонентам не удалось отделаться поверхностными объяснениями.

Соединенные Штаты Америки быстро сделали и долго оставались центром сильнейшей оппозиции гипотезе дрейфа континентов. Поэтому известному американскому геологу Р. А. Дэли (1871—1957) пришлось, очевидно, проявить немалую смелость, отстаивая позиции мобилизма в книге «Наша мобильная Земля»²⁹. Полностью разделяя взгляды о существовании дрейфа, Дэли в то же время высказал серьезные сомнения в правильности предполагаемого механизма и предложил альтернативное объяснение, согласно которому континенты скользят в горизонтальной плоскости под действием силы тяжести, обусловленной

вздутием в полярных и экваториальной областях с депрессиями между ними. Свои построения он назвал гипотезой «соскальзывания» или «сползания».

«Континенты, по-видимому, соскальзывают по уклону вниз, подталкиваемые единственно силой тяжести; горные сооружения являются, по-видимому, результатом грандиозного медленного *сползания*. Каждая горная цепь при своем образовании испытывала смятие у основания блока коры континентальных размеров, которое расположено не вполне горизонтально, но с небольшим наклоном».

Предполагалось, что этот наклон образуется за счет сжатия (контракции) и изменения скорости вращения земного шара, а также размыва суши, ведущего к увеличению нагрузки на площади морских впадин. Однако искажение формы само по себе не приведет к скольжению континентальных масс, если только внешний, прочный край коры не подстластается более податливым слоем. Между прочим, эти понятия — относительно ослабленный глубинный слой и поверхностный более прочный слой — сравнимы с астеносферой и литосферой в современных концепциях.

В соответствии с ранними взглядами Дэли, скольжение континентов происходило на протяжении всей геологической истории и вызывало формирование крупных горных хребтов. Он полагал, что к позднему палеозою, после длительного процесса движения и роста, все массивы суши объединились в один суперконтинент, который в мезозое начал снова раскалываться. Это предвосхищало современные взгляды на историю формирования Пангеи — вопрос, который Вегенером не рассматривался.

Позже Дэли в значительной степени отошел от своих ультрамобилистских представлений 1920-х годов, но сохранил веру в горизонтальное скольжение как главную причину горообразования.

В Великобритании выдающийся геолог-теоретик Э. Б. Бейли одобрительно отнесся к гипотезе дрейфа, так как она хорошо объясняла сходство и пересечение каледонских и варисских складчатых поясов на противоположных берегах Северной Атлантики. Более заметную роль в развитии гипотезы дрейфа сыграл другой британский геолог — Артур Холмс, который значительно усилил ее, предложив гораздо более правдоподобный по сравнению с тем, что было у Вегенера, механизм перемещения континентов³⁰.

Помимо работы по созданию абсолютной шкалы геологического времени, о которой говорилось в гл. 4, известность Холмсу принесли также его исследования по петрологии изверженных пород; в 1925 г. он был назначен заведующим кафедрой геологии Даремского университета. В докладе, прочитанном им на засе-

дании Геологического общества Глазго в 1928 г., особое место было отведено термальному эффекту радиоактивности. Расширенный вариант доклада, опубликованный через три года³¹, оказал на удивление пророческим.

В модели Земли, предложенной Холмсом, различались верхний, промежуточный и нижний слои, сложенные соответственно породами гранитного, диоритового и перидотитового (включая эклогиты) состава. В состав *коры* входили верхний и промежуточный слои, а также верхняя, кристаллическая часть нижнего слоя, а к *субстрату* относилась нижняя часть нижнего слоя (вещество со стекловатой структурой или разогретый «флюид»). Основание (фундамент) осадочного слоя океанического дна сложено плутоническими породами, по химическому составу эквивалентными базальту и известными как габбро или амфиболит (метаморфический эквивалент габбро).

К концу 1920-х годов стало ясно, что обычной вулканической деятельности недостаточно для выноса к земной поверхности того количества тепла, которое, судя по расчетам, генерируется за счет радиоактивности в субстрате. Эти данные становились понятнее, если допустить существование в субстрате конвективных течений; поднимаясь под континентами, они могли бы служить причиной их дрейфа. При высоких температурах, подчеркнул Холмс, прочность вещества быстро уменьшается, и субстрат, следовательно, не должен обладать прочностью в противоположность тому, что утверждал Джеффрис. Критический градиент, при котором должна начаться конвективная циркуляция, оценивался величиной около $3^{\circ}\text{C}/\text{км}$, расчеты же позволяли думать, что вязкость субстрата не настолько велика, чтобы препятствовать конвекции.

Вследствие вращения Земли восходящие потоки отклонялись бы к западу, а нисходящие — к востоку. Характер распределения континентальных блоков и пространств с океаническим дном наводил на мысль о существовании конвективных течений «муссонного типа». Поскольку радиоактивность горных пород на континентах выше (благодаря повышенной концентрации урана и тория в гранитах), то и температура под ними должна быть выше, чем под океанами. Конвективные потоки поэтому должны идти вверх под континентами и растекаться во все стороны по направлению к их периферии. В континентальной коре над теми участками, где происходит подъем и расщепление потоков, возникнет обстановка растяжения; фрагменты коры в конце концов будут разорваны и растащены в стороны, а образованная в промежутке между ними впадина отрыва, проседая, превратится в новый океан, в котором и будет происходить вынос избыточного тепла.

Вследствие дифференциального течения материала в разных горизонтах верхнего (гранитного) слоя коры его толщина уве-

личивается перед препятствием в виде океанического дна, где происходит нагнетание материала. Утолщение коры у фронтальных краев движущихся континентов вызывает образование гор. Легкие корни гор не могут погрузиться и начинают плавиться с образованием андезитов и ассоциирующихся с ними вулканических пород типа тех, которые столь обычны для так называемого «огненного кольца» в обрамлении Тихого океана. При таком механизме горообразования, увязанного с дрейфом континентов, удастся избежать тех трудностей, с которыми сталкивался Вегенер, допуская, что «сима», будучи менее прочной, чем движущийся в ней «сиаль», способна тем не менее вызвать противодействие движению. В соответствии с механизмом, предложенным Холмсом, горообразование происходит неизбежно при условии, что горизонтальная составляющая течения горных пород сюда больше, чем спереди.

Холмс рассмотрел также ряд других геологических следствий, указав, что в рамках его гипотезы надежное объяснение получают такие важнейшие феномены, как геосинклинали или рифтовые долины Восточной Африки.

Южная Африка была родиной одного из ведущих полевых геологов того времени — Алекса Дю Тойта (1878—1948). Располагая внушительным запасом знаний по геологическому строению родной страны, он был к тому же поражен замечательным сходством геологии палеозоя и мезозоя Южной Африки и восточных районов Южной Америки. Вегенер познакомился с большой статьей Дю Тойта на эту тему, опубликованной в 1927 г., и с восхищением отозвался о ней в четвертом издании своей книги. Дю Тойт стал основным последователем Вегенера и до самой смерти неустанно возвращался к обсуждению теории дрейфа. Наибольшую известность принесла ему книга «Наши блуждающие континенты»³².

Дю Тойт добавил ряд интересных новых соображений и представил множество данных в поддержку дрейфа, в первую очередь относящихся к сравнению геологического строения южных континентов, о которых европейские и североамериканские геологи имели в основном смутное представление. Особенно ценными оказались его усилия, направленные на то, чтобы устранить некоторые из слабых сторон в построениях Вегенера, таких, например, как оттягивание момента окончательного отделения Северной Америки от Европы до позднего плейстоцена, исходя из схождения конечных морен. Он постарался добиться более точного совпадения континентов, совмещая края шельфа. В связи же с часто предъявляемой Вегенеру претензией в том, что его гипотеза не в состоянии объяснить образование дотретичных горных поясов, Дю Тойт высказал соображение, согласно которому ка-

ледонский и варисский эпизоды горообразования были вызваны также дрейфом континентов определенного типа.

Не принимая идеи Вегенера о едином суперконтиненте Пангея, Дю Тойт отстаивал существование двух — северного и южного суперконтинентов (Лавразия и Гондвана), разделенных с позднего палеозоя морским бассейном Тетис (термин Зюсса); сплошность последнего была нарушена только в третичное время, когда Африка и Индия сместились к северу по направлению к Европе.

Реконструкция Гондваны получилась, несомненно, более точной, чем это удалось Вегенеру. Да и в других вопросах Дю Тойтом сделано очень много, причем в некоторых случаях он оказался необычайно прозорливым. Так, его утверждение, что поворот Пиренейского полуострова в эоцене в направлении против часовой стрелки привел к раскрытию Бискайского залива и вызвал сжатие (смятие в складки и надвигание) в Пиренеях, очень точно предвосхитило современные взгляды, основанные на значительно более полных данных.

Сообщество биогеографов, похоже, разделилось на две группы — сторонников идеи континентальных мостов (упорно сохранявшейся, несмотря на неотразимую критику Вегенера) и сторонников дрейфа. Среди последних с наибольшим расположением к дрейфу относились, по-видимому, европейские фитогеографы. И вероятно, ведущей фигурой среди тех, кто сделал выбор в пользу дрейфа, опираясь прежде всего на характер распространения *глоссоптериевой* флоры, был британский палеофитолог Э. Сьюард. В 1924 г. в президентском обращении к Лондонскому геологическому обществу он заявил следующее:

«Хотя в стремлении воссоздать Гондвану Вегенера я едва ли мог рассчитывать на чью-либо поддержку, мне доставило удовольствие признание доктора Дю Тойта, что современные Южная Америка, Южная Африка, Индия и Австралия являются частями древних, впоследствии разорванных континентов...»

В 1929 г. также в президентском обращении к секции А (ботаники) Британской ассоциации он подтвердил свое благожелательное отношение к идее дрейфа. Со временем его убеждение еще более окрепло и получило дальнейшее развитие в книге «Растительная жизнь в истории Земли», изданной в 1931 г. Особенно большое впечатление на него производила связь *глоссоптериевой* растительности с гондванскими ледниковыми отложениями. Решительными сторонниками дрейфа стали впоследствии и некоторые из студентов Сьюарда, выросшие в видных ботаников и палеоботаников, и среди них прежде всего Б. Саани и Р. Гуд.

Дальнейшая критика гипотезы дрейфа

Совместные усилия Холмса и Дю Тойта, первым из которых был предложен удовлетворительный механизм, а вторым собран целый арсенал новых, подкрепляющих идею данных, казалось бы, должны были как минимум привести к тому, чтобы к началу второй мировой войны общее мнение начало склоняться в пользу Вегенера. Тем более, что открытие радиоактивности нанесло жестокий удар старой ортодоксальной модели остывающей и сжимающейся Земли, а с другой стороны, геологи больше не могли ссылаться на незнание южных континентов с их удивительно широко распространенными толщами тиллитов, свидетельствующими о гигантских размерах оледенения в позднем палеозое.

На деле же все обстояло совсем наоборот: общее отрицательное отношение к идее дрейфа, по-видимому, лишь окрепло. В ходе дискуссии на заседании Географической секции Британской ассоциации в 1931 г. Джеффрис критически отозвался о конвекционной гипотезе Холмса:

«Я постарался вникнуть в теорию профессора Холмса о подкорковых течениях, но не нашел критериев, которые могли бы служить решительным свидетельством «за» или «против». Насколько я могу понять, в ней нет ничего в основе своей невозможного, но сочетание условий, которое требуется для того, чтобы механизм работал, скорее относится к разряду счастливых случайностей... Ибо для успеха теории необходимо, чтобы течения двигались в том же направлении, что и участки коры континентальных размеров, т. е. возникающая неустойчивость должна соответствовать возмущениям только низкого порядка и ничему другому».

Кажется вполне вероятным, хотя мы и не можем это проверить, что при огромном престиже Джеффриса как геофизика любое брошенное им слово критики обладало соразмерно большим весом.

В 1943 г. американский палеонтолог Дж. Симпсон³³ отметил почти единодушное отрицательное отношение палеонтологов к идеям Вегенера. В том, что касалось ископаемых млекопитающих — его собственного поля деятельности, он высказался вполне категорично: «Современное и известное нам в прошлом распространение млекопитающих нельзя объяснить с помощью гипотезы дрейфа континентов... Особенности распространения млекопитающих безоговорочно поддерживают гипотезу, согласно которой континенты оставались на месте в течение всей истории существования млекопитающих».

Симпсон подверг критике интерпретацию и Вегенера, и Дю

Тойта, в частности их вывод об изоляции Мадагаскара в результате дрейфа. Энергично и убедительно написанная статья Симпсона, похоже, пользовалась в Америке большой популярностью, тем более что ему удалось избавиться от обязательной альтернативы — либо континентальные мосты, либо дрейф — в пользу идеи о случайных перебросках животных через океан³⁴, которые он назвал «дорогами удачи»*.

Всегда, конечно, существовало какое-то число биогеографов, которые принимали дрейф, но их материалы и аргументация часто оказывались невысокого качества и не воспринимались серьезно большинством палеонтологов. В 1949 г. в Нью-Йорке состоялся симпозиум, организованный Обществом изучения эволюции, материалы которого были опубликованы через три года в бюллетене Американского музея естественной истории. Задача симпозиума заключалась в обсуждении проблемы сухопутных связей через Южную Атлантику. Из 17 участников лишь трое высказались в поддержку дрейфа.

Почтенный, всеми уважаемый Бейли Уиллис был еще открывеннее, чем Симпсон:

«Должен признаться, что мой разум отказывается допустить возможность дрейфа континентов. Эта позиция основана не на внезапном импульсе. За ней 20 лет изучения проблемы палеосвязей между континентами, которая рассматривалась Вегенером, Тэйлором, Шухертом, Дю Тойтом и другими; я делал это с совершенно определенным намерением отнестись внимательно к каждой гипотезе, способной объяснить проверенные факты. Но когда в наше распоряжение попадают решающие данные, с полной очевидностью противоречащие той или иной гипотезе, нам остается, как я считаю, лишь отбросить такую гипотезу, так как продолжать спорить о ней — значит загромождать литературу и затуманивать мозги нашим собратьям по науке... Нельзя рассчитывать, чтобы ученые, не являющиеся геологами, полагали, что геология, на базе которой поборники этой теории основывают свои допущения, архаична не менее, чем была архаична физика до работ Кюри. Вегенер и его последователи — ученики Эдуарда Зюсса, главы европейской школы геологов. Я хорошо знаком с ним: очаровательный, добродушный немец, который не совершал далеких путешествий, а обобщал наблюдения других исследователей, сооружая из них спекулятивные теории, касающиеся лика Земли. Он обладал потрясающей эрудицией, память его была превосходна; сила воображения великолепна, но крити-

* Sweepstakes routes — буквально «дороги тотализатора», «дороги игрока на скачках». — Прим. перев.

ческий дар у него полностью отсутствовал. И если в его голове возникала какая-нибудь фантастическая концепция, она застревала там слишком крепко, чтобы от нее можно было избавиться.

Такой концепцией стал материк Гондвана, протягивавшийся от Ост-Индии на запад до Тихого океана, включавший Индию, Африку и Южную Америку и располагавшийся на месте современных океанов. На самом деле его не существовало...

Теория дрейфа континентов — это, следовательно, волшебная сказка, ein Märchen. Это захватывающая воображение, очаровательная фантазия»³⁵.

Лишь уверенность в широкой поддержке позволила Уиллису выступить в печати в таком экстремистском и покровительственном духе. И даже в 1950 г. в хвалебном некрологе Дю Тойту Дживерс посчитал для себя необходимым наполовину отмежеваться от ереси:

«Несмотря на усердные и доблестные старания Дю Тойта и других ученых, в последние годы наметился явный отход общего мнения от гипотезы дрейфа континентов... Чем сильнее негодование, вызываемое в ортодоксальных умах революционными ересями, тем больше они привлекают к себе недоброжелательного внимания. Это в свою очередь снова и снова возбуждает рвение еретиков и их последователей... Однако в последнее время препятствия на пути гипотезы дрейфа континентов все более отчетливо выявляются даже в том, что раньше, казалось, свидетельствовало в ее пользу»³⁶.

Новые исследования в области геофизики и океанографии

После второй мировой войны благодаря применению в геофизических исследованиях новых, более тонких методов начался радикальный пересмотр представлений о Земле, приведший в конце концов к фундаментальной перестройке мышления с переходом от фиксистских взглядов к мобилистским. Наиболее заметный толчок дали резко возросшие работы по изучению магнитных свойств горных пород.

Знакомство с магнитными свойствами горных пород восходит к античному времени, однако ничего существенного в этой области не было сделано вплоть до работ Брюнеса в начале XX в. Им и его последователями было установлено, что: а) намагниченность современных лав ориентирована в соответствии с современным магнитным полем Земли; б) лавы третичного возраста на-

магничены или приблизительно в соответствии с ориентировкой современного магнитного поля, или в обратном направлении; в) намагниченность более древних лав часто ориентирована под большими углами к направлению современного поля³⁷. Примечательно, что этим любопытным и, судя по всему, заслуживающим внимания явлениям так долго не придавали почти никакого значения.

Решительный перелом в исследованиях был связан с созданием британским физиком П. Блэкеттом высокочувствительного магнитометра, который существенно расширил возможности изучения образцов горных пород.

Намагниченность горных пород — это на самом деле магнетизм ископаемого постоянного поля, который может служить чем-то вроде компаса для определения направления этого древнего палеомагнитного поля. Метод исследования основан на допущении, что геомагнитное поле имеет дипольный характер с осевым диполем, расположенным в центре Земли. Ориентированные образцы некоторых типов горных пород дают информацию о направлении поля (указывая направление на полюс) и широте в том случае, если с помощью чувствительного магнитометра определен угол склонения D и угол наклонения I . Широта L вычисляется по простой формуле:

$$\operatorname{tg} I = 2\operatorname{tg} L^*.$$

Для определения пригодны лишь некоторые типы пород. В базальтовых лавах много железа, и они приобретают намагниченность того поля, в котором они охлаждаются и кристаллизуются после излияния на поверхность, проходя через точку Кюри для минералов окислов железа и титана.

В достаточном количестве окись железа содержится также в некоторых осадочных породах, таких, как красноцветные песчаники, которые могут поэтому приобретать заметную намагниченность. До сих пор не вполне ясно, как происходит намагничивание таких песчаников. Зерна минералов окиси железа в какой-то мере, возможно, ведут себя как крошечные магнитики и при осаждении ложатся в направлении магнитного поля. Но намагничивание может происходить и после седиментации во время процесса химического и физического преобразования осадка, известного под названием диагенеза.

Фундаментальное допущение об осевой природе магнитного поля оправдано и с теоретических, и с экспериментальных позиций. Оно согласуется с широко признанной теорией геомагнитного поля, выдвинутой В. М. Эльзассером и сэром Эдвардом Бул-

* В оригинале опечатка, формула там выглядит так: $\operatorname{tg} I = \operatorname{tg} L$. — Прим. перев.

лардом, согласно которой жидкое, обладающее электропроводностью внешнее ядро Земли действует как самовозбуждающаяся динамо-машина. Хотя в настоящее время магнитная ось на несколько градусов отклоняется от оси вращения (географической оси), но в среднем, за время в несколько тысяч лет, они фактически совпадают. Более того, палеомагнитные определения на образцах лавы за последние приблизительно 10 млн. лет (т. е. за позднечетвертичное время) показывают, что положение географического Северного полюса статистически не отличается от современного.

К середине 1950-х годов многообещающие результаты были получены группами ученых Кембриджа и Импириал-колледжа в Лондоне. Кембриджская группа, и прежде всего С. К. Ранкорн, К. М. Крир и Э. Ирвинг, изучила образцы европейских пород в широком возрастном диапазоне и смогла показать закономерное изменение со временем положения Северного полюса для допозднечетвертичного времени начиная с позднего докембрия, когда он находился в районе Гавайских островов. Сопоставимые результаты для других континентов были получены группой Блэккетта в Импириал-колледже.

Так как разница с современным положением была не случайной, а систематической и показывала увеличение угла отклонения полюса со временем, из этих данных следовал вывод о миграции либо полюсов, либо континентов. Достоверность палеомагнитных определений может быть проверена независимо с помощью геологических и палеонтологических данных о палеоклимате. Так, присутствие мощных пластов угля и коралловых известняков в каменноугольных, а эвапоритов и пустынных песчаников в пермских отложениях Европы согласуется с палеомагнитной оценкой широты для этого времени приблизительно между 20° с. ш. и 20° ю. ш. Также и позднепалеозойские ледниковые отложения Австралии согласуются с определенными для нее высокими палеоширотами.

Таким образом, новые геофизические материалы вроде бы эффектно подтверждали заключение Вегенера о миграции полюсов, основанное на геологических данных о палеоклимате. Правда, в течение нескольких лет было не ясно, перемещался ли полюс одинаково по отношению к каждому из континентов (миграция полюса), или же для разных континентов характерны разные траектории, что указывало бы на движение континентов относительно друг друга (дрейф континентов). Первые результаты, недвусмысленно указывающие на то, что траектории не для всех континентов совпадают, были получены Ранкорном³⁸ для Европы и Северной Америки. Пути перемещения полюсов, вычисленные для обоих этих континентов, обнаруживали заметную систематическую разницу: для докембрия и па-

леозоя Северной Америки путь проходил приблизительно на 30° западнее. После триаса разница исчезала. Ранкорн обратил внимание на то, что аномалию можно устранить, допустив, вслед за Вегенером, прилегание Северной Америки к Европе в результате закрытия Северной Атлантики. Получалось, кроме того, что континенты раздвинулись когда-то в промежутке между триасом и современной эпохой.

Хотя Ранкорн, как и вообще все британские геофизики, воспитывался на убеждении в невозможности дрейфа континентов, он быстро изменил позицию и активно занялся дальнейшей разработкой этой фундаментальной идеи Вагенера. Новые результаты были встречены с изрядной долей скептицизма, но недоверие вскоре рассеялось, во всяком случае в Великобритании, когда Блэкетт с сотрудниками³⁹ собрал данные по всему земному шару и представил их в виде, ясно указывавшем на реальность дрейфа. Особенно убедительными оказались результаты по южным континентам и Индии. При их современном расположении траектории перемещения полюсов выглядели бессмысленными, но все становилось на свои места при реконструкции Гондваны в том виде, как это делал Дю Тойт.

Другая важная задача в области исследования магнитных свойств горных пород касалась так называемых магнитных инверсий. В течение 1950-х годов Дж. Хосперс из Кембриджа, работая с молодыми лавами Исландии, обнаружил большое количество примеров, когда при переходе от пласта к пласту Северный полюс переворачивался в направлении Южного и наоборот. Последовала долгая дискуссия о природе этих изменений: отражают ли они инверсии магнитного поля Земли, или каким-то образом связаны с минералогическими свойствами пород? Тот факт, что автоинверсия в горных породах необычайно трудно поддается экспериментальному воспроизведению, а также то, что направление намагниченности сохраняется в совершенно различных, но близко расположенных породах, свидетельствуют в пользу первого из указанных объяснений.

Убедительное подтверждение принесли выполненные в 1960-х годах определения возраста лав по продуктам радиоактивного распада калия-40. Было обнаружено, что разновозрастные породы в далеко отстоящих друг от друга районах земного шара намагничены в одном и том же направлении. Не считаться с этими результатами было уже не так просто, как с отдельными случайными явлениями. Выяснилось, что последняя инверсия магнитного поля Земли произошла около 1 млн. лет назад, а предшествовавшая ей инверсия отстояла от нее еще на 1,5 млн. лет.

Какое отношение это имеет к дрейфу континентов, оставалось вначале неясно, но ответ вскоре был найден в результате океанографических исследований.

Одна из важных причин, по которой дебаты довоенного времени не привели к определенному решению, заключалась в нашем почти полном неведении о том, что представляет собой дно океана, занимающее вместе с площадью внутренних морей не менее 70% поверхности планеты. Огромные успехи послевоенных геологических и геофизических исследований в океанах явились результатом вложения крупных средств (в значительной мере американцами) и применения новой техники.

Вновь созданное оборудование для акустического зондирования позволило провести гораздо более полное, чем это было возможно раньше, изучение топографии морского дна. Работами 1950-х годов было установлено существование глобальной системы срединно-океанических хребтов, включая Срединно-Атлантический хребет и хуже выраженное в рельефе Восточно-Тихоокеанское поднятие. По относительной высоте эти хребты сопоставимы с высокими горными хребтами на суше, во многих местах они смещены трансформными разломами. В гребневой части Срединно-Атлантического хребта и хребта Карлсберг в Индийском океане была установлена депрессия, протягивающаяся, по-видимому, через Аденский залив в систему Восточно-Африканского рифта. Эта срединная долина трактовалась американским океанографом Б. Хизеном как рифтовая структура растяжения, протянувшаяся через весь Мировой океан на расстояние 35 000 миль.

Новые методы отбора керна глубоководных осадков и драгирования пород с обнаженных эскарпов в срединно-океанических хребтах привели к открытию такого важного обстоятельства, как отсутствие в океанах, за исключением нескольких островов Сейшельского архипелага, изверженных пород гранитного ряда. Повсеместно встречались породы основного и ультраосновного состава, иногда метаморфизованные, такие, как базальты, габбро, амфиболиты и серпентиниты. Больше того — несмотря на тщательные исследования, нигде не удалось обнаружить осадочных пород древнее середины мела. Это казалось особенно удивительным, так как, встав на общепринятую точку зрения о древности океанов, следовало бы ожидать, что в них обязательно должны быть места с выходами на поверхность или неглубоким залеганием пород древнее мела.

Геофизическое изучение строения океанической коры выполнялось одновременно гравиметрическими и сейсмическими методами. Использование метода преломленных волн позволило определить мощность коры и, косвенным образом, ее плотность. Вскоре после второй мировой войны выяснилось, что океаническая кора принципиально отличается от континентальной. Та и другая подстилаются более плотным материалом, вероятно сходным с ультраосновной изверженной породой — перидоти-

том; его стали называть не субстратом, а мантией. Для океанической коры имелись серьезные основания принять базальтовый или габбровый состав, мощность же ее оказывалась в три раза меньше средней мощности «гранитной» континентальной коры. Какие-либо указания на погруженные континенты отсутствовали.

К концу 1950-х годов стало очевидно, что пришло время для выдвижения новых идей. Для будущего развития науки о Земле совершенно исключительную роль сыграла идея, выдвинутая геологом Принстонского университета Гарри Хессом (1906—1969) и названная Р. С. Дитцем гипотезой спрединга⁴⁰.

Хесса отличало редкое в одном лице сочетание блестящего ученого и умелого администратора. Благодаря второму своему качеству он стал в итоге председателем Комитета космических исследований Национальной Академии наук США и в течение некоторого времени был главным неправительственным советником по вопросам научного исследования планет. Широкую известность ему как ученому принесли работы в области петрологии изверженных пород и минералогии со специальным упором на ультраосновные породы. Его работы явились стимулом для постановки геологических исследований в Карибском бассейне и для изучения поля силы тяжести под глубоководными желобами Тихого океана.

Во время войны, будучи капитаном военно-транспортного судна, Хесс проводил систематическое эхолотирование дна Тихого океана, которое привело к открытию удивительных плосковершинных подводных гор, названных им гийотами; он правильно интерпретировал их как глубоко погруженные вулканические острова. Его имя неразрывно связано с Проектом Мохол — программой бурения в океане до мантии; она была отвергнута конгрессом из-за высокой стоимости, но не раньше, чем была установлена осуществимость бурения в глубоких водах. Естественным преемником Проекта Мохол стал амбициозный и плодотворный Проект глубоководного бурения.

Идеи Хесса впервые увидели свет в форме препринта в 1960 г., в печати его статья появилась двумя годами позже⁴¹. Главная заслуга Хесса состоит в том, что он свел воедино несравнимые, казалось бы, факты: очевидную молодость океанического дна; систему циркумтихоокеанских островных дуг и желобов, подчеркнутую многочисленными вулканами и расположением очагов сильных землетрясений, наводящими на мысль о разрывах, погружающихся до больших глубин в сторону от океана; протяженную систему срединно-океанических хребтов с их сейсмичностью, высокими значениями теплового потока, локальным вулканизмом и осевым рифтом, свидетельствующим о растяжении.

Он считал, что океаническое дно образуется в срединно-океанических хребтах, перемещается в результате спрединга по направлению к желобам и там погружается вниз, в мантию. Затем он связал свою модель спрединга с дрейфом континентов, предположив, что континенты также перемещаются в ходе этого процесса, движущей силой которого служат конвективные течения в мантии, — та самая идея, о которой давно уже говорили Холмс и Фишер. По словам Хесса,

«фронтальные края континентов испытывают сильную деформацию, наталкиваясь на движущийся вниз поток конвектирующей мантии. Восходящие потоки под континентальными площадями растаскивают расколотые части в стороны с одинаковой скоростью, благодаря чему и образуются в полном смысле слова срединные хребты, например в Атлантическом океане... Чехол океанических осадков и вулканические подводные горы также затягиваются в перемалывающие челюсти нисходящего потока, подвергаются метаморфизму и, в конце концов, вероятно, припаиваются к континентам».

В другой цитате говорится о связи с дрейфом:

«Срединно-океанические хребты — это, вероятно, следы восходящих ветвей конвективных ячеек, тогда как Циркумтихоокеанский пояс деформации и вулканизма представляет собой нисходящие ветви. Срединно-Атлантический хребет является срединным, потому что континентальные площади по обеим его сторонам отделяются от него с одинаковой скоростью... Это не вполне соответствует дрейфу континентов. Континенты не вспарывают океаническую кору наподобие плуга, приводимые в движение неизвестными силами, а пассивно переносятся на вещество мантии, которое поступает на поверхность в гребневой части срединно-океанических хребтов и движется по горизонтали в стороны от них».

Подтверждение идеи о спрединге

В 1963 г. выпускник Кембриджского университета Фред Вайн воспользовался гипотезой Хесса для объяснения загадочных полосовых магнитных аномалий, вытянутых параллельно хребту Карлсберг в Индийском океане. Такого рода аномалии впервые были выявлены и закартированы в северо-восточной части Тихого океана В. Вакье, А. Раффом и Р. Мейсоном. Там они располагались в виде полос, параллельных гребню Восточно-Тихоокеанского поднятия, и предположительно отражали местонахождение удлиненных тел магнетитсодержащих пород, скорее всего базальтов, которые по характеру намагниченности резко конт-

растировали с породами, прилегающими к ним с запада и востока.

Хотя однозначная интерпретация этих таинственных полос отсутствовала, тем не менее казалось, что они указывают на чередование блоков пород с высокой и низкой магнитной восприимчивостью. Рафф и Мейсон⁴² скептически относились к разнообразным толкованиям, связывавшим происхождение этих полос с топографическими, петрологическими или термальными вариациями. Аномалии Тихого океана оказались в начале 1960-х годов в центре внимания, собственно, потому, что они давали материал для заключения о гигантских горизонтальных смещениях участков океанического дна по зонам разломов.

Незадолго до появления статьи Раффа и Мейсона была предложена интерпретация магнитных аномалий Красного моря, которые объяснялись явлением остаточной и обратной намагниченности⁴³. Хотя Р. Гирдлер, главный автор этого исследования, был первым, кто рассматривал Красное море как вновь раскрывающийся, зарождающийся океан, определенным образом связанный с рифтовой системой Восточной Африки, Аденского залива и Индийского океана, он не старался привести глобальные инверсии в соответствие со спредингом с целью объяснения рисунка аномалий в океане.

Это принципиальное открытие было сделано независимо Вайном и Лоренсом Морли, работавшими в Геологической службе Канады⁴⁴.

Выпускник Кембриджа, Вайн симпатизировал идее дрейфа. Он присутствовал на лекции Хесса в январе 1962 г., когда тот излагал свою гипотезу. Его исследования получили поддержку со стороны сэра Эдварда Булларда, главы факультета⁴⁵, лишь недавно признавшего идею дрейфа, и непосредственного руководителя Вайна — Драммонда Мэтьюса, который хорошо разбирался в относящихся к этой теме вопросах.

Именно Мэтьюс предложил Вайну детально изучить относительно небольшую площадь в пределах хребта Карлсберг в северо-западной части Индийского океана. Вайн обнаружил, что его модель, рассчитанная на ЭВМ, хорошо согласуется с картиной распределения магнитных аномалий, и это побудило его опубликовать совместно с Мэтьюсом знаменитую статью в журнале «Нэйче»⁴⁶. Базальты, внедряясь по вертикальной плоскости в зону осевого рифта океанических хребтов и остывая ниже точки Кюри, приобретают намагниченность существующего магнитного поля, прямого или обратного. Следующее внедрение заставляет ранее образованные базальты раздвигаться в стороны от гребня хребта. Периодические инверсии магнитного поля вызывают изменение «росписи» базальтов. По словам Вайна и Мэтьюса, гипотеза «находится в согласии или, вернее, является непо-

средственным следствием современных идей о спрединге и периодических инверсиях магнитного поля Земли. Если главный слой океанической коры формируется у оси океанического хребта за счет восходящих конвективных течений в мантии, то он должен намагничиваться в направлении существующего поля Земли. Из предположения о непостоянстве океанического дна следует, что вся океаническая кора относительно молода, вероятно не древнее 150 млн. лет; она обладает прямой или обратной по отношению к современному полю Земли остаточной термонамагниченностью. Итак, если спрединг действительно имеет место, то перемежающиеся блоки с прямой и обратной намагниченностью должны дрейфовать в сторону от оси хребта».

В рассматриваемой гипотезе таились исключительно многообещающие возможности: фактически в нашем распоряжении оказалась «магнитная запись», с помощью которой можно определить скорость движения ленты океанского конвейера при условии, конечно, создания точной хронологической шкалы магнитных инверсий. Картирование системы магнитных аномалий океанического дна позволило бы реконструировать многие черты новейшей истории океанов.

Однако, несмотря на всю свою элегантность, гипотеза натолкнулась на барьер безразличия и недоверия; ей все еще не хватало фактического обоснования. Мэтьюс и тот поначалу был настроен скептически, и даже у Вайна были сомнения. Он вспоминает разговор во время перерыва у себя на работе в 1963 г.: «Кто-то спросил: «Не знаете, передает ли «Нэйче» поступающие к ним статьи на рецензию, или же они печатают все без разбора?» Я ответил: «Скоро узнаем — я как раз послал им свою статью, и если она пойдет, значит, они печатают все»⁴⁷.

Как бы то ни было, с рецензией или без нее, но «Нэйче» к вящей своей славе статью напечатала. Морли повезло меньше. Аномалии Тихого океана заинтересовали его с другой точки зрения, чем Вайна; он заботился не столько о проблемах спрединга, сколько об использовании геомагнитных инверсий в целях геохронологии. Приводимый ниже отрывок из его письма, направленного в «Нэйче» в феврале 1963 г., ясно показывает, однако, что он пришел к тем же выводам, что и Вайн:

«Если в принципе принять концепцию конвективных мантийных течений, поднимающихся под океаническими хребтами, идущих горизонтально под дном океана и уходящих вниз вблизи океанических желобов, то невозможно уклониться от соображения, что внедряющиеся под океаническими хребтами породы, проходя геотерму, соответствующую точке Кюри, должны намагничиваться в направлении магнитного поля Земли, характерного для этого времени.

Если эта порция пород переместится вверх и затем в сторону, освобождая место для нового материала, и если тем временем произойдет инверсия магнитного поля и тот же процесс будет продолжаться, то это, как резонно заключить, вызовет образование системы линейных магнитных аномалий типа наблюдаемых»⁴⁸.

Рукопись Морли, отвергнутая «Нэйче», в июне 1963 г. тут же была направлена в «Журнал геофизических исследований», где ее постигла та же участь; рецензент журнала дал ей печально известное теперь заключение: «О подобного рода предметах можно побеседовать за коктейлем, но писать об этом не следовало бы».

Вскоре нашелся журнал, согласившийся опубликовать идеи Морли в форме большой статьи, посвященной палеомагнетизму как методу определения возраста геологических событий⁴⁸. На этом его участие в решении данной проблемы кончилось, и собирать подтверждающий материал выпало на долю Вайна. Последний отдавал себе отчет в том, что без более конкретного фактического обоснования его гипотеза в каком-то смысле ставит проблем больше, чем решает, а корректность исходных положений относительно спрединга, глобальных инверсий магнитной полярности и остаточной намагниченности в 1963 г. все еще оставалась под сомнением. Особенно настоятельно требовалось показать, что аномалии действительно располагаются симметрично по обе стороны хребтов и строго параллельно их гребням.

Кроме Вайна изучением магнитных аномалий океанического дна активно занималась еще одна группа ученых на базе Ламонтской геологической обсерватории⁴⁹ Колумбийского университета, штат Нью-Йорк. Стараниями ее энергичного директора Мориса Юинга она превратилась в послевоенные годы в одну из важнейших научных организаций мира по геологическим и геофизическим океанографическим исследованиям. Главное кредо Ламонтской обсерватории — массовый сбор фактических данных и неприязненное отношение к мобилистским взглядам — отражало позицию ее директора. Из постоянного персонала только Брюс Хизен и Нил Олдайк положительно относились к дрейфу континентов. Хизен открыл глобальную рифтовую систему океанических хребтов и интерпретировал ее с позиций модели расширяющейся Земли, согласно которой континентальные массы расколоты при раскрытии Атлантического и Индийского океанов. Что касается Олдайка, который к этому времени решительно утверждался в позиции лидера в вопросах изучения геоматнитных инверсий по керну глубоководных осадков, то он провел несколько лет в качестве аспиранта в лаборатории Ранкорна в городе Ньюкасл-апон-Тайн.

Джим Хейрцлер, Маник Тальвани и Ксавье Ле Пишон изучили обширную площадь океанического дна, установив замечательную симметрию в расположении аномалий в хребте Рейкьянес к югу от Исландии. Однако в статье 1965 г.⁵⁰ они отдают предпочтение фиксистой интерпретации, отвергая гипотезу Вайна — Мэтьюса прежде всего на том основании, что она не объясняла большую разницу в амплитуде аномалий на флангах хребта по сравнению с аномалиями вблизи его оси.

Однако в том же году дело сдвинулось с мертвой точки. Тузо Уилсон, находясь вместе с Хессом в Кембридже, сформулировал свою знаменитую идею о трансформных разломах (см. ниже). Он и Вайн договорились о проведении совместных исследований в хребте Хуан-де-Фука на широте острова Ванкувер, чтобы проверить, соответствует ли рисунок аномалий в этом районе гипотезе Вайна — Мэтьюса, и апробировать тезис о трансформных разломах. Вайн и Уилсон установили, как и предписывалось гипотезой, симметричное расположение аномалий и попытались оценить скорость спрединга с помощью новой хронологической шкалы магнитных инверсий, созданной американскими палеомагнитологами Коксом, Доллом и Далримплом. (Усовершенствованный калий-аргоновый метод определения возраста для лав позволил разработать более точную временную шкалу для последних 3 млн. лет.) Они ввели предположение о неравномерной скорости спрединга, которое, однако, не вполне согласовывалось с внешними особенностями системы аномалий⁵¹. Вайн окончательно поверил в корректность своей гипотезы только в ноябре, когда во время заседания Геологического общества Америки в Канзасе Brent Далримпл сообщил ему о только что открытом событии Джарамилло. По уточненной хронологической шкале получалось, что спрединг в хребте Хуан-де-Фука шел с очень постоянной и гораздо более высокой скоростью.

Несколько месяцев спустя произошла поразительная трансформация взглядов сотрудников Ламонтской группы. Главной причиной послужили результаты изучения магнитных аномалий по необычайно интересному профилю (Элтанин-19) через Тихоокеанско-Антарктический хребет. По словам Уолтера Питмана, в то время еще аспиранта, «это было, как удар молота... Оглядываясь назад, вижу, насколько нам повезло, что мы попали в район, где ничто не препятствовало спредингу. Ни в одном другом месте нам бы не удалось получить такого превосходного профиля. Здесь не было ничего отвлекающего или вводящего в заблуждение. Все сложилось удачно, хотя к тому времени чего только не нагородили по поводу спрединга. Гипотеза Вайна и Мэтьюса казалась мне тогда весьма сомнительной, да и Фред Вайн, по его словам, не был до конца убежден в своей собственной теории, пока не увидел Элтанин-19. Профиль действи-

тельно покорял. Он выглядел именно так, как должен был выглядеть профиль, хотя на деле этого никогда не бывает. С другой стороны, кто-то из познакомившихся с ним заметил: «Следующим шагом Вы подтвердите Вайна и Мэтьюса». Именно это замечание заставило меня перечитать Вайна и Мэтьюса. Мы приступили к изучению профиля Элтанин-19 и увидели, что он очень похож на профиль, опубликованный Вайном и Тузо Уилсоном как раз перед тем, как наши данные вышли из компьютера»⁵².

Собственное независимое открытие события Джарамилло окончательно переубедило сотрудников Ламонтской группы. Вайн сообщил им, что в этом их опередил Аллан Кокс со своими коллегами, когда они работали в Ламонтской обсерватории в феврале 1966 г. Он рассказывает об этом так:

«Уолт [Питман] и Нил [Опдайк] занимались анализом данных в одной комнате. Когда я вошел туда, Нил, согнувшись над столом, составлял — в буквальном смысле этого слова — график, опубликованный в его статье 1966 г. Я отчетливо помню, что все профили Уолта, профили Элтанин-19, были развешаны на стене напротив, и я рассматривал их один за другим. Нил сказал: «Взгляни, Фред, это фантастика — мы открыли одно событие. Мы назвали его так-то». Я ответил: «Мне неприятно говорить это, Нил, но Кокс, Долл и Далримпл уже открыли событие, назвали его и сообщили о нем». Он онемел. Я добавил: «Ну да, Нил, оно получило название Джарамилло. Кстати, вот оно здесь на профиле Элтанин-19». Оба взглянули на Элтанин и снова на меня. «Бог ты мой!» — только и вымолвили они»⁵³.

Тектоника плит

В зачаточном виде идея плитной тектоники была выдвинута канадским геофизиком Тузо Уилсоном в статье, опубликованной в журнале «Нэйче» в 1965 г.⁵⁴ Автор заинтересовался обстоятельством, что движения земной коры, маркируемые землетрясениями и вулканизмом, сосредоточены преимущественно в тектонических структурах трех типов — горных системах, включая островные дуги, срединно-океанических хребтах и крупных разломах со значительным горизонтальным смещением. Особенно загадочным казался тот факт, что эти структуры часто резко обрывались по простиранию.

Уилсон предположил, что «подвижные пояса» на самом деле составляют единую систему, разделяющую поверхность Земли на несколько крупных жестких плит. Любой элемент на их видимом окончании может трансформироваться в какой-либо элемент других двух типов. Такое соединение было названо *транс-*

формным. Разрывы, у которых перемещение внезапно обрывается или меняет направление, получили наименование *трансформных разломов*. Уилсон составил упрощенную модель раскрытия Атлантического океана, показывающую процесс развития таких разломов; смещение Срединно-Атлантического хребта не зависит от расстояния, на которое передвинулись континенты, и отражает всего-навсего форму первичного раскола между континентальными блоками.

Если Уилсон первым использовал термин «плита», то всесторонняя разработка теоретического обоснования и дальнейшее развитие идеи принадлежат принстонскому геофизику Джейсону Моргану⁵⁵. (Примерно в это же самое время аналогичные идеи развивал в Кембридже Д. П. Мак-Кензи.)

Идея Моргана заключалась в приложении концепции трансформных разломов к сферической поверхности. Он разбил поверхность Земли на 20 блоков разного размера, разделенных границами трех типов: 1) океаническими поднятиями, в которых формируется новая кора; 2) океаническими желобами, где кора уничтожается; 3) трансформными разломами, в которых не происходит ни образования, ни уничтожения коры. Для того чтобы придать модели математическую строгость, блоки считались абсолютно жесткими. Кора, в особенности океаническая, слишком тонка, чтобы обеспечить требуемую прочность, поэтому блоки, или плиты, брались на глубину приблизительно до 100 км, т. е. до так называемого низкоскоростного слоя мантии, залегающего в кровле менее жесткой *астеносферы*. Верхняя, 100-километровая относительно жесткая оболочка, названная Морганом тектоносферой, сейчас больше известна как литосфера.

Морган воспользовался теоремой Эйлера, гласящей, что блок на сфере может быть передвинут в любое место этой сферы путем простого поворота вокруг заданной оси. Он смог поддержать вычисления, касающиеся изменения скорости спрединга в разных плитах на примере Атлантического океана. Основываясь на работе Моргана и на собственном богатом опыте изучения спрединга, Ле Пишон⁵⁶ выполнил очень важный анализ, выделив шесть крупных плит (существует дюжина или больше плит меньшего размера, таких, например, как Карибская плита). Термин «дрейф континентов» становился теперь неприемлемым: континенты хотя и движутся, но составляют лишь часть той или иной плиты и наверняка не дрейфуют по океану. Главный принцип тектоники плит состоит в том, что за счет «субдукции» на конвергентных краях плит материал коры должен уничтожаться в количестве, эквивалентном количеству материала коры, образующегося на дивергентных краях.

Концепция тектоники плит выдержала неоднократную проверку со стороны сейсмологии, основанную на определении пло-

скостей смещения в очагах землетрясений с целью выяснения направления относительного движения смежных плит. Новая программа глубоководного бурения в целом подтвердила также правильность так называемой хейрцлеровской хронологической шкалы, которая использовалась для датировки океанического дна и в основе которой лежало предположение, что гипотеза Вайна и Мэтьюса верна.

Период конца 1960-х — начала 1970-х годов отличался необыкновенным воодушевлением и активностью в мире наук о Земле, так как новые данные и новые интерпретации, базирующиеся на концепции тектоники плит, буквально затопили океанографию и геологию суши. Были предложены новые решения по широкому кругу крупнейших проблем, таких, как горообразование, магматизм, изменение уровня моря, металлогения, биогеография ископаемых организмов. По общему признанию, изменение взгляда на Землю почти до неузнаваемости преобразовало науки о Земле, вдохнув в них новую жизнь⁵⁷.

Переход геологов к новой системе взглядов

В начале 1950-х годов, как мы видели, к дрейфу континентов серьезно относились очень немногие. От мизерной группы упорных приверженцев этой идеи старались, особенно в США, отмахнуться как от маньяков — обстоятельство, несомненно, интересное с социологической точки зрения. Многие относились к вопросу или безразлично, или испытывали тайную симпатию к идеям Вегенера и Дю Тойта, но считали, что благоразумнее держать это про себя. Однако к концу 1960-х годов ситуация изменилась на обратную, и в ничтожном меньшинстве оказались неспасаемые сторонники дискредитированной фиксистской доктрины, отрицающие дрейф континентов.

Первая брешь в доктрине фиксизма образовалась в середине 1950-х годов, когда были опубликованы результаты исследований ученых Кембриджа и Импириал-колледжа по намагниченности горных пород. Это, несомненно, ослабило сопротивление идеям мобилизма в Великобритании, но ничто пока не предвещало заметного общего изменения взглядов в среде геологов. Еще сохранялось достаточно недоверия к новым и незнакомым методам исследования, и надежность результатов оставалась под вопросом. В Северной Америке новые работы по палеомагнетизму были встречены в основном крайне скептически.

Другим значительным событием середины 1950-х годов явилась конференция, посвященная дрейфу континентов, в Хобарте, Тасмания; на ней в качестве почетного гостя присутствовал профессор Йельского университета Честер Лонгвелл — один из немногих американских геологов, выступавших в последние го-

ды в печати с заявлениями о резко отрицательном отношении к идеям Вегенера. Организатором конференции был Уоррен Кэри, профессор геологии в Хобарте, которому принадлежит также самая длинная из всех и наиболее значительная статья в опубликованных материалах конференции⁵⁸.

Кэри, смелый и оригинальный мыслитель, брал в качестве объекта для анализа горные пояса в целом, вернувшись тем самым к идущей от Зюсса и Аргана традиции широкого взгляда на тектонику. Такой подход находился в резком контрасте с обычной практикой его современников — специалистов в структурной геологии, которые все больше погружались в изучение деталей и решение методических вопросов. Из опыта своих крупномасштабных исследований Кэри вынес уверенность, что с мобилизмом больше нельзя не считаться; вместе с тем он полагал, что за последние 200 млн. лет произошло значительное расширение Земли и расхождение континентов обусловлено скорее этим процессом, чем дрейфом. (Эта более крайняя, хотя и мобилистская, идея отрицает реальность субдукции; она привлекла небольшое число сторонников.)

Затем Кэри предпринял весьма насыщенное лекционное турне по Европе и Северной Америке, настойчиво пропагандируя свои взгляды, и не приходится сомневаться, что, несмотря на подозрительное отношение к его работе более педантичных ученых, во многих кругах он возбудил сочувствие к мобилистским взглядам.

К 1959 г. результаты палеомагнитных исследований совершенно убедили известного английского геофизика сэра Эдварда Булларда в реальности дрейфа континентов. Безоговорочную поддержку этих идей он высказал в лекции на заседании Лондонского геологического общества в 1963 г. Он обратил внимание на растущее количество данных в пользу крупных горизонтальных перемещений на суше и в океане и остановился на возможности существования конвекционного механизма в мантии в соответствии с представлениями Холмса. Позже Буллард писал⁵⁹, что он был приятно удивлен тем одобрением, которое прозвучало в последовавшей дискуссии.

Еще одно важное совещание, организованное Королевским геологическим обществом с целью обсуждения дрейфа континентов, состоялось в Лондоне в марте 1964 г.; материалы совещания позднее были изданы отдельной книгой⁶⁰. Совещание показало, что дрейф получил широкое признание. Особенно убедительной выглядела выполненная Дж. Э. Эвереттом и А. Дж. Смитом реконструкция по совмещению обрамляющих Атлантику континентов, рассчитанная на компьютере и опирающаяся на предположение Булларда, что к этому случаю могла бы подойти теорема Эйлера. Метод заключался в составлении программы

для нахождения лучшего варианта совмещения, т. е. совмещения с минимальными зазорами двух неправильных линий на сфере. Лучшее совмещение получилось по изобате 1000 м, аппроксимирующей истинные края континентов. В опубликованном варианте совпадение поразительно точное и, кстати, опровергает претензии Джеффриса и других авторов к Вегенеру, на схеме которого будто бы допущены сильные искажения.

Нами уже отмечался резкий поворот во взглядах коллектива Ламонтской обсерватории. После посещения ее в это критическое время Ранкорн заметил: «Я чувствовал себя как христианин, прибывший в Рим после обращения Константина»⁶¹. Что касается Юинга, то на этой стадии он все еще был настроен недоверчиво.

Но поворотным пунктом для Америки в целом является, по мнению Булларда, конференция в Нью-Йорке в ноябре 1966 г., финансировавшаяся НАСА. На ней были представлены данные по магнитным аномалиям и распределению эпицентров землетрясений в океанических хребтах для всего земного шара.

«Эффект был поразительным. Когда мы собрались в первый день, Морис Юинг подошел ко мне и сказал: «Вы не верите всему этому вздору, Тэдди, а?» В конце совещания я должен был подвести итог в пользу движения континентов, Гордон Макдональд — против; в последний день Макдональд не смог присутствовать, и не нашлось никого, кто бы вызвался его заменить. Я сделал попытку сказать то, что, на мой взгляд, сказал бы Макдональд, но мои слова прозвучали неубедительно, и я опустил их при публикации. В резюме я отметил, насколько далеко отошли мы от традиционного геологического интереса к континентам и их горным системам, и советовал вернуться к этим проблемам. Я подчеркнул также значение глубоководного бурения для проверки и дальнейшего развития идей, касающихся морского дна»⁶².

К началу 1970-х годов процесс перестройки взглядов в среде специалистов в науках о Земле был фактически завершен. (Перспективная попытка количественного анализа этого процесса дана в работе Нитеки и др.⁶³) Конечно, еще раздавались голоса несогласных⁶⁴, но для подавляющего большинства они звучали неубедительно. Что касается сэра Гаролда Джеффриса, то он упрямо отстаивал фиксистскую позицию и как раньше не считался с геологическими и биологическими факторами, так и теперь решительно отказывался видеть новые геофизические доказательства, предпочитая больше полагаться на оценки вязкости вещества мантии, которые, как ему все еще казалось, исключают возможность значительных латеральных движений.

Ретроспективный эпилог

Посмертная реабилитация Вегенера возбудила естественное желание узнать, как его научные способности воспринимались беспристрастными современниками. Друг Вегенера в студенческие годы Вильгельм Вундт аттестовал его так:

«Альфред Вегенер энергично взялся за решение научных проблем, обладая весьма ординарными способностями в математике, физике и других естественных науках. Он никогда на протяжении всей своей жизни ни в коей мере не отказывался признавать этот факт. Но у него был дар с большой пользой и целенаправленностью применять эти способности. Он обладал исключительным талантом наблюдать и выявлять то, что являлось одновременно и простым, и важным и что сулило принести результат. Добавим к этому железную логику, которая позволяла связать ему буквально все, относящееся к его идеям»⁶⁵.

Сравните эту оценку с отзывом Ганса Бенндорфа, профессора физики и коллеги Вегенера в Граце:

«Знания приобретались Вегенером преимущественно интуитивно или, крайне редко, дедуктивным путем из формул; если случалось последнее, то формула должна была быть совсем простой. И при этом, когда речь шла о вопросах, относящихся к физике, т. е. к предмету, достаточно далекому от его собственной специальности, я часто поражался здравости его суждений. С какой легкостью он отыскивал свой путь в самой сложной теоретической работе, с каким точным чувством главного! Он часто, бывало, после длительной паузы и размышления заявлял: «Я полагаю так-то и так-то» и чаще всего оказывался прав, как мы выясняли несколько дней спустя после строгого анализа. Вегенер обладал редко подводящим его умением видеть главное»⁶⁶.

Признание задним числом правоты Вегенера в главных вещах, естественно, заставляет задаться вопросом: почему гипотеза дрейфа вызвала такое враждебное к себе отношение, к тому же сохранявшееся так долго, пока оппозиция, в конце концов, была не завалена буквально массой новых геофизических данных? Можно высказать разные соображения.

1. Представленная Вегенером аргументация не отличалась совершенством, геологическое строение океанов оставалось практически не известным, совмещение континентов производилось слишком грубо и слишком немногие из критиков обладали знаниями по геологии и ископаемым организмам верхнепалео-

зойских отложений южных континентов, исключительно важных для данной задачи.

По этим соображениям, казалось бы, вполне логично было ожидать, что у многих ученых-геологов сохранится известная доля недоверия или же они будут по меньшей мере не убеждены; но почему все-таки столь захватывающая новая идея, вместо того чтобы вызвать у большей части ученых ожесточенную отрицательную реакцию, не стимулировала проведение интенсивных исследований с целью ее проверки? Больше того, многие из лучших аргументов Вегенера так и не получили адекватного ответа со стороны его критиков.

2. Не составляло большого труда показать, что силы, будто бы вызывающие, по предположению Вегенера, движение континентов, никак не отвечают необходимым требованиям, а механизм «плавания континентов в симе» наталкивался на физические трудности⁶⁷.

Эти мотивы для критики представляются неоспоримыми, но только до тех пор, пока мы не вспомним, что история науки знает немало случаев, когда те или иные явления, например электричество или магнетизм, отверждались эмпирическим путем задолго до появления соответствующей теории, а свойства тепла, света и звука были изучены много раньше, чем была установлена их истинная природа. Хороший пример из области геологии — плейстоценовый ледниковый период, факт существования которого признается всеми, несмотря на то что причины оледенения до сих пор служат предметом споров (гл. 3). Примечательно, что гипотеза Холмса о конвективных течениях устранила наиболее явные трудности, с которыми столкнулся Вегенер, но и после этого ряды сторонников дрейфа не столь уж сильно пополнились. С другой стороны, даже в наши дни, когда тектоника плит признана чуть ли не единодушно, проблема движущих сил еще не решена.

Гораздо правдоподобнее выглядит предположение, что главная роль в этом общем неприятии принадлежала менее почтенным в научном отношении, но вполне понятным с житейской точки зрения причинам. Карты были раскрыты одним из самых ревностных критиков Вегенера — Р. Т. Чемберленом, который с явным одобрением процитировал услышанное им замечание одного из участников Нью-Йоркской конференции 1926 г.: «Поверив в гипотезу Вегенера, мы должны будем забыть все, что узнали за последние 70 лет, и начинать все сначала».

Такого рода пристрастный консерватизм встречается не только у геологов.

«Человеческому уму свойственно судить почти обо всем, руководствуясь лишь собственным опытом, знаниями

и пристрастиями, а не представленными данными. О новых идеях судят поэтому с точки зрения старых, устоявшихся убеждений. Если идеи слишком революционны, иными словами, слишком далеко отходят от господствующих теорий и их невозможно втиснуть в рамки бытующих представлений, то их не воспримут. Открытия, сделанные раньше своего времени, почти наверняка не будут замечены или натолкнутся на противодействие, слишком сильное, чтобы его можно было преодолеть; по большей части это все равно, как если бы они и не были сделаны вовсе»⁶⁸.

Примечания

- ¹ Описание истории этой дискуссии см.: Hallam A. (1973). A revolution in the earth sciences. Oxford University Press. Marvin U. B. (1973). Continental drift: the evolution of a concept. Smithsonian Institute Press. Удачный популярный обзор с акцентом на развитии событий за последнее время сделан научным обозревателем «Нью-Йорк таймс» Уолтером Сэлливенем в книге: Sullivan W. (1974). Continents in motion: the new earth debate. McGraw-Hill, New York. См. также: Cox A. - (ed.) (1973). Plate tectonics and geomagnetic reversals. Freeman, San Francisco.
- ² Dana J. D. (1873). Am. J. Sci. (ser. 3) 5, 423; 6, 6, 104, 161.
- ³ В английском переводе: Suess, E. (1904—1909). The face of the earth. Clarendon Press, Oxford.
- ⁴ Carozzi A. V. (1970). C. R. Séances Soc. Phys. Hist. Nat. Geneva, N. S., 4, 171.
- ⁵ Snider-Pellegrini A. (1858). La création et ses mystères dévoilés. Franck & Dentu, Paris.
- ⁶ Rupke N. A. (1970). Nature 277, 349.
- ⁷ Ficher O. (1881). Physics of the earth's crust. Murray, London.
- ⁸ Pickering W. H. (1907). J. Geol., 15, 23.
- ⁹ Baker H. B. (1911). The origin of the moon. Detroit Free Press.
- ¹⁰ Loeffelholz, von Colberg C. F. (1895). Die Drehungen der Erdkruste in geologischen Zeitraumen. Munich.
- ¹¹ Kreichgauer D. (1902). Die Äquatorfrage in der Geologie. Steyl, Berlin.
- ¹² Taylor F. B. (1910). Bull. geol. Soc. Am., 21, 179.
- ¹³ Принято обычно считать, что Вегенер не знал о работе Тэйлора и пришел к своим идеям независимо. Недавно обнаруженное письмо Тэйлора, написанное им в 1931 г., ставит под сомнение эту версию. В письме с полной уверенностью говорится о том, что Вегенер на самом деле знал о его гипотезе, хотя и не признавал этого. (Totten S. M. (1980). Geol. Soc. Am. Abstr., p. 536.)
- ¹⁴ Наиболее полный биографический очерк принадлежит его вдове Эльзе Вегенер: Wegener Else (1960). Alfred Wegener. Brockhaus, Wiesbaden. Более поздняя работа на немецком языке написана М. Шварцбахом: Schwarzbach M. (1980). Alfred Wegener und die Drift der Kontinente. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart. Короткая биографическая заметка на английском языке опубликована его товарищем по гренландской экспедиции: Johannes Georgi. В кн.: Continental drift (ed. S. K. Runcorn). Academic Press, London (1962). См. также: Hallam A. (1975). Sci. Amer., 232 (2), 88.
- ¹⁵ Wegener A. (1966). The origin of continents and oceans. Methuen, London. Перевод сделан Д. Биремом по четвертому переработанному немецкому

изданию 1929 г. Кроме специально оговоренных случаев, все цитаты Вегенера приводятся по этой книге.

¹⁶ См. гл. 4.

¹⁷ Lake P. (1922). *Geo. Mag.*, 59, 338.

¹⁸ Jeffreys H. (1926). *The earth, its origin, history and physical constitution*. Cambridge University press.

¹⁹ Jeffreys H. (см. прим. 18), p. 261.

²⁰ Van Waterschoot van der Gracht W. A. J. M. (Ed.) (1928). *Theory of continental drift: a symposium*. Am. Assoc. Petrol. Geol.

²¹ Coleman A. P. (1925). *Nature*, 115, 612.

²² Gregory J. W. (1929). *Quart. J. geol. Soc. Lond.*, 85, LXVIII.

²³ Курсив мой.

²⁴ Wegener E. (см. прим. 14), p. 75.

²⁵ Wegener E. (см. прим. 14), p. 162.

²⁶ Wegener E. (см. прим. 14), p. 77.

²⁷ Wegener E. (см. прим. 14), p. 163.

²⁸ Argand E. (1924). C. R. XIII Congr. geol. int., Liege, p. 171.

²⁹ Daly R. A. (1926). *Our mobile earth*. Scribner, New York.

³⁰ Более подробно о роли Холмса в развитии теории дрейфа см.: Frankel H. (1978). *Brit. J. Hist. Sci.*, 11, 130.

³¹ Holmes A. (1931). *Trans. geol. Soc. Glasgow*, 18, 559.

³² Du Toit A. L. (1937). *Our wandering continents*. Oliver & Boyd, Edinburgh.

³³ Simpson G. G. (1943). *Am. J. Sci.*, 241, 1.

³⁴ Геофизические данные по океанам заставили Симпсона в конце концов поверить в дрейф континентов; Френкель полагает, что палеобиогеографы и сейчас бы продолжали спорить об этой проблеме, если их оставить наедине лишь со своими собственными данными (В кн.: *Studies in history and philosophy of science*, Vol. 12, pp. 211—260 (1981)). С другой стороны, кайнозойские млекопитающие вообще являются не очень подходящей группой для ответа на вопрос.

³⁵ Willis B. (1943). *Am. J. Sci.*, 242, 509. Зюсс был, кстати, не немцем, а австрийцем.

³⁶ Gevers T. W. (1959). *Trans. geol. Soc. S. Afr.*, 52, (suppl.), 1.

³⁷ Koenigsberger J. K. (1938). *Terr. Magn. Atmos. Elec.*, 43, 119, 299.

³⁸ Runcorn S. K. (1956). *Proc. geol. Assoc. Canada*, 8, 77.

³⁹ Blakett P. M. S., Clegg J. A. and Stubbs P. H. S. (1960). *Proc. R. Soc. London*, A256, 291.

⁴⁰ Более подробно о роли Хесса в развитии гипотезы спрединга см. Frankel H. (1980). В кн.: *Scientific discovery: case studies* (ed T. Nickles), p. 345. Reidel, New York.

⁴¹ Hess H. H. (1962). В кн.: *Petrologic studies. a volume to honour A. F. Buddington*, ed. A. E. Engel, H. L. James and B. F. Leonard, p. 599. G. S. A. Boulder, Colorado.

⁴² Raff A., Mason R. (1961). *Bull. geol. Soc. Am.*, 72, 1268.

⁴³ Girdler R. W., Peter G. (1960). *Geophys. Prosp.*, 8, 474.

⁴⁴ Френкелем составлено подробное описание создания и дальнейшей судьбы гипотезы Вайна—Мэтьюса—Морли, как он ее называет (Frankel H. (1982). В кн.: *Historical studies in the physical sciences*, 13, 1—39).

⁴⁵ В то время это был факультет геодезии и геофизики, теперь — лаборатория Булларда при факультете наук о Земле Кембриджского университета.

⁴⁶ Vine F. J., Matthews D. H. (1963). *Nature*, 199, 947.

⁴⁷ Цитируется по работе Френкеля (см. прим. 44).

⁴⁸ Morley L. W., Larochelle A. (1964). *Roy. Soc. Canada Spec. Publ.*, no. 8, p. 39.

⁴⁹ Теперь переименована в Геологическую лабораторию Ламонт—Дозрти.

⁵⁰ Прежде всего см.: Talwani M., Le Pichon X., Heirtzler J. R. (1965). *Science*, 150, 1109. Это — последняя перед всеобщим признанием спрединга фиксистерская интерпретация аномалий Восточно-Тихоокеанского поднятия.

- ⁵¹ *Vine F. J., Wilson J. T.* (1965). *Science*, 150, 486.
- ⁵² Цитируется по книге: *Wertenbaker W.* (1974). *The froof of ocean*. p. 203. Little and Brown, Boston.
- ⁵³ Цитируется по работе *Френкеля* (см. прим. 44).
- ⁵⁴ *Wilson J. T.* (1965). *Nature*, 207, 343.
- ⁵⁵ *Morgan W. J.* (1968). *J. geophys. Res.*, 73, 1959.
- ⁵⁶ *Le Pichon X.* (1968). *J. geophys. Res.*, 73, 3661.
- ⁵⁷ См., например, работу *Хэллема* (1973, прим. 1) или же любой современный учебник по общей геологии.
- ⁵⁸ *Carey S. W.* (1958). *Geol. Dept. Univ. Tasmania, Sympos.*, No. 5, p. 177.
- ⁵⁹ *Bullard E. C.* (1975). *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 3, 1.
- ⁶⁰ *Blackett P. M. S., Bullard E. D., Runcorn S. K.* (Eds.) (1965). *A symposium on continental drift*. Royal Society, London.
- ⁶¹ Цитируется по работе *Френкеля* (см. прим. 44).
- ⁶² *Bullard* (см. прим. 59).
- ⁶³ *Nitecki M. H., Lemke J. L., Pullman B. W., Johnson M. E.* (1978). *Geology*, 6, 661.
- ⁶⁴ См., например, статьи в сборнике: *Kuhle C. F.* (Ed.) (1976). *Am. Ass. Petrol Geol. Mem.*, 23.
- ⁶⁵ Цитируется по работе *Джорджи* (см. прим. 14).
- ⁶⁶ *Wegener E.* (см. прим. 14), p. 179.
- ⁶⁷ На *Джеффриса* и его коллег геофизиков несомненно произвели большое впечатление данные сейсмологических наблюдений, показавшие, что Земля реагирует на крупное землетрясение, подобно гигантскому колоколу: иначе говоря, она обладает значительной твердостью. По-видимому, об этом же говорит и высота гор, которые бы в противном случае растеклись. С другой стороны, помимо многочисленных геологических данных в пользу дрейфа, собранных Вегенером и его сторонниками, ясное доказательство дают метаморфические породы в ядрах горных сооружений; они обладают большой прочностью и раскалываются при ударе молотком, но одновременно смяты в сложные складки, указывающие на пластическую деформацию. Этот парадокс, названный Оксбургом «парадоксом прочности» (*Oxburgh* (1981), *Nature*, 293, 26), находит решение, если учесть явление *крипа*. Оно заключается в том, что под влиянием относительно слабых, но длительно действующих напряжений вещество испытывает непрерывную деформацию как вязкая жидкость. Вегенер, разумеется, принимал во внимание это обстоятельство, как показывает приведенное им сравнение с варом.
- ⁶⁸ *Beveridge W. I. B.* (1950). *The art of scientific investigation*. Heinemann, London.

Глава 6

Общие соображения

Размышления о людях и обстоятельствах

Эта книга столько же об ученых, сколько об идеях или, скорее, о взаимоотношениях ученых между собой в связи с идеями, которые служат предметом обсуждения. Именно благодаря повторному появлению на страницах этой книги имен ведущих ученых связь между разными главами выявляется яснее, чем из самого содержания поочередно описываемых дискуссий. Было бы упрощением, если ни вообще непростительным искажением, награждать эти личности ярлыками радикалов или, напротив, реакционеров, исходя из их отношения к какой-либо признанной теперь теории, и заведомо обречены на провал любые попытки распространить такого рода одностороннюю классификацию на ученых, имевших отношение более чем к одной дискуссии. Иногда к тому же мы отчетливо видим, как в течение жизни человек меняется, превращаясь из юного озорника в престарелого рутинера.

Возможно, Макс Планк находился в излишне циничном расположении духа, когда писал, что «новая научная правда побеждает не потому, что удается переубедить оппонентов и заставить их прозреть, а больше благодаря тому, что оппоненты, в конце концов, умирают, уступая место новому поколению, для которого эта правда уже привычна»¹. Но как бы то ни было, снова и снова поражаешься упрямству ведущих участников дискуссий или же их нежеланию во всеуслышание объявить об изменении своих взглядов перед лицом неопровержимых фактов.

Это справедливо по отношению, например, к таким ведущим непунистам, как Вернер и Джеймсон. Фон Бух спокойно расстался с непунистскими взглядами на происхождение изверженных пород, не подумав отметить, насколько он обязан этим своим оппонентам; в то же время он так и не отказался от своей катастрофистской теории кратеров поднятия. Агассис, Седжвик и Мурчисон не приняли униформизма и тем более — упаси господь! — учения об эволюции органического мира. Кельвин и Джולי умерли, не признав публично, что открытие радиоактивных минералов в земной коре полностью дискредитирует их оценки геологического возраста, а Джеффрис отказывался видеть новые геофизические доказательства горизонтального движения континентов с не меньшим упрямством, чем раньше, когда игнорировал геологические и биологические данные.

Упорное сопротивление переменам, несомненно, во многом обусловлено гордостью и слишком большой эмоциональной увлеченностью идеями, которые становятся любимым детищем ученого и в этом качестве сдерживают нормальную деятельность его незаурядного интеллекта. В этой связи тем большего уважения заслуживают Букланд и Лайель, которые смогли публично отказаться от своих идейных позиций в важных вопросах. Букланд шаг за шагом расставался с диллювиальной теорией и, наконец, превратился в главного сторонника Агассиса в Великобритании. Лайель, менее эффектно правда, после длившегося несколько десятилетий сопротивления идеям палеонтологической прогрессии, признал справедливость эволюционного учения. К концу жизни он предпринял даже попытку найти способы примирения с Кельвином, выступавшим против униформизма.

Портером² подчеркнута роль национальных влияний в развитии геологической мысли в XVIII в. Но особенно ярко это видно на примере следующего столетия. Ближе к концу XIX в. геология в Великобритании находилась под влиянием работ Лайеля, резонанс от которых здесь был намного более сильным, чем на континенте. Так, например, длительные дебаты относительно возраста Земли, вызванные критикой униформизма со стороны Кельвина, почти не имели отзвука в остальных, континентальных европейских странах.

У современного историографического подхода, рассматривающего работу ученого в контексте окружающей его социальной и интеллектуальной среды, существует, однако, опасность зайти слишком далеко.

Пытаясь понять, почему Дарвин решил так неуклонно следовать лайелевской доктрине постепенного изменения, Гулд пишет:

«В таких фундаментальных проблемах, как общая философия изменений, наука и общество, как правило, идут рука об руку. Статичные системы европейских монархий пользовались поддержкой легионов ученых как воплощение законов природы... Когда монархи пали и конец восемнадцатого столетия завершился эпохой революций, ученые стали относиться к переменам не как к отклонениям или чему-то исключительному, а как к естественной части общего порядка вещей. Затем ученые перенесли на природу ту либеральную программу медленных и упорядоченных изменений, которую они защищали как основу для преобразований в человеческом обществе. Катаклизмы в природе стали казаться многим ученым не менее угрожающими, чем тот разгул террора, который унес их великого собрата Лавуазье»³.

Лайель, по утверждению Портера, был поклонником «дерзкой, рационалистической истории Просвещения с его философскими понятиями, претензией на высшую беспристрастность, с его психологическим редукционизмом, язвительным презрением к средневековью и римскому католицизму»⁴.

Вероятно, следует согласиться с тем, что нельзя пренебрегать влиянием *Zeitgeist** на развитие гуманитарных наук, однако в случае естественных наук это гораздо менее очевидно. Идеи, рождающиеся в этой сфере, развиваются, несомненно, в какой-то мере по собственным законам; они связаны с изучением явлений природы, которое вызывается чистой любознательностью, не отягощенной социально-политическими соображениями. Так, в работах Геттона и Плейфера, затем Скроупа и Лайеля и, наконец, Дарвина можно проследить мотив постепенного изменения, которому противопоставляется идея эпизодических, катастрофических изменений, воплощенная в работах Кювье и его последователей.

Америка, как и следовало ожидать от такой юной нации, оставалась в стороне от главного русла научной геологической мысли почти до конца прошлого столетия, но начиная с этого времени ее роль все больше возрастает. Как отмечалось в предыдущей главе, интеллектуальная атмосфера в Германии больше, чем в США, Канаде или Великобритании, благоприятствовала тому, чтобы кто-то вроде Вегенера выдвинул и развивал идеи, связанные с блужданием полюса и перемещением континентов. Это тем любопытнее, что более поздние успехи, приведшие к общему признанию тектоники плит, были достигнуты исключительно в этих странах; те немногие европейцы, которые внесли заметный вклад в разработку указанной теории на ранних стадиях, значительное время проработали в США.

Несмотря на сильно разросшийся за два столетия контингент ученых, работающих в области наук о Земле, историю главнейших геологических открытий и споров можно, не впадая в чрезмерное упрощение, свести к работе небольшого числа конкретных лиц и исследовательских центров. Что, конечно, сильно увеличилось со временем, так это число очевидцев происходящих событий; будем смотреть фактам в лицо: огромное большинство геологов и геофизиков — специалисты практического склада, лишённые всепоглощающего интереса к общим концепциям. Редко кому, кроме того, выпадает счастье или удача овладеть именно теми методами исследования, которые требуются для радикального движения вперед, или же просто «оказаться в нужное время в нужном месте».

Во времена Вернера геологической Меккой был несомненно

* Дух времени, атмосфера времени (нем.) — Прим. перев.

Фрайберг, затем Эдинбург и Париж поочередно становились главными центрами геологической мысли. Когда своего пика достигли дебаты между катастрофистами и униформистами, университеты Оксфорда и Кембриджа после длительного периода застоя и безразличия к естественным наукам превратились в крупные исследовательские геологические центры, хотя количество причастных к делу лиц было невелико. (Затем последовал рецидив прежнего состояния, и можно сказать, что в этих внушающих благоговейный трепет учреждениях естественные науки завоевали твердое положение только к концу века.)

Дальше становится труднее определить главные очаги активной геологической деятельности, кроме одного, бросающегося в глаза исключения — Кембриджа в годы, предварявшие революционное появление гипотезы тектоники плит. Как и в случае с ядерной физикой, биохимией и нейрофизиологией в годы между войнами и с астрономией и молекулярной биологией после второй мировой войны, Кембридж представлял собой один из ведущих центров, где были сделаны решающие открытия. Ни один другой университет не может оспаривать этот рекорд.

Приведенный общий обзор позволяет отметить одно обстоятельство — ту большую роль, которую играет для перестройки мышления постоянная и убедительная пропаганда. Совершенно недостаточно иметь новую идею, как бы хороша она ни была. Красноречие Вернера и его энтузиазм, которым он заразил самых блестящих из своих учеников, сыграли большую роль в распространении непутизма как чуть ли не официальной доктрины в Европе и Северной Америке. Серьезное отношение к работам Геттона появилось только после того, как Плейфер «перевел» их на язык более понятной, краткой и красноречивой прозы. Лайель, конечно, сам был своим адвокатом, и при этом высшего класса. В правильности теории оледенений геологический мир убедил не скрупулезный, скромный Шарпентье, а более энергичный, напористый и много разъезжавший Агассис. Кельвин был неутомим в своем постоянном преследовании униформистов.

Дарвин, на первых порах по крайней мере, был обязан своими успехами Гексли, но затем его красноречие, логика аргументов, стройная система самых разнообразных доказательств, изложенных в «Происхождении видов», завоевали ему уважение и признание остальных биологов; труды Уоллеса были вскоре забыты. Нечто подобное и по тем же, по-видимому, причинам произошло и с гипотезой дрейфа континентов, внимание к которой было привлечено как к гипотезе Вегенера, а не Тэйлора. С идеями Вегенера дело могло бы обстоять лучше, если бы такой талантливый и страстный их пропагандист, как Дю Тойт, не находился в Южной Африке, в изоляции от главных научных геологических центров Северного полушария. Перестройка об-

щественного мнения в пользу дрейфа континентов или по меньшей мере смягчение оппозиционных настроений еще до открытия спрединга во многом, безусловно, обязаны пропагандистской деятельности в послевоенные годы неутомимых путешественников Кэри и Ранкорна.

Чтобы не сложилось впечатление, что изменение научных взглядов объясняется исключительно деятельностью выдающихся и обладающих даром убеждения личностей, постараемся восстановить равновесие, обратив внимание на роль новых методов исследования.

Примитивность или отсутствие стратиграфии долгое время были главным слабым местом в дискуссии нептоунистов и плутонистов. Примитивной была литостратиграфия нептоунистов, плутонисты не имели вообще никакой стратиграфии! Падение нептоунизма было вызвано наряду с остальными причинами развитием могучего нового метода корреляции отложений по ископаемым организмам. Ограниченная, мягко выражаясь, пригодность нептоунизма выяснилась, когда было установлено, что кристаллические метаморфические породы могут быть местами моложе, нежели слои неметаморфизованных осадочных пород других районов.

Аналогичным образом и катастрофизм сдавал свои позиции под давлением данных, полученных благодаря применению биостратиграфических методов. То, что раньше казалось единым пароксизмальным событием, как, например, поднятие горных хребтов, распалось на серию эпизодов. Успех доктрины униформизма во многом обязан открытию, сделанному в результате создания надежной шкалы относительного возраста, показавшей, что интенсивность геологических процессов не обнаруживает простой корреляции с геологическим возрастом. Нельзя не обратить внимания и на то обстоятельство, что только после создания полноценной биостратиграфической шкалы отчетливо выявился крупный недостаток униформизма — его неспособность объяснить процесс направленного биологического развития.

Вторым примером служит становление урано-свинцового метода датирования, основанного на распаде радиоактивных изотопов, который коренным образом изменил наши представления о геологическом возрасте и наконец, после многих лет бесплодных дебатов, разрушил систему доводов Кельвина.

Третий, исключительный по наглядности пример — изучение магнитных свойств горных пород, приведшее в 50—60-е годы нашего столетия вначале к определению траекторий перемещения полюса для разных континентов, затем к подтверждению гипотезы Хесса о спрединге. Последующий за этим эффектный переворот общего мнения отмечает, по сути дела, конец дискуссии о дрейфе континентов. Но необходимо отметить, что пионерами

разработки всех этих методов исследования были в общем случае совсем не те люди, с именами которых связывается общая перемена взглядов и которые добились этого в результате систематического применения новых методов при решении крупных геологических проблем.

Определение геологического возраста радиометрическим путем означало введение в геологию методов физических наук, значение которых в геологии на протяжении текущего столетия неуклонно росло. Надо отдать должное Кельвину, сыгравшему большую роль в деле внедрения в геологию физических концепций и типично физического стиля мышления, хотя не следует забывать и о первых усилиях в этом направлении, сделанных другими учеными, например Хопкинсом.

В прошлом неоднократно возникали недоразумения между геологами и физиками, когда дело касалось их общих интересов в сфере проблем, относящихся к истории Земли, — естественное следствие разных подходов, разного образования и склонностей. Геологи склонны к эмпирическому подходу в своих исследованиях, к тщательным наблюдениям, к недоверчивому отношению к широким обобщениям; им слишком хорошо знакома сложность Природы. У ученых, причастных к физике, часто вызывает раздражение нескончаемое, как им кажется, копанье в тривиальных мелочах и отсутствие интереса к поиску контрольных тестов для проверки крупных гипотез, а также традиционное нежелание геологов обращаться к языку цифр.

Действительно, огромная пропасть разделяет таких ученых сугубо математического склада, как Кельвин и Джеффрис, с их великолепной уверенностью в собственных упрощенных предположениях и олимпийским пренебрежением к неадекватным качественным выводам тех, кто провел свою жизнь в детальном изучении горных пород и окаменелостей, и обычных работников геологической службы, воспитанных в привычке ставить превыше всего наблюдаемый ими конкретный факт⁵. Одним из важнейших следствий революционного внедрения тектоники плит в науки о Земле явилось заполнение пропасти, разделявшей геофизиков, с одной стороны, и геологов — специалистов в традиционных геологических дисциплинах, с другой. Теперь уже не в почете экстремистские позиции, и для ученых, занимающихся в наши дни Землей, больше чем когда-либо раньше характерны уважение к сфере научных интересов друг друга и стремление к междисциплинарной кооперации для достижения общих целей.

Часто приходится слышать, что революция, связанная с тектоникой плит, обязана успехами геофизике. Это, может быть, верно в отношении ряда ключевых методов исследования, но не следует забывать и того, что Хесс и Вайн вначале специали-

ровались в геологии, а Тузо Уилсон, хотя и был многие годы профессором геофизики в Торонто, всегда писал свои работы как заправский, старомодный тектонист — в его статьях вы не найдете ни одного алгебраического уравнения!

Геология и вопросы методологии научных исследований

Большинство ученых бездумно игнорируют работы философов. Они удовлетворяются реализацией собственных научных интересов, руководствуясь сложившимися в данной области знаний традициями. Кто-нибудь, скривившись, заметит, что от этого их работа, возможно, не становится хуже⁶. Однако влияние работ двух философов — Карла Поппера и Томаса Куна — выходит далеко за пределы этой глубокомысленной науки.

Одним из наиболее существенных достижений Поппера в его «Логике научного исследования»⁷ является развенчание индуктивного метода в науке, ведущего начало от Френсиса Бэкона и наиболее полно сформулированного Джоном Стюартом Миллом. Процесс индукции начинается, как полагали, с простых, непредвзятых и невинных наблюдений. Постепенно из хаоса фактов каким-то образом возникает упорядоченная теория. Такой индуктивный подход безотчетно принимался геологами.

Суть тезиса Поппера наиболее точно, вероятно, отражена в названии его другой книги «Догадки и опровержения». Мы вольны выдвигать сколько угодно спекулятивных гипотез, но, чтобы считаться научными теориями, они должны быть в принципе проверяемы с помощью эксперимента или наблюдений. Поппер подчеркнул неравноценность — асимметрию между верификацией и фальсификацией научных теорий. На строгом языке логики никакое количество подтверждающих экспериментов или наблюдений не может служить верификацией данной теории, в то время как фальсифицирована она может быть одним-единственным «критическим» экспериментом или серией наблюдений. Фальсификация, следовательно, является главной задачей настоящего ученого. Этот взгляд составляет резкий контраст с индуктивным подходом, где во главу угла ставится верификация*.

Раньше от слова «гипотеза» веяло ароматом безответственности и резвости мысли. Если даже такой великий физик, как Исаак Ньютон, мог написать «Hypotheses non fingo»⁸, то насколько меньше симпатий к предположениям и догадкам питали

* Более подробно с методологией научного исследования К. Поппера и других неопозитивистов, а также с критикой их взглядов с позиций диалектического материализма можно познакомиться, например, в работе: «Современная буржуазная философия». — М.: «Высшая школа», 1978. — 582 с. — *Прим. ред.*

представители так называемых «описательных»⁹ наук вроде геологии. Большую роль в том, что создание гипотез в геологии превратилось в более респектабельное занятие, сыграли решительные шаги, сделанные Т. Чемберленом, который написал в конце прошлого века одну важную статью¹⁰. Его «метод множества рабочих гипотез» состоит из наблюдений над природными явлениями, выдвижения нескольких рабочих гипотез, объясняющих результаты наблюдений, и затем выбора подходящей гипотезы с помощью проверочных наблюдений, возможно дополненных применением критерия Оккама. В качестве весьма существенного момента указывалась необходимость приступать к изучению природных явлений в состоянии, так сказать, «неиспорченности», когда ум представляет собой *tabula rasa** и над ним не довлеет какая-нибудь господствующая теория.

Это как раз соответствовало тому, к чему геологи традиционно были уже подготовлены, поэтому предписания Чемберлена, поясняющие, как они должны вести свои исследования, были встречены с достаточным энтузиазмом. Беда в том, что в наши дни теории неотъемлемы от наблюдений, и нам требуется мотивированный выбор объектов наблюдений. Состояние умственной чистоты и невинности приходится считать исключительной привилегией садов Эдема.

Вместе с тем из анализа работ таких ведущих мыслителей, как Вернер, Геттон, Букланд, Лайель и Вегенер, становится ясно, насколько первостепенное значение имеет то, что было названо Чемберленом «господствующей теорией». Вернер и Геттон, как и другие их современники, так бурно реагировали на спекулятивные теории космогонистов, что переоценили эмпирический характер собственных исследований. Вернер занимался тем, что подбирал факты, подтверждающие (как ему казалось) спекулятивное положение, на самом деле берущее начало от космогонистов. Говорить об «индуктивном методе» применительно к нему было бы абсолютно немыслимо. Совершенно очевидно также, что Геттон сформулировал свою «теорию Земли», избобличающую его уже самим этим названием, задолго до того, как открыл многие существенные для данной теории факты, такие, как угловые несогласия и в особенности гранитные жилы, секущие сланцы в Глен-Тилте, — отсюда и ликование по поводу этих находок, так изумившее его спутников, но понятное любому творчески мыслящему ученому (с. 23—24).

Дилювиальная теория Букланда была создана раньше, чем он обнаружил в пещерах наиболее надежные, как представлялось, свидетельства в ее пользу. Агассис далеко вышел за рамки имевшихся в его распоряжении данных при разработке ледни-

* Чистая доска (лат.). — Прим. перев.

ковой теории. Лайель и Вегенер продолжали искать дополнительные доказательства еще многие годы после того, как их идеи были сформулированы. Поучительно отметить, что и тому, и другому ставились в вину их действия, в которых видели приемы адвокатов, а не ученых, пользующихся строго научным (т. е. индуктивным) методом.

Большинство современных ученых, которые задумываются над этими вопросами, считают, что они руководствуются в своей деятельности определенной разновидностью дедуктивно-гипотетического, а не индуктивного метода; вместе с тем многие полагают, что Поппер, пожалуй, хватил через край. Согласно его жестким критериям, теории в науках, рассматривающих историю развития Земли и жизни на ней, включая и теорию эволюции путем естественного отбора, были бы исключены из разряда научных, так как фальсификация в самом строгом смысле слова здесь невозможна¹¹. Действительно, есть основания утверждать, что стратиграфическая колонка, лежащая в основе всей исторической геологии, представляет собой чисто индуктивное построение в духе Бэкона.

Книга «Логика научного исследования» получила признание как своего рода интеллектуальный *tour de force**, но Поппера критиковали за то, что он все рассматривает с позиции жестких логических критериев, не проявляя ни интуиции, ни достаточного понимания того, как в действительности ведется научное исследование¹². «Критические эксперименты» выполняются не так часто — эта их роль обнаруживается только в ретроспективе¹³. По мнению Цимана¹⁴, демаркационный критерий Поппера, согласно которому для приемлемой научной теории должна существовать принципиальная возможность фальсифицируемости (опровергаемости), стратегически выглядит здраво, но теоретически беспомощен. На практике почти любая «теория» в определенной степени «фальсифицируется» с помощью соответствующих наблюдений: вопрос в том, как отнестись к такому отрицательному результату: считать ли его действительно полным опровержением теории, или же им можно временно пренебречь, введя необходимые поправки в формулировки или расчеты?

Кун твердо разделяет взгляды тех, кто, подобно Поланьи¹⁵ и Циману¹⁴, считает, что по-настоящему понять научный процесс можно лишь путем внимательного наблюдения за реальными действиями и взаимоотношениями ученых; при этом приходится принимать во внимание широкий круг психологических и социологических факторов. Его основной тезис¹⁶ состоит в

* Проявление силы и изобретательности, сложное дело (фр.). — *Прим. перев.*

том, что прогресс науки вызывается не постепенным накоплением знаний, а происходит в результате резкой смены *парадигм*, взгляда на мир; за такой сменой следуют долгие периоды «нормального состояния науки», активность которых сравнима с однообразием разгадывания головоломок. Работа Куна имела своих оппонентов¹⁷, хотя она и была воспринята как глубокий и оригинальный вклад в философию науки. Его критиковали за «психологизм», заключающийся в слишком большом внимании, которое он уделял персональным суждениям ученых в ущерб чисто рациональным критериям. Было предъявлено обвинение, что он не дал достаточно четкого определения «парадигмы», а также провел излишне резкую грань между нормальным и революционным состояниями науки. Но вероятно, чаще всего Кун подвергался критике за свой монистский подход — лишь одна парадигма для данной отрасли знаний в данное время, — казавшийся чрезмерно жестким.

Я согласен с Циманом¹⁴, когда он утверждает, что цель науки — выработка согласованного рационального мнения в возможно более широкой области, и довольствуюсь тем, что оставляю чисто эпистемологические проблемы философам; не существует рецептов, как добиться бесспорного результата или избежать ошибки, но это совсем не значит, что научные утверждения зависят от фантазии или каприза моды. Циман не жалеет сил, чтобы показать, что они более рациональны и гораздо строже контролируются эмпирическими данными, логикой и здравым смыслом, чем любая другая сфера умственной деятельности. Научное общение в нормальном случае более универсально и чистосердечно, чем любой другой вид контактов; в основе его лежит не только специфика языка или алгебраические формулы, а то, что известно под названием *распознавания образов*. Это относится, в частности, к схемам и рисункам, смысл которых невозможно передать с помощью аппарата нормальной логики или математических выкладок, но огромное значение которых в таких науках, как геология, очевидно. Научное знание не столько «объективно», сколько «межсубъективно».

Насколько предложенная Куном модель развития науки подходит к геологии? Несколько лет назад я обратил внимание на прекрасный пример, который представляет собой эффективная трансформация образа мыслей в среде ученых в области наук о Земле в 60-х годах нашего века. Это был всеобщий и согласованный переход от парадигмы фиксизма* к парадигме мобилизма¹⁸. Я и сейчас считаю вполне уместным говорить об этой

* Автор применяет введенный им ранее термин «парадигма стабилизма» (stabilist paradigm). — Прим. перев.

перемене как о подлинной революции примерно в смысле Куна, хотя не следует выпускать из виду и того, что в первой половине нашего столетия благополучно сосуществовали обе парадигмы — и фиксизма, и мобилизма. Так что не стоит слишком увлекаться аналогией с политическими революциями, когда происходит полная смена верховной власти.

Ситуация с другими дискуссиями, обсуждаемыми в этой книге, менее однозначна. Например, в дискуссии непутистов — вулканистов — плутонистов нелегко определить противоположные парадигмы. Как отмечено в гл. 1, многие вулканисты придерживались целиком непутистской стратиграфической схемы и даже идеи об убывающем океане; они расходились только во взгляде на происхождение базальтов. Чрезмерным упрощением было бы видеть в непутистах и плутонистах соответственно защитников роли воды и внутреннего жара как доминирующих геологических факторов. В системе Геттона вода была не менее важна, чем тепло. Обе парадигмы были неполными, так же как и общее мировоззрение на этой примитивной стадии развития науки; прежде всего это объясняется неполноценностью или даже полным отсутствием стратиграфической основы. Падение непутизма, сопровождавшееся не грохотом, а скорее хныканьем и стонами, было вызвано развитием удовлетворительных методов стратиграфической корреляции не в меньшей степени, чем триумфальным наступлением плутонизма.

Что можно сказать о дискуссии между катастрофистами и униформистами? Здесь, без сомнения, присутствует разница в миропонимании. Но если стремиться к большей точности, то следует отделить, во-первых, общую платформу методологического униформизма Лайеля от более спорного конкретного (субстантивного) униформизма и, во-вторых, дирекционизм (направленное развитие) в концепции катастрофизма от темы эпизодичности, суть которой состоит в том, что длительные периоды покоя периодически прерываются эпизодами сравнительно резких перемен. Хотя жесткий дирекционистский подход, связанный с именами противников Лайеля, от Конибера до Кельвина, в конечном счете оказался дискредитированным и в начале XX в. Лайелю был вынесен оправдательный приговор, перестройку взглядов никак не назовешь революционной. Она, если вновь прибегнуть к аналогии с политикой, скорее напоминает постепенную реформу с временными неудачами и задержками (вспомним, например, ранние нападки Кельвина). Выяснилось, кроме того, что Лайель ошибался в вопросе развития органического мира. Что касается темы эпизодичности, то в гл. 4 мы уже познакомились с ее возрождением в последние годы, хотя и в более изощренном виде по сравнению с тем, что предлагалось в начале девятнадцатого столетия.

Споры, касающиеся ледникового периода, казалось бы, не имеют столь прямого отношения к вопросу применения теории Куна. Она могла одинаково восприниматься, как это и было на самом деле, и катастрофистами, и униформистами. Однако концепции морского ледового разноса (дрифта) и материковых оледенений имеют общее значение; на их базе могут быть созданы более обстоятельные гипотезы, объясняющие ряд явлений, наблюдаемых в ходе полевых исследований. Но говоря о парадигмах *дрифта* и *материковых оледенений*, надо иметь в виду, что они существовали совместно на протяжении нескольких десятилетий, прежде чем парадигма материковых оледенений завоевала почти всеобщее признание. Лайель, например, быстро и охотно воспринял продемонстрированное Агассисом повсеместное распространение следов ледниковой деятельности в его родной Шотландии, не ощутив при этом потребности отказаться от идеи обширных внедрений моря и плавающих айсбергов, которые при таянии сбрасывали на дно груз обломочного материала. В очередной раз, следовательно, ход изменения общего мнения напоминает постепенную реформу, а не революцию.

Сколь ни поучительной и стимулирующей мысль является работа Куна, я предпочитаю объяснение процесса развития науки, предложенное Имре Лакатосом¹⁹ — философом, с трудами которого следовало бы ближе познакомиться ученым.

Лакатос развивает мысль, что действия ученых направляются так называемой *программой исследования*, состоящей из методологических правил, указывающих, каких путей следует избегать (*негативная эвристика*) и каких придерживаться (*позитивная эвристика*). Все программы научного исследования можно охарактеризовать в соответствии с их «сердцевиной» (*hard core*). Негативная эвристика запрещает посягать на эту сердцевину, защищенную поясом из вспомогательных гипотез, которые должны выдерживать главный удар контрольных тестов и приспособливаться или же замещаться другими гипотезами, если это необходимо для защиты самой сути представлений. Программа исследования удачна, если приводит к «прогрессивным сдвигам в проблеме» (*progressive problem shift*), и неудачна, если ведет к «деградации проблемы» (*degenerating problem shift*).

Теория тяготения Ньютона — классический пример удачной программы исследования. В ньютоновской программе негативная эвристика защищает сердцевину, состоящую из трех законов динамики и закона всемирного тяготения, которые в соответствии с методологическими установками сторонников этой программы неопровержимы. На начальных этапах многочисленные видимые отклонения и противоречащие ей примеры были успешно трансформированы в примеры подтверждающие, и

угроза «поражения» обернулась на деле «победой»; тем временем все больше накапливалось эмпирического материала.

Позитивная эвристика программы, определяющая долгосрочную политику исследований, состоит из системы частично связанных между собой советов и намеков на то, как модифицировать и сделать более изощренным поддающийся «опровержению» защитный пояс. Позитивная эвристика может спланировать программу с перечислением ряда все более усложненных моделей, имитирующих реальность, которая может медленно совершенствоваться, почти невзирая на «опровержения».

Система взглядов Лакатоса, как мне кажется, описывает научную деятельность глубже, чем это удалось Попперу и Куну. Большинство ученых на протяжении всей своей научной жизни не создают и не ниспровергают радикальные новые теории. С другой стороны, термин Куна «разгадывание головоломок» по отношению к доминирующим по времени периодам «нормального состояния науки» принижает значение их деятельности. Временами одна парадигма действительно очень быстро вытесняет другую, как в случае «революции» в науках о Земле в 60-х годах текущего столетия, но Лакатос допускает и параллельное сосуществование парадигм. В том случае, когда результаты новых наблюдений и экспериментов подтверждают одну систему вспомогательных гипотез и противоречат другой, одна из парадигм может находиться в прогрессивной фазе, другая — в фазе деградации, но может случиться и так, что обе парадигмы будут в равной мере заслуживать серьезного отношения. Термин «революция» для таких случаев явно неуместен. Метод множества рабочих гипотез Чемберлена кажется разумным для теорий низшего уровня. Основополагающая теория, соответствующая парадигме Куна, действует на более высоком или по крайней мере на более общем уровне и менее уязвима для прямой критики.

Можно критически относиться к отдельным аспектам модели Лакатоса. Несколько неудачен выбор термина «программа исследования» (research programme), так как для большинства работающих ученых в нем заключен совсем другой конкретный смысл. Или взять сердцевину представлений: так ли она действительно неуязвима для прямой критики? Не может ли она под давлением критики со временем меняться? Как бы то ни было, в модели Лакатоса привлекает подчеркивание иерархического характера построения научных теорий, она позволяет по-новому взглянуть на великие дискуссии в геологии.

Так, нельзя сказать, что представления непунистов были отвергнуты в итоге определенно критической, фальсифицирующей серии наблюдений. Вернер приспособлял вновь поступающие факты, вводя вспомогательные гипотезы; примером может

служить идея об эпизодических повторных подъемах уровня Всемирного океана. Открытие изверженного происхождения базальтов Оверни не подтолкнуло ни д'Обюссона, ни фон Буха на попытку немедленной экстраполяции этих выводов на базальты Саксонии, что имело бы еще более решающее значение и тем более не заставило бы их отказаться от непунистской интерпретации геологической истории в целом. Не обязательно упрямство и глупость заставили Ричардсона отвергнуть предположение, что детальные наблюдения в Солсбери-Краг могут иметь принципиальное значение для общей теории Земли.

Со временем росло число выявленных отклонений, которые можно было увязать с основной теорией, лишь выдвигая все более невероятные *ad hoc** гипотезы, постепенно подрывавшие веру в основную гипотезу. В терминах Лакатоса непунизм в первые годы XIX в. вступил в фазу деградации.

Приблизительно то же случилось и с катастрофизмом, шаг за шагом сдававшим свои позиции. Вначале была оставлена диллювиальная теория, затем все меньше стали подчеркивать роль событий пароксизмального характера, несопоставимых с современными событиями. Наконец, потерпела фиаско, по крайней мере для фанерозоя, дирекционистская позиция. В случае с континентальным дрейфом противостоящие Вегенеру геологи попытались ответить на один из его наиболее серьезных доводов, заменив идею погружения в океан больших континентальных масс представлением о гораздо более узких перешейках. Эту вспомогательную гипотезу, оберегающую сердцевину фиксистской концепции и приспособленную к биогеографическим доказательствам существования палеосвязей между континентами, удалось окончательно опровергнуть только с помощью океанографических исследований после второй мировой войны.

Будущее тектоники плит

Мало кто, я думаю, станет отрицать, что с точки зрения нормальных научных критериев теория тектоники плит оказалась весьма удачной. Она охватывает широкий круг явлений, многое объясняет и обладает предсказательной силой, отличается первоклассной простотой и изяществом. С ней согласуются богатые данные океанографических исследований, накопленные за годы после второй мировой войны, которые не удавалось объяснить в рамках низвергнутой парадигмы, отрицавшей дрейф континентов. Базирующиеся на этой теории гипотезы выдержали разнообразную проверку, включающую сейсмологию, глубоководное бурение, расхождение траекторий перемещения полюсов

* На данный случай (лат.). — *Прим. перев.*

для разных континентов. Кажущиеся отклонения от теории, такие, например, как недеформированные молодые осадки в некоторых глубоководных желобах, также получили удовлетворительное объяснение.

Не являемся ли мы сейчас жертвами этого успеха? Есть ли основания думать, что новому поколению геологов предстоит в будущем совершить переворот не меньшего значения? Приходится признать, что так называемый «фактор неожиданности» все реже встречается в литературе последних лет. Все больше и больше исследователей следуют хорошо проторенными путями и вынуждены упорнее и тщательнее трудиться, чтобы открыть что-нибудь действительно новое. Во многих сферах достигнута стадия «нормального состояния науки», если позволительно еще раз воспользоваться термином Куна. Например, в крупном океанографическом институте стажеру могут поручить детально проанализировать небольшой участок океанического дна, действуя в соответствии с посылкой, что тектоника плит верна; в результате будут решены мелкие проблемы локального значения, возникшие в процессе предшествующего рекогносцировочного изучения магнитных аномалий. Это, очевидно, и есть то разгадывание головоломок, о котором говорит Кун.

Если бы дело сводилось только к этому, вряд ли можно было ожидать, что воображение широких кругов будет затронуто так надолго; источники финансирования научных исследований постепенно бы иссякли, а растущие расходы оплачивались бы все неохотнее. Но дело, конечно, не сводится только к этому. Присматриваясь ко всему сложному комплексу геологических наук, нельзя не поразиться, насколько по-новому позволила тектоника плит взглянуть, например, на процессы горообразования, магматизма и метаморфизма, формирование руд металлов, эвстатические колебания уровня Мирового океана, палеоклиматологию и палеобиогеографию. В эти и многие другие сферы геологии новая парадигма вдохнула новую жизнь, и, на мой взгляд, имеются все основания считать, что возросла не только количественная, но и качественная сторона соответствующих исследований. Иными словами, сейчас мы действуем на более высоком уровне понимания, чем в старые годы «фиксизма», хотя не приходится отрицать ни того, что впереди нас ждет еще множество проблем и неопределенности, ни заметной неравноценности успехов, достигнутых в разных направлениях.

Этот внушительный прогресс в геологии безусловно покоится на допущении, что теория тектоники плит верна. Используя терминологию Лакатоса, можно сказать, что программа исследования тектоники плит находится в прогрессивной фазе, ее сердцевина защищена от прямых посягательств целой серией вспомогательных гипотез, набор которых продолжает попол-

няться. Часть из них подтверждается поступающими данными, часть опровергается, но главный их каркас остается нетронутым.

Такое положение вещей должно сильно беспокоить строгого приверженца взглядов Поппера, поскольку из него вытекает, что тектоника плит прямо не фальсифицируется и, следовательно, ненаучна. Об ограниченности данного жесткого подхода уже говорилось выше; я предпочитаю придерживаться более умеренного принципа Цимана в сочетании с моделью Лакатоса. Эффектный переход ученых, изучающих Землю, на позиции мобилистской парадигмы сейчас уже исторический факт. Но теперь уместно задать вопрос: можно ли предполагать в будущем дальнейшее переключение общего мнения с отказом от тектоники плит? Представляет ли она собой всего лишь очередную теорию, которой предстоит уйти со сцены, как только наши знания возрастут, или же она сохранится в обозримом будущем как устойчивое ядро наук о Земле?

Надо ясно представлять, что если тектонике плит суждено быть отвергнутой в будущем, то для этого необходимо, чтобы была сделана целая серия совершенно новых открытий в ряде дисциплин. Только в этом случае защитный пояс вспомогательных гипотез не сможет устоять перед натиском вновь возникающих противоречий. Предсказывать будущее рискованно, однако я все-таки попытаюсь порассуждать в надежде спровоцировать дискуссию.

Из приведенных раньше соображений должно быть ясно, что мне представляется в высшей степени маловероятным, чтобы какие-либо существенные изменения могли произойти в ближайшем будущем. Успехи тектоники плит в последние несколько лет настолько велики, что даже в случае появления и накопления аномальных фактов она не будет отброшена без самых серьезных усилий найти им объяснение в рамках существующей теории. В более же длительной перспективе рассмотрим три возможных варианта.

1. Вопреки героическим усилиям А. А. Мейерхоффа и некоторых других ученых я не вижу никаких надежд на контрреволюцию со стороны фиксистской парадигмы, отрицающей дрейф континентов. Многие возражения против тектоники плит оказываются, по общему мнению, необидительными; остальные легко устраняются с помощью незначительной модификации теории.

2. Можно допустить, хотя это и маловероятно, что тектонику плит заменит другая мобилистская парадигма, а именно парадигма быстро расширяющейся, начиная с раннего мезозоя, Земли²⁰. Эта парадигма, вероятно, в состоянии объяснить многое из нового материала по океанам не хуже, чем тектоника плит;

но она принципиально отличается от тектоники плит тем, что в ней отрицается фундаментальный тезис о равенстве объемов коры, образующейся в океанических хребтах и уничтожаемой в зонах субдукции. Можно вообразить, например, программу исследования, цель которой состоит в том, чтобы показать, что экстраполяция в прошлое современной системы магнитных аномалий океанического дна приводит к результатам, не совместимым с представлением о постоянстве земного радиуса; или что явления на активных континентальных окраинах находят удовлетворительное объяснение без привлечения процессов субдукции; или что сплошная континентальная кора присутствовала на всей площади моря Тетис — там, где сейчас большинством геологов допускается реликт океана.

При этом потребуются, однако, преодолеть серьезные препятствия со стороны геофизики и дать объяснение другим важным геологическим явлениям, удовлетворительно вписывающимся в теорию тектоники плит. К ним относятся, в частности, орогеническая и магматическая активность домезозойского времени и колоссальная морская трансгрессия позднего мела. В настоящее время модель быстро расширяющейся на последних этапах геологической истории Земли создает, по-видимому, проблем больше, чем решает; но ее, безусловно, нельзя сбрасывать со счета.

3. Кажется более вероятным, что тектоника плит по-прежнему сохранит свои позиции, хотя, возможно, и с некоторыми существенными поправками. Так это или не так, можно судить на примере работы Джордана²¹.

Джордан отмечает, что хотя теория в ее современном виде весьма успешно описывает образование и разрушение базальтовой океанической коры, данные сейсмологии указывают на значительные различия между мантией под континентами и под океанами, которые прослеживаются до глубины несколько сот километров и вызывают мысль о существовании глубоких корневых зон, перемещающихся вместе с континентами. Это затрагивает одно из основных утверждений теории тектоники плит, что плиты ограничены литосферой мощностью всего 100 км и скользят по более податливой астеносфере, отмеченной слоем пониженных скоростей.

Джордан продолжает разрабатывать умозрительную модель, не противоречащую сейсмологическим и петрологическим данным, в которой фигурирует процесс истощения базальтов верхней мантии под щитами древних платформ, или кратонов. На взгляд неспециалиста, не берущего на себя смелости судить о технических достоинствах модели, она внушает доверие и относится к категории именно тех конструктивных модификаций существующей теории, на которые можно рассчитывать в буду-

щем, — ребенок при этом не выплескивается вместе с водой. Любопытно, что близкие к этому аргументы, основанные на сейсмических данных и сведениях о тепловом потоке, были еще в «доплитные» дни выдвинуты Макдональдом²², допуская серьезные различия в строении верхней мантии под континентами и океанами. Вывод Макдональда, будто это исключает возможность дрейфа континентов, был отвергнут, а его данные получили позже иную интерпретацию со стороны тех, кто принял тектонику плит. Хороший пример могущества господствующей парадигмы!

Мы, вероятно, находимся лишь в начале длительных дебатов относительно особенностей верхней мантии. Для правильного понимания природы сил, определяющих движение плит, крайне необходимо знать о ней больше. Без этого теория плит будет оставаться незавершенной. Вегенеру не удалось предложить подходящий механизм движения континентов, и это стало одной из главных причин того, что он не смог склонить общее мнение в пользу своих мобилистских взглядов. Намного ли мы мудрее сегодня?

Примечания

¹ *Planck M.* (1949). *Scientific autobiography and other papers*, p. 33. Translated by G. Gaynot. Phil. Lib., New York.

² *Porter R.* (1977). *The making of geology*. Cambridge University Press.

³ *Gould S. J.* (1980). *The Panda's thumb*, p. 180, Norton, New York.

⁴ *Porter R.* (1976). *Brit. J. Hist. Sci.* 9, 91. В своей решимости дискредитировать историческую концепцию Лайеля, изложенную в «Принципах геологии», Портер слишком увлекся: «Дидактические, полемические устремления Лайеля заставили его написать что-то вроде анахроничной виговской истории о героях и злодеях. Лайель слишком поглощен, воздавая должное добру и высмеивая легкомыслие, чтобы должным образом поинтересоваться, почему люди думают так, а не иначе или почему некоторые из них находят правильные ответы, тогда как другие лишь «сдерживают движение к истине», — по крайней мере предложенное им объяснение не более чем бойкие карикатуры».

Мне кажется, что этот упрек несправедлив. Лайель проявил благородство ко многим из своих предшественников, и в свете знаний и манеры поведения того времени его суждения достаточно соразмерны. Его критика в адрес непутистов выглядит более сдержанной, чем критика многих из его современников и, конечно, Портера.

⁵ *Резерфорд*, возможно, иронизировал, произнося свое знаменитое изречение: «Вся наука состоит из физики и коллекционирования марок», но Кельвин, бесспорно, вполне одобрил бы такую позицию; известны его слова, что данные, которые невозможно выразить количественно, не достойны внимания ученого. К счастью, это традиционное высокомерие физиков по отношению к другим наукам в последнее время поубавилось.

⁶ *Майкл Руз* вполне убедительно отстаивает мнение, что на научную позицию ученых могут сильно влиять их философские взгляды на науку (*Michael Ruse* (1979). *The Darwinian revolution*. Univ. Chicago Press). Примером служит противоположное отношение Гершеля и Юэлла к доктрине Лайеля. Джон Гершель, один из известнейших астрономов и разно-

сторонних ученых своего времени, с жаром приветствовал появление «Принципов геологии», так как образ мыслей Лайеля близко соответствовал его собственной доктрине *vera causa* (истинных причин), требовавшей аргументации по аналогии с нашим собственным опытом. В его поддержке заключена доля иронии, поскольку исследования самого Гершеля, касающиеся изменения со временем эксцентриситета орбиты, подкрепляли дирекционистскую концепцию остывающей Земли. Юэлл, напротив, был скорее рационалистом, а не эмпириком. Он понимал, что принцип *vera causa* неоправданно ограничивает любые основанные на нем методологические правила, так как «запрещает нам искать другие причины, кроме тех, которые нам и так уже известны; но как же, следуя данному правилу, сможем мы познакомиться с какими-либо новыми причинами?»

- ⁷ Popper K. R. (1959). *The logic of scientific discovery*. Hutchinson, London.
- ⁸ «Я не занимаюсь выдумыванием гипотез».
- ⁹ Как противопоставление «аналитическому» — еще куда ни шло, но термин «описательный» применительно к геологии заставляет меня поморщиться — как будто бы интерпретация не является составной частью этой науки!
- ¹⁰ Chamberlin T. S. (1890). *Science*, 15, 92.
- ¹¹ В последнее время Поппер отошел от этих позиций и теперь признает, что исторические теории можно считать научными, если только они допускают проверку (Popper K. R., *Letter in New Scientist*, 21 August 1980).
- ¹² Критику взглядов Поппера см. в работе: Suppe F. (Ed.) (1977). *The structure of scientific theories* (2nd. edn). University of Illinois Press, Urbana.
- ¹³ Lakatos I. (1978). *Anomalies versus «crucial experiments»*. В кн.: *Mathematics, science and epistemology: philosophical papers of Imre Lakatos* (ed. J. Worrall and G. Gurrie). Cambridge University Press.
- ¹⁴ Ziman J. (1978). *Reliable knowledge*. Cambridge University Press.
- ¹⁵ Polanyi M. (1958). *Personal knowledge*. Routledge and Kegan Paul, London.
- ¹⁶ Kuhn T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press.
- ¹⁷ См., например: Lakatos I. and Musgrave A. (Eds.) (1970). *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge University Press.
- ¹⁸ Hallam A. (1973). *A revolution in the earth sciences*. Oxford University Press.
- ¹⁹ Lakatos I. (1970). *Falsification and the methodology of scientific research programmes*. В кн.: *Criticism and the growth of knowledge* (ed. I. Lakatos and Musgrave), p. 91. Cambridge University Press.
- ²⁰ Carey S. W. (1976). *The expanding earth*. Elsevier, Amsterdam. Owen H. G. (1976). *Phil. Trans. R. Soc. London*, A281, 223.
- ²¹ Jordan T. H. (1979). *Sci. Am.*, 240(1), 70.
- ²² Macdonald G. J. F. (1963). *Rev. Geophys.*, 1, 587.

Предметный указатель

- Актуализм 43
Аппалачский складчатый пояс 156
Астеносфера 180, 205
- Базальты 16—20, 22, 23, 28—31, 35, 37, 38, 139, 147, 163, 169, 172, 174, 202
«Бараньи лбы» 87, 93
- Варисский складчатый пояс 162
Вернеровское общество 34, 59
Волны трансляции 84
Восточно-Африканский рифт 172, 175
Восточно-Тихоокеанское поднятие 172, 174
Всемирный потоп 50, 56, 58, 69, 80, 83, 141
Вулканисты 17, 26, 69, 199
- Геогнозия 12, 32
Геоманнитное поле 169
Геоманнитные инверсии 171, 175—176, 177, 178
Геосинклинальная концепция 138—139
Гийоты 173
Глоссоптериевая флора 149, 155, 165
Гондваналэнд (Гондвана) 139, 142, 149, 157, 165, 168, 171
Граниты 20—26, 31, 33, 36, 37, 76, 83, 86, 88, 89, 147, 163
Граниты Портсой 23
- Джарамилло, событие 178, 179
Династемы 129
Дилювиалисты 56, 69, 83, 85
Дилювиальные отложения 83
Дирекционизм 69
Дрейф континентов 137—186
гипотеза *Вегенера* 144—150
— *Снайдера* 140—141
— *Тэйлора* 142—143
идеи *Фишера* 144—150
Дрифтовые отложения 84, 100
- Зеленокаменные породы 23, 25, 31
- Изостазия 141, 146—148, 157—159
Изоэстатическая компенсация 138, 141
Изотопы 130
- Каледонский складчатый пояс 156, 162
Катастрофизм 43, 53, 54, 56, 69, 132, 199
Катастрофисты 61, 69, 75, 105, 131, 200
Конвективные течения в мантии 122, 141, 163, 174, 176, 182, 185
Коралловые рифы 74
Космогония 11, 43
Красный лежень 13
Кремни 37
- Лавразия 165
Ламонтская геологическая обсерватория 177, 179, 183
Ледники 85, 87—89, 91, 92, 94—97, 100
Ледниковая теория 85—101
Литосфера 180, 205
Луна 142, 143
- Магнитные аномалии на океаническом дне 174, 176, 177
Магнитные свойства горных пород 168—171, 177, 193
Мамонты 53, 54, 80
Мантия 173, 174, 176, 180, 205, 206
Медистый сланец 13, 14
Мезозавр 149
Метод преломленных волн 172
Миграция полосов 142, 149, 156, 170
Морены 85, 89, 93, 95, 157, 164
Мостовая Гигантов 19
- Нептунизм 30, 34, 55, 199
Нептунисты 15, 26, 38, 56, 69, 72, 189, 193, 199
«Новейшие наносы» 14

- Окаменелости (ископаемые организмы) 40, 51, 52, 58, 68, 73, 75, 77, 78, 84, 95, 100, 117, 119, 133, 148, 166, 184, 193, 194
- Океанские желоба 173, 174
- Осадки пещер 57
- Островные дуги 173, 179
- Палеомагнетизм *см.* Магнитные свойства горных пород
- Пангея 146, 149, 151, 156, 162
- Параллельные дороги в Глен-Роуе 93, 94, 102
- Парижский бассейн 40, 52, 54, 62, 67
- Первозданная порода (первозданная формация) 13—15, 17, 27, 32, 39
- Переходные породы (переходная формация) 13—15, 17, 18, 27, 39
- Перидотиты 147, 163, 172
- Писчий мел 13, 52, 62
- Планетезимальная гипотеза 124
- Плутонизм 56, 193
- Плутонисты 23, 69, 199
- Покровы (шарьяжи) 146
- Порфиры 25, 29, 31
- Прецессия равноденствия 117
- Приливное трение 111, 113, 116, 123, 150, 153
- Проект глубоководного бурения 173
- Проект Мохола 173
- Радиоактивность горных пород 126, 127, 129, 146, 163
- Радиометрическое датирование 127—130, 171, 178, 194
- Раковинный известняк 14
- Сналь 139, 156, 164
- Сима (*sima*) 139, 153—156, 164, 185
- Скоша дуга 143, 146
- Солнце 107—109, 113, 114, 116, 125
- Сотворение мира 37, 49, 51, 57, 80, 84, 141
- Спрединг 173—179
- гипотеза *Хесса* 174, 193
- Срединно-Атлантический хребет 141, 172, 174, 180
- Стратиграфия 39, 55, 56, 62, 74, 132, 193
- Тектоника плит 137, 141, 179—181, 202—206
- Теория дрейфа 84, 92, 93, 98, 99
- Теория прерывистого равновесия 134
- Тетис, море 165, 205
- Тиллиты 149
- Тилль 83
- Тихоокеанско-Антарктический хребет 178
- Трансформные разломы 178, 180
- Униформизм 43, 59, 69, 111, 112, 114, 131, 132, 193, 199
- Униформисты 69, 200
- Урано-свинцовый метод датирования 127—129, 193
- Фанерозойская геохронологическая шкала 130
- Флёцевые породы (флёцевая формация) 13, 14, 17, 18, 27, 39
- Центральный Французский массив 18, 20, 60, 63, 64, 67
- Цехштейн 14
- Эвапориты 149, 170
- Эвстатические изменения уровня моря 140
- Эйлера теорема 180, 183
- Эксцентриситет земной орбиты 117, 207
- Эрратические глыбы 89—93, 98, 100
- Этвеша сила 150, 154

Именной указатель

- Агассис (Agassiz) 75, 89—93, 96—98, 100, 102, 103, 189, 190, 192, 196, 200
Агрикола (Agricola) 17
Адам (Adam) 21
Адамс (Adams) 41
Адемар (Adhémar) 117
Апхэм (Upham) 121
Арган (Argand) 161, 182, 187
Ардуино (Arduino) 20
Ашер (Ussher) 104
- Бадаш (Badash) 135
Баррел (Barrell) 128—130, 132, 135
Беверидж (Beveridge) 188
Бейкер (Baker) 142, 186
Бейли (Bailey) 41, 79, 81, 162
Беккерель (Becquerel) 126
Бенндорф (Benndorf) 184
Бергман (Bergman) 14, 39
Берлин (Berlin) 134
Бернарди (Bernhardi) 91, 92, 101, 103
Бернет (Burnet) 11, 43
Берри (Berry) 156
Берчфилд (Burchfield) 134
Блэк (Black) 21, 22, 24, 79
Блэкетт (Blackett) 169—171, 187, 188
Болтвуд (Boltwood) 127, 128
Боуи (Bowie) 156
Брейслак (Breislak) 17, 20
Бретц (Bretz) 136
Бронн (Bronn) 77
Броньяр (Brongniart Adolphe) 55, 77
Броньяр (Brongniart Alexandre) 40, 51, 52, 54, 62
Брюнес (Bruhnes) 168
Букланд (Buckland) 35, 56—59, 69, 72, 80, 81, 83, 92, 93, 95, 96, 99, 103, 111, 190, 196
Буллард (Bullard) 169, 170, 175, 182, 183, 187, 188
Бух, фон (von Buch) 27—30, 38, 39, 41, 64, 67, 75, 87, 91, 98, 189, 202
Буэ (Boué) 35
Бэкон (Bacon) 195, 197
Буэффон (Buffon) 11, 16, 18, 105, 109
- Вайн (Vine) 174—179, 181, 187, 194
- Ваке (Vacquier) 174
Ван Ватерсхот ван дер Грахт (Van Waterschoot van der Gracht) 154, 187
Вегенер (Wegener A.) 137, 142, 144, 146—162, 164—167, 170, 171, 181—186, 191, 192, 196, 197, 202
Вегенер (Wegener E.) 144, 158, 186—188
Вегенер (Wegener K.) 144, 145
Венетц (Venetz) 88, 89, 91, 92, 102
Вернер (Werner) 11, 12—21, 26—28, 30, 31, 36—39, 41, 44, 54, 189, 191, 196, 201
Вико (Vico) 104
Вудворд (Woodward H. B.) 103
Вудворд (Woodward J.) 43
Вундт (Wundt) 184
- Галилей (Galileo) 90
Гейки (Geikie) 41, 42, 99, 103, 112, 115, 116, 119, 122, 124, 132, 135
Гексли (Huxley) 114, 115, 122, 132, 135, 192
Гельмгольц (Helmholz) 108
Гершель (Herschel) 206, 207
Геттар (Guettard) 18—20, 38, 41
Геттон (Hutton) 21—27, 30, 31, 34, 37—39, 41, 44—52, 66, 79, 80, 81, 85—87, 102, 105, 106, 191, 196
Гийо (Guyot) 98
Гирдлер (Girdler) 175, 187
Грегори (Gregory) 157, 187
Грин (Green) 82
Гринаф (Greenough) 95
Гуд (Good) 165
Гудфилд (Goodfield) 134
Гулд (Gould) 131, 133, 136, 190, 206
Гумбольдт (Humboldt) 28, 39, 62, 91
- Д'Аламбер (d'Alembert) 19
Далримпл (Dalrymple) 178
Дарвин (Darwin C. R.) 22, 36, 72—74, 82, 96, 102, 105—107, 109, 113, 114, 131—135, 190, 191
Дарвин (Darwin F.) 42, 135
Дарвин (Darwin G. H.) 123, 135, 142

- Даттон (Datton) 141
 Даусон (Dawson) 101
 Декарт (Descartes) 109
 Де ла Беш (De la Beche) 72, 82
 Демаре (Desmarest) 18—20, 25, 38, 41, 52, 60
 Де Соссюр (de Saussure) 16, 26, 41, 52, 85—87, 102
 Дехайе (Deshayes) 68
 Джеймсон (Jamieson R.) 13, 31—36, 41, 42, 52, 56, 189
 Джеймсон (Jamieson T. F.) 99, 103
 Дженкин (Jenkin) 114, 135
 Джеффрис (Jeffreys) 153, 154, 156, 163, 166, 183, 187—189, 194
 Дживерс (Gevers) 168, 187
 Джиллиспи (Gillispie) 80
 Джиллули (Gilluly) 133, 136
 Джоли (Joly) 120, 121, 129, 135, 189
 Джордан (Jordan) 205, 207
 Джорджи (Georgi) 186
 Дидро (Diderot) 19
 Динер (Diener) 160
 Дитц (Dietz) 173
 Д'Обюссон (d'Aubuisson de Voisins J. F.) 27—30, 38, 41, 202
 Долл (Doell) 178, 179
 Доломье (Dolomieu) 20, 21, 28, 29, 41, 44, 52
 Дотт (Dott) 41
 Дрейк (Drake) 79
 Дэвис (Devies) 79
 Дэли (Daly) 161, 162, 187
 Дэна (Dana) 101, 121, 138—140, 186
 Дю Тойт (Du Toit) 164—166, 168, 171, 181, 187, 192
- Жофруа Сент-Илер (Geoffroy Saint-Hilaire) 51**
- Зуппе (Suppe) 207
 Зюсс (Suess) 139, 140, 143, 165, 167, 182, 186
- Ив (Eve) 135**
 Имбри (Imbrie J.) 102, 103
 Имбри (Imbrie K. P.) 102, 103
 Ирвинг (Irving) 170
- Кант (Kant) 105, 108
 Кароцци (Carozzi) 102, 103, 186
 Каупер (Cowper) 104
- Кебл (Keble) 72
 Кельвин (Kelvin) 106—127, 146, 189, 190, 192, 193, 194, 199, 206
 Кёнигсбергер (Koenigsberger) 187
 Кёппен (Кёppen) 144, 158, 160
 Кинг (King A. G.) 135
 Кинг (King C.) 120, 121, 124
 Кирван (Kirwan) 25, 35, 37, 41, 49, 50, 57, 79, 105
 Кларк (Clarcke) 42
 Кларк оф Элдин (Clark of Eldin) 21, 23
 Клегр (Clegg) 187
 Клерк Максвелл (Clerk Maxwell) 134
 Кокс (Cox) 178, 179, 186
 Колман (Coleman) 157, 187
 Кониберг (Conybeare) 35, 56, 69, 70, 80, 82, 111, 199
 Кох (Koch) 144
 Крайхгауэр (Kreichgauer) 142, 186
 Крир (Creer) 170
 Кролл (Croll) 100, 101, 103, 112, 113, 115—117, 120, 122, 134, 135
 Кун (Kuhn) 195, 197—201, 203, 207
 Кэри (Carey) 182, 193, 207
 Кювье (Cuvier) 13, 19, 40, 41, 51—56, 58—60, 62, 77, 80, 89, 105, 136, 191
 Кюри (Curie) 126
- Лайель (Lyell C.) 11, 36, 42, 43, 57, 61—68, 69, 71—79, 81, 84, 92, 93, 99, 105, 110, 111, 113, 115, 117, 121, 131—133, 141, 190, 191, 196, 197, 199, 200, 206, 207**
Лайель (Lyell K. M.) 81
 Лакатос (Lakatos) 200, 203, 204, 207
 Ламарк (Lamarck) 51, 54
 Ламберт (Lambert) 35
 Лаплас (Laplace) 105, 108
 Ларошель (Larochelle) 187
 Лейбниц (Leibnitz) 11, 41, 109
 Леман (Lehman) 14, 26, 39, 52
 Ле Пишон (Le Pichon) 178, 180, 187, 188
 Лёффельхольц фон Кольберг (Loeffelholz von Colberg) 142, 186
 Локк (Locke) 11
 Ломоносов 44
 Лонгвелл (Longwell) 154, 181
 Лэйк (Lake) 150, 151, 186
 Лэмплаф (Lamplugh) 152
 Люк (Luc J. A. de) 25, 37, 50—52, 79, 80, 85, 98
 Люк Младший (Luc J. A., Jun.) 97

- Макдоналд (Macdonald) 183, 206, 207
 Мак-Кензи (McKensie) 180
 Мантел (Mantell) 62, 73
 Марвин (Marvin) 186
 Мейерхофф (Meyerhoff) 204
 Мейсон (Mason) 174, 175, 187
 Миланкович (Milankovitch) 101, 160
 Милл (Mill) 195
 Миллер (Miller) 77
 Морган (Morgan) 180, 188
 Морли (Morley) 175—177, 187
 Моро (Moro) 17, 24
 Маултон (Moulton) 124
 Мурчисон (Murchison) 40, 57, 63, 64,
 75, 92—94, 97—100, 189
 Мэтьюс (Matthews) 175, 176, 178, 179,
 181, 187
- Н**
 Нитеки (Nitecki) 183
 Норт (North) 102, 103
 Ньютон (Newton) 11, 104, 149, 195,
 200
- О**
 Оксбург (Oxburg) 188
 Олдхэм (Oldham) 152
 Опдайк (Opdyke) 177, 179
 Осповат (Ospovat) 40, 41
 Оуэн (Owen H. G.) 207
 Оуэн (Owen R.) 77
- П**
 Паллас (Pallas) 16, 44, 52
 Пероден (Perraudin) 88
 Перри (Perry) 123, 124
 Пикеринг (Pickering) 142
 Пинкертон (Pinkerton) 16, 41
 Питер (Peter) 187
 Питман (Pitman) 178, 179
 Планк (Planck) 189, 206
 Плейфер (Playfair) 11, 21, 22, 27, 31,
 34, 37, 41, 45—48, 51, 66, 79, 80,
 87, 88, 102, 111, 114, 191
 Плиний (Pliny) 17, 24
 Поланьи (Polanyi) 197, 207
 Поппер (Popper) 195, 197, 201, 207
 Портер (Porter) 11, 40, 42, 134, 190,
 206
 Прево (Prévost) 62, 72
 Пэли (Paley) 57
- Р**
 Рамзей (Ramsay) 99, 100, 103
 Ранкорн (Runcorn) 170, 171, 177, 183,
 187, 188, 193
 Распе (Raspe) 20
- Рафф (Raff) 174, 175, 187**
 Резерфорд (Rutherford) 126, 127, 135,
 206
 Рид (Reade) 117, 119, 135
 Ричардсон (Richardson) 35, 202
 Рудвик (Rudwick) 65, 80—82, 103, 136
 Руз (Ruse) 206
 Рупке (Rupke) 141, 186
- Саани (Sahni) 165**
 Свит (Sweet) 36, 42
 Седжвик (Sedgwick) 36, 40, 55, 58,
 61, 69, 70, 72, 75, 77, 80—84, 102,
 111, 131, 189
 Симпсон (Simpson) 136, 166, 167, 187
 Скроуп (Scrope) 60, 61, 63, 66, 68, 72,
 81, 105, 191
 Смит (Smith A.) 21, 42
 Смит (Smith A. G.) 182
 Смит (Smith W.) 40, 55, 106
 Снайдер-Пеллигрини (Snider-Pelleg-
 rini) 140, 141, 186
 Содди (Soddy) 126, 127
 Соллас (Sollas) 120
 Стено (Steno) 17, 41
 Страбон (Strabo) 23, 24
 Стратт (Strutt) 127, 128, 135
 Стюарт (Stewart) 21
 Сулави (Soulavie) 20
 Сьюард (Seward) 135, 165
 Сэлливен (Sullivan) 186
- Таквелл (Tuckwell) 80**
 Тальвани (Talwani) 178
 Тиддеман (Tiddeman) 100, 103
 Тихомиров 79
 Томпсон (Thompson) 134
 Томсон (Thomson J. J.) 127, 134, 135
 Томсон (Thomson W.) *см.* Кельвин
 Торелл (Torell) 100
 Тоттен (Totten) 186
 Тулмин (Toulmin G. H.) 79
 Тулмин (Toulmin S. E.) 134
 Тэйлор (Taylor F. B.) 142, 143, 154,
 186, 192
 Тэйлор (Taylor K. L.) 41
 Тэйт (Tait) 116, 122, 124, 135
- Уиллис (Willis) 156, 167, 168, 187**
 Уилсон (Wilson J. Tuzo) 178—180,
 187, 195
 Уилсон (Wilson L. G.) 81
 Унстон (Whiston) 11, 43
 Уоллес (Wallace) 121, 135, 192

- Фергюсон (Ferguson) 21
 Филлипс (Phillips) 106, 107, 113, 116, 118, 134
 Фиттон (Fitton) 34, 35, 39, 42
 Фишер (Fisher) 121—123, 135, 141, 142, 152, 174, 186
 Флеминг (Fleming) 59, 61, 81
 Фожа де Сент-Фонд (Faujas de Saint-Fond) 20
 Фойгт (Voigt) 20
 Форбс (Forbes) 96
 Френкель (Frankel) 187, 188
 Фурье (Fourier) 55, 107, 110
 Фюксель (Füchsel) 12, 14, 39, 52
- Хафс (Hughes) 42
 Хаюи (Haüy) 51
 Хедберг (Hedberg) 41
 Хейрцлер (Heirtzler) 178
 Хесс (Hess) 173—175, 178, 187, 194
 Хизен (Heezen) 172, 177
 Ховарт (Howarth) 101
 Холл (Hall) 31, 42, 46, 48, 58, 79
 Холли (Halley) 11
 Холмс (Holmes) 128, 129, 131, 135, 162—164, 166, 174, 182, 185, 187
 Хоойкаас (Hooykaas) 43, 79, 135
 Хопкинс (Hopkins) 96, 97, 103, 135, 194
 Хосперс (Hospers) 171
 Хотон (Haughton) 119, 120, 129, 135
 Хук (Hooke) 11, 79
 Хэллем (Hallam) 186, 207
- Циман (Zeeman) 136**
- Циман (Ziman) 197, 198, 204, 207
 Циттель (Zittel) 41
- Чарлсворт (Charlesworth) 102
 Чемберлен (Chamberlin R. T.) 157, 185
 Чемберлен (Chamberlin T. C.) 124, 125, 135, 196, 201, 207
- Шамбер (Chambers) 77**
 Шарпентье, де (de Charpentier) 88—92, 98, 102, 103, 192
 Шварцбах (Schwarzbach) 186
 Шимпер (Schimper) 90
 Штилле (Stille) 133
 Штуббс (Stubbs) 187
 Штудер (Studer) 81
 Шухерт (Schuchert) 155, 156
- Эверетт (Everett) 182
 Эйджер (Ager) 136
 Эйри (Airy) 137
 Элдридж (Eldredge) 133, 136
 Эли де Бомон (Elie de Beaumont) 55, 67, 70, 74—76, 80, 90
 Эльзассер (Elsasser) 169
 Энгельхардт (Engelhardt) 42
 Эсмарк (Esmark) 92
- Юинг (Ewing) 177, 183**
 Юм (Hume) 21, 42
 Юэлл (Whewell) 69, 71, 72, 82, 96, 206, 207

Географический указатель

- Австралия 140, 170
Австрия 98
Аденский залив 172, 175
Азия 90, 140, 143, 157
Альпы 26, 27, 29, 30, 44, 70, 74—76,
83—91, 93, 94, 98, 100, 141, 146,
147, 156, 161
Амазонка, р. 98
Англия 83, 92, 93, 95, 97, 150
Анды, горы 58, 73, 147, 156
Антарктида 100, 140, 146, 155
Антильские острова 146
Апеннины, горы 75
Арктика 92, 98, 119, 144, 155
Арран 24—26
Атлантический океан 137, 139, 141—
143, 145—147, 149, 152, 154, 162,
167, 174, 177, 182
Атлас, горы 161
Африка 81, 140, 145, 146, 154—156,
158, 164, 165
- Бавария 90
Бекс 88, 89
Бервикшир 21, 26
Берингов пролив 156
Берлин 100, 144
Бернские Альпы 67
Бискайский залив 165
Богемия 12, 18
Боллахулиш 93
Бразилия 145, 149
- Вале 88
Валорзин 26, 27
Валь-де-Бань 88
Валь-де-Бов 64
Валь-ди-Ното 65
Ванкувер, о. 178
Вашингтон 130
Везувий, влк. 29, 64
Веле 20
Великобритания 37, 55, 56, 84, 92, 96,
99, 100, 154, 162, 171, 181
Вельд 62, 105, 109, 113
Виваре 20, 28
Виченцские Альпы 54
Восточная Англия 21, 95
- Гавайские о-ва 170
Галловой 24—26
Гамбург 144
Гарц 14
Германия 29, 55, 92, 100, 144, 191
Гессен 20
Гималаи 58, 137, 143, 146, 147, 156
Глазго 92, 107
Гларнские Альпы 75
Глен-Рой См. «Параллельные дороги
в Глен-Рое» в предметном указа-
теле
Глен-Титл 23, 25, 26, 196
Грац 144, 184
Гренландия 100, 143, 144, 147, 159,
186
Гэмпшир 63
- Дрейсигаккер 92
Дублин 119, 120
Дьяблер 89
- Египет 67
- Жарден де Планта 51
Женева 50, 98
- Залев 86
Зеленого Мыса о-ва 86
- Индийский океан 74, 155, 172, 174,
175, 177
Индия 140, 143, 146, 149, 165, 171
Индонезия 93, 95
Ирландия 93, 95
Искья, о. 64
Исландия 178
Италия 17, 19, 29, 44, 67
- Йоркшир 57
- Канада 143
Канарские о-ва 30
Канзас 178
Карибское море 173, 180
Карлсберг, хр. 172, 174, 175
Карпаты 75
Кембридж 58, 81, 96, 110, 153, 170,
175, 178, 181, 192

- Киркдейлские пещеры 57
 Кокимбо, равнина 73
 Красное море 175
- Лейден 21
 Ле-Пюи 61
 Лимань 63
 Лондон 35, 62, 126, 128, 170, 182
 Луара, р. 61
 Люцерн 88, 89
- Мадагаскар 140, 166
 Малайзия 143
 Марбург 144, 150
 Монблан 88
 Монреаль 126
 Мюнхен 90
- Неаполитанский залив 24
 Невшатель 90, 92, 93
 Ницца 64, 67
 Норвегия 30, 76, 92
 Нью-Гэмпшир 97
 Нью-Йорк 154, 167, 183, 185
 Ньюкасл-апон-Тайн 177
- Овернь 18—21, 28, 29, 38, 202
 Озерный округ (Англия) 93
 Оксфорд 57, 62, 72, 81, 92, 106, 120, 192
- Падуя 20, 64
 Палермо 80
 Париж 21, 51, 91
 Пиренеи 35, 55, 76, 91, 165
 Пиренейский п-ов 165
 Портраш 30, 35
 Принстон 173, 180
- Рейкьянес, хр. 178
 Рим 29, 183
 Рона, р. 85, 86, 89, 90
 Рудные горы 12—14
- Савойские Альпы 54
 Саксония 12, 17, 28, 38, 52, 202
 Санторин, влк. 24
 Северная Америка 74, 84, 90, 97, 101, 137, 139, 140, 146, 170, 171, 181, 192
 Северная Ирландия 19, 30
 Северное море 76, 100
 Сейшельские о-ва 172
- Сиккар-Пойнт 26, 46
 Силезия 12, 29
 Сиракузы 65
 Сицилия 64, 65
 Скалистые горы 156
 Скандинавия 30, 88
 Сноудон, горы 97
 Солсбери-Краг 23, 35, 36, 202
 Средиземное море 143
 Стейнмор 96
 США 133, 154, 161, 181, 191
- Тасмания, о. 181
 Темза, р. 61
 Тихий океан 74, 139, 142, 173—176
 Торонто 195
 Тюрингия 14, 52
- Уиклоу, горы 93
 Уэльс 97
- Флегрейские поля 24, 29
 Фольклендское плато 154
 Форфашир 96
 Фрайберг 12, 13, 31, 191
 Франкфурт-на-Майне 145, 150
 Франция 55, 60—62, 84, 105
- Христианния 30
 Хуан-де-Фука, хр. 178
- Чили 73, 102
- Шайбенберг 20
 Шамбери 98
 Швейцария 75, 85, 87, 88, 90, 92—94, 97—99
 Шотландия 23, 93, 96, 97, 200
 Шотландские нагорья 93, 94, 99, 102
 Штутгарт 51
- Эгейское море 24
 Эдинбург 21—23, 31, 32, 35, 51, 93, 191
 Эйфель 23
 Этна, влк. 64
- Южная Америка 73, 140, 146, 158, 164
 Южно-Шотландская возвышенность 93
 Юра, горы 85, 87—93, 97, 98

Оглавление

Предисловие редактора перевода	5
Предисловие	7
Глава 1. Нептунисты, вулканисты и плутонисты	11
Глава 2. Катастрофисты и униформисты	43
Глава 3. Ледниковый период	83
Глава 4. Возраст Земли	104
Глава 5. Дрейф континентов	137
Глава 6. Общие соображения	189
Предметный указатель	208
Именной указатель	210
Географический указатель	214

Энтони Хэллем

ВЕЛИКИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ СПОРЫ

Научный редактор Н. А. Никишина. Младший научный редактор Т. С. Егорова. Художник В. П. Груздев. Художественный редактор А. Я. Мусин. Технический редактор Л. В. Рыбалко. Корректор А. Я. Шехтер.

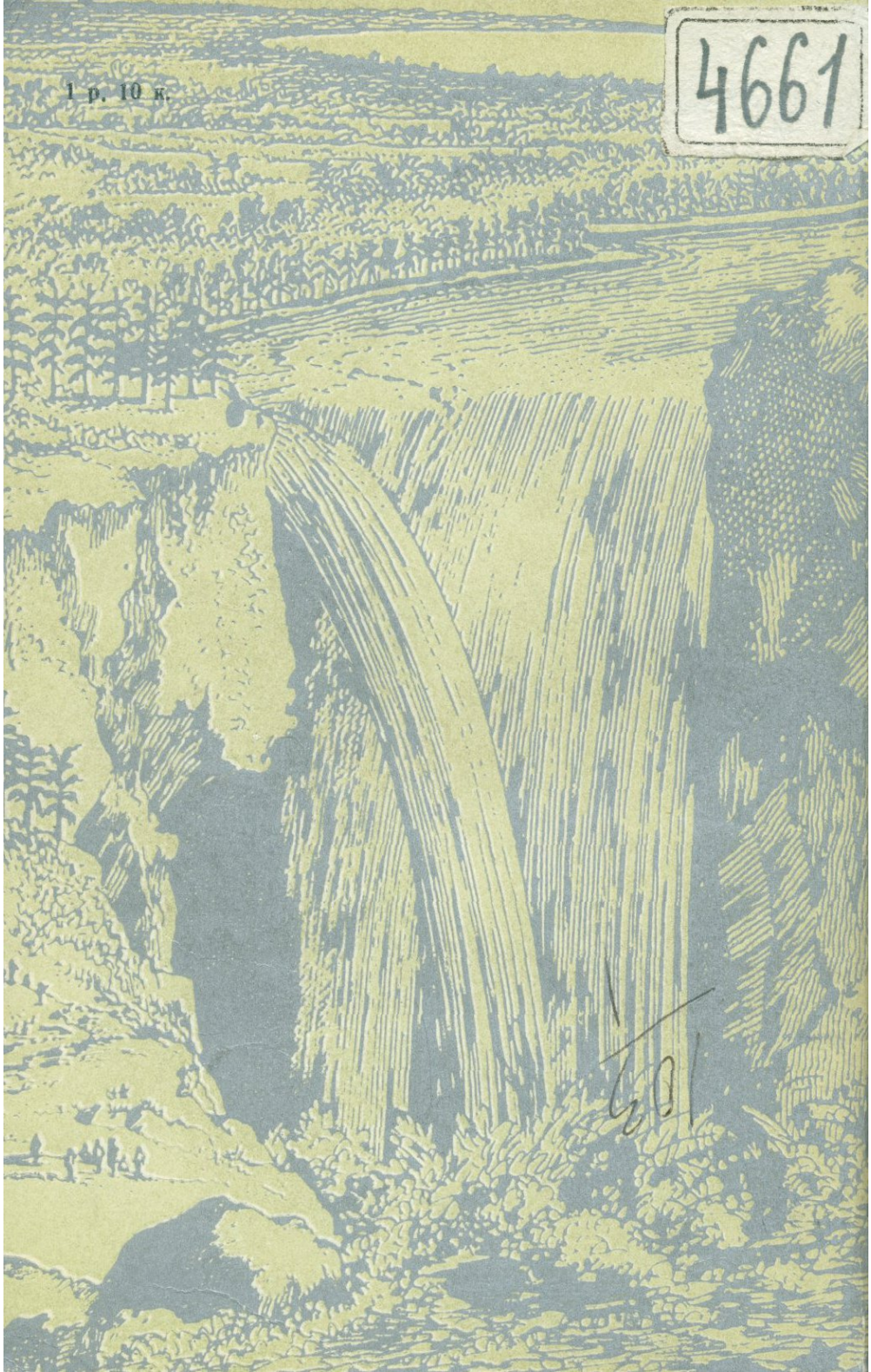
ИБ № 5291

Сдано в набор 11.12.84. Подписано к печати 17.04.85. Формат 60×90^{1/16}. Бумага типографская № 3. Печать высокая. Гарнитура литературная. Объем 6,75 бум. л. Усл. печ. л. 13,50. Усл. кр.-отг. 13,89. Уч.-изд. л. 14,44. Изд № 5/3909. Тираж 15 000 экз. Зак. 928. Цена 1 р. 10 к.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР». 129820, ГСП, Москва, И-110, 1-й Рижский пер., 2. Ярославский полиграфкомбинат Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.

4661

1 р. 10 к.



V. 501